

Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar

Cengiz TAVŞAN¹, Ayşe ŞAHİNER TUFAN¹, Filiz TAVŞAN¹

Öz

Ekolojik mimari, doğayı ve yok olan yaşam çevrelerini korumayı benimsemiştir. Binaların çevreye getirdiği yüklerin azaltılması için doğru malzeme üretmek ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanmak oldukça önemlidir. Mühendislik bilimlerindeki ilerlemelere paralel gelişen yapı tekniği sayesinde endüstriyel ahşap üretimi gelişmiş ve endüstriyel ahşap, çok katlı yapılarda taşıyıcı olarak da kullanılabilir duruma gelmiştir. Bu çalışmanın amacı; çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusunu analiz etmek, endüstriyel ahşabın çok katlı yapılarda kullanımına yönelik bir kaynak oluşturmak ve ahşabın Türkiye’de sürdürülebilir yapı malzemesi olarak kullanımına yönelik farkındalık oluşturmaktır. Bu doğrultuda tarama yöntemi ile 21. yüzyılda endüstriyel ahşapla üretilen ve literatüre giren 30 adet çok katlı yapı tespit edilmiştir. Yapıların yükseklikleri, yapım yılları, kullanım amaçları, taşıyıcı sistem ve malzemeleri, ahşap malzeme kullanım şekilleri ve birleşim detayları incelenmiştir. Bu inceleme sonunda kat sayısının ve yüksekliğinin strüktür kurgusunu belirlediği görülmüştür. Ulaşılan bulgulardan referansla farkındalık yaratmak amacıyla öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekoloji, Ekolojik Mimari, Malzeme, Endüstriyel Ahşap, Çok Katlı Ahşap Yapılar

Multi-Storey Buildings Made with Wood, an Ecological Material

Abstract

Ecological architecture has adopted the protection of nature and extinct living environments. It is very important to produce the right materials and to use recyclable materials in order to reduce the burden of buildings on the environment. Thanks to the construction technique developed in parallel with the advances in engineering sciences, industrial wood production has developed and industrial wood has become used as a structural system in multi-storey buildings. The aim of this study; to analyze the structural setup of multi-storey wooden buildings, to create a resource for the use of industrial wood in multi-storey buildings, and to raise awareness for the use of wood as a sustainable building material in Turkey. In this direction, 30 multi-storey structures, which were produced with industrial wood in the 21st century and entered the literature, were determined by scanning method. The heights of the buildings, the years of construction, their intended use, the structural system and materials, the use of wood materials and the connection details were examined. At the end of this examination, it was seen that the number of floors and their height determined the structure setup. Suggestions have been developed in order to raise awareness with reference to the findings.

Keywords: Ecology, Ecological Architecture, Material, Industrial Wood, Multi-Storey Wooden Buildings

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Trabzon, Türkiye
*İlgili yazar/Corresponding Author: ftavsan@hotmail.com
Gönderim Tarihi / Received Date: 03.11.2021
Kabul Tarihi / Accepted Date: 12.04.2022

1. Giriş

Sanayi devrimiyle birlikte hızlı bir yapılanma sürecine giren dünya doğal kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, kirlilik gibi birçok çevre sorunuyla karşı karşıya kalmıştır. Bununla birlikte ekosisteme verilen zararı önlemek ve dünyada yaşanan çevre sorunlarını çözmek amacıyla yeni yönelimler gerçekleşmiş ve 21. yüzyılın anahtar kavramı olan sürdürülebilirlik ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kalkınma politikaları pek çok alanda olduğu gibi mimaride de kendine yer bulmuştur. Yapı sektöründen kaynaklı olarak çevreye verilen zararı en aza indirmek için tasarım ilkeleri yeniden sorgulanmış, kentleri çevreleyen alanlar göz önünde bulundurularak ekolojik planlamalar geliştirmek hedeflenmiştir (Sev, 2009, s.13). Bu politikaların yapı sektöründe uygulanmaya başlanmasıyla sürdürülebilir mimarlık, ekolojik mimarlık, enerji etkin yapı tasarımı, sıfır karbon ayak izi gibi çevreye duyarlı, doğayla uyumlu, temiz ve yenilenebilir enerjiyi dikkate alan yaklaşımlar benimsenmiştir (Utkuğ, 2011, s. 1518; Doan vd., 2017, s. 244).

Yapıların yaşam döngüsü boyunca var olan enerjinin büyük bir çoğunluğunu tükettikleri bilinmektedir. Çevreye verilen bu zararı engellemek için tasarımcılar, tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar yapının bütün yaşam döngüsünü planlamalıdır. Çevre kirliliğini minimuma indirmek, insan sağlığına uygun ortam koşullarını oluşturmak ve ekolojik dengeyi korumak için yapı sektöründe malzeme seçimi de oldukça önemli bir kriterdir. Çevreye duyarlı yapı tasarımında ekolojik tasarım ölçütleriyle uyuşan ürünlerin kullanılması zorunluluk haline gelmeye başlamıştır. Bu tasarım ölçütlerine uyan yapı malzemelerine bakıldığında üretilebilir hammaddeye sahip ve doğal bir malzeme olması bakımından ahşap ilk akla gelendir. Ahşap; geri dönüştürülebilir, çevreye duyarlı, zararsız ve karbon salınımı ile atık miktarı az olan bir malzeme olduğundan yapı sektöründe çevreci ürün olarak bilinmektedir (Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004, s. 39; Sev, 2009, s. 64).

Ahşap yapıların kentte kullanımına modern öncesi dönemde rastlanmaktadır. Sokak ve pasajların üst örtülerinde, kamu yapılarının girişlerinde ahşap en geçerli yapı sistemidir ve o dönemde kentte büyük bir kamusal alanı tarif etmektedir. Bireyin ön plana çıktığı 20. yüzyıl kentlerinde kamusal alanların artması ve çeşitlenmesiyle birlikte çağdaş bağlamına kavuşan ahşap, modern dönemde de farklı işlevlere hizmet eden yapılarda karşımıza çıkmaktadır. 2000'li yılların başında endüstriyel üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, büyük açıklıklı ve çok katlı yapılarda kullanılan ahşap malzeme farklı bir boyut kazanmıştır (Url 39, 2021).

Ahşapla ilgili yapılan çalışmalar irdelendiğinde sürdürülebilirlik bağlamında geleneksel konutlarda incelemeler yapıldığı, modern yapılarda strüktürel kurguya yönelik analizler yapıldığı, malzeme dayanımını artırmaya yönelik çalışmaların olduğu, sağlıkla ilişkisinin incelendiği görülmektedir. Bu çalışmalar incelendiğinde 21. Yüzyıl yapı kurgusunun yeteri kadar ele alınmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmayla ahşabın ülkemizde örneklerinin sınırlı olması sebebiyle farkındalık oluşturmak ve 21. Yüzyılda inşa edilen ahşap çok katlı yapıların kullanımına yönelik kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

2. Ekoloji Kavramı

TDK' ye göre canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini ayrı ayrı veya birlikte inceleyen bilim dalı olarak tanımlanan ekoloji, Yunancada ev, barınak, yer anlamına gelen "oikos" ile bilim, söylem anlamına gelen "logia" kelimelerinden türetilmiştir. 1869 yılında biyolog Ernst Haeckel tarafından kullanılan kavram, pek çok alanla çevreyi bağdaştırmış çok yönlü bir disiplindir. Ekoloji, 1970' lere kadar bitki ve hayvanların çevre

ilişkilerini incelerken çevre sorunlarının gündeme gelmesiyle birlikte kapsam genişleterek insanın çevre ve doğa ile ilişkilerini de incelemeye başlamıştır. İnsan çevre ilişkileri sonucunda zamanla artan çevre sorunlarının çözülmesinde çevre bilincinin oluşmasıyla birlikte ekolojik anlayışın benimsenmesi bu kavrama olan ilginin giderek artmasına neden olmuştur. Bu da dünyada çeşitli çevre hareketlerini geliştirmiştir (Kormondy, 1965, s. 166; Lakot, 2007, s. 4; Erdede ve Bektaş, 2014, s. 5).

Kışlalıoğlu ve Berkes' e göre (2007, s. 15) bilim olarak kabul edilen ekolojinin kabul ettiği bazı ilkeler vardır. Bu ilkelere göre doğada her şey birbiriyle ilişkilidir. Yani doğa bir bütündür. Kirlenen çevrenin bir yerden sonra kendini yenileyememesi doğanın sınırlı olduğunu gösterir. Bozulan dengenin denetimi yapılarak yeni kontrol mekanizmaları geliştirilmelidir. Doğada var olan madde ve enerji birbirine dönüşebilir ama yok olmaz. Etki tepki yasası gereği doğaya yapılan olumsuz etkiler olumsuz sonuçlar doğurur. Bütün olumsuzluklar karşısında doğa en uygun çözümü üretir. Ekolojik dengeye saygı duyulduğunda doğayla birlikte yaşam söz konusudur.

Ekolojik çevre, çevre kirliliğine karşı direnç oluşturarak dengesini korumaya çalışmış ve belli bir sınır çerçevesi içerisinde dengeyi sağlayabilmiştir. Sınırın aşılmasıyla birlikte geri dönüşü olmayan tahribatlar meydana gelmiştir. Ekoloji kavramı, bu tahribatları en aza indirmek için birçok alanı etkilemiş, günümüzde düşüncelerimize yön veren, ekonomiyi etkisi altına alan bir güç haline gelmiştir (Berber, 2012, s.31).

2.1. Ekolojik mimarlık ve tasarım ilkeleri

Sanayi Devrimiyle birlikte giderek artan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, teknolojinin de etkisiyle doğal kaynakların hızla tükenip yok olmasına, enerji tüketiminin artmasına ve ekosistemin bozulmasına neden olmuştur. Artan çevre sorunlarıyla küresel ölçekte karşılaşılmaya çözüm arayışlarını gündeme getirmiştir. Ekolojik tasarım anlayışı çevre sorunlarını önlemek amacıyla benimsenen bir yaklaşım olmuştur (Kayıhan ve Tönük, 2011, s. 164).

Ekolojik tasarım, yapılı ve doğal çevreyi bir araya getirerek bütünleştirmek üzere tasarlamaktır. Bu tasarım anlayışı yapılı çevrenin bölgesel koşulları göz önünde bulundurularak tasarlanmasını, tasarım aşamasından itibaren işleyişinin belirlenmesini ve yaşam döngüsünün gözlemlenmesini gerektirir. Doğal çevre ve yapılı çevre arasında üretim ve etkileşimden kaynaklı meydana gelen sorunlar çözümlenerek ikisi arasında uyumlu, kusursuz bir bütünleşme sağlanır (Yeang, 2006, s.22).

Ekolojik yapıların sürdürülebilir yapı sınıfına dâhil edilebilmesi için ekonomik, toplumsal ve çevresel faktörlere cevap vermesi gerekmektedir. Çevre kirliliğini azaltarak yapı kültürünün korunmasına ve mimariye olumlu katkıları olan ekolojik yapılar, kullanıcılara daha sağlıklı ve güvenilir özgün yapı hizmeti vermektedir. Ekolojik yapı tasarımı ile amaç; malzeme seçimi ve yapıya entegre edilecek sistemlerle, yapının ihtiyaç duyacağı enerjinin üretilmesine katkı sağlamaktır.

Bu amacı gerçekleştirmek için ekolojik tasarım ilkelerine ihtiyaç vardır. Ekolojik mimarlığın tasarım ilkelerini; yapılı çevrenin bütün aşamalarında doğal kaynakların zarar görmesini minimuma indirmek, binaları mevcut topografyaya uygun bir yaklaşım ile konumlandırmak, doğayla uyumlu tasarım yapmak, geri dönüşümlü malzeme kullanmak, optimum ortam sağlamak, bina içinde yatay ve düşey dağılımda ekolojik ilkeleri göz önünde bulundurmak, tasarımın esneklik ve değişkenlik kriterlerine imkân tanımak, multifonksiyonel mekân tasarlamak, mümkün olduğunca az enerji tüketmek ve daha çok yenilenebilir enerji kullanmak olarak sıralamak mümkündür. Ekolojik tasarım ilkeleri bina

formu-kabuğu, yapı fiziği elemanları, malzeme ve yapım sistemleri bir arada düşünülerek hayata geçirilmelidir (Tönük, 2001, s. 17; Bostancıoğlu ve Düzgün Birer, 2004, s. 38).

Bu ilkeler değerlendirildiğinde birçoğunun insanlık tarihinin başlarından itibaren yapı üretiminin içinde yer aldığı görülmektedir. Socrates, güneye bakan evlerde kış güneşinden faydalanılabildiğini, yazın ise güneşin çatıların üzerinden geçerek gölge oluştuğunu ifade ederek kış güneşinden faydalanabilmek için güney cephesinin yüksek, rüzgârdan korunmak için ise kuzey cephesinin alçak yapılması gerektiğini savunmuştur (Demirbilek ve İrklı Eryıldız, 2001, s. 2). Vitruvius (1990, s. 127), tasarımların bulunduğu bölgeye ve iklime uygun olarak yapılmasının doğru bir mimari yaklaşım olduğunu savunmuştur. Geçmişten beri doğa-insan-yapılı çevre arasındaki dengeyi kurmayı benimseyen yaklaşım günümüzde ekolojik tasarım ilkeleri ile varlığını devam ettirmektedir.

2.2. Ekolojik malzeme olarak ahşap

Doğadan elde edilen ilk barınaklardan günümüzdeki modern yapılara kadar kullanım alanı olan ahşap; kaynağı doğal, hammaddesi kolay bulunabilen, çevre dostu, yenilenebilir, sürdürülebilir, atık oluşturmayan, estetik bir yapı malzemesidir. Aynı zamanda ahşap; hafif, dayanımı ve enerji verimi yüksek, sıcak görümlü, yalıtım görevi üstlenen ve işlenerek şekillendirilmesi kolay olan bir malzemedir. Ahşap; fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleriyle karakteristik ve çok yönlüdür. Kolay işlenebilir, çevre dostu ve ihtiyaca cevap veren esnek bir yapıya sahip olması ahşabın yaygın olarak kullanılmasında en önemli etkenlerdendir. (Sev, 2009, s. 74; Yücel, 2018, s. 63; Çolak ve Değirmen-tepe, 2020, s. 190).

Ahşap 19. yüzyılın ortalarına kadar orman olan bölgelerde bulunduğu yöreye özgü tekniklerle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak endüstri devrimiyle birlikte malzeme teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, doğal ahşabın yorumlanarak dayanımı yüksek kompozit ürünlerin üretilmesini sağlamıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte doğal ahşabın yangın dayanımı, mikroorganizma direnci, rutubet deformasyonu özelliklerini geliştirmek için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Endüstriyel gelişmelerle birlikte ahşap malzemenin kullanım alanı genişlemiş ve esneklik kazanmıştır (Eriç, 1994, s. 302).

Yapı sektörünün yapıların yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında doğal kaynakları ve enerjiyi tüketerek çevreye verdikleri zararı en aza indirmek için yapı malzemelerinin doğru seçilmesi önemlidir (Sev, 2009, s. 66). Teknolojik gelişmeler, ahşabın özelliklerinin geliştirilmesini sağlayarak çevre dostu olan ahşap malzemenin mimari tasarımda daha çok ön plana çıkmasını sağlamıştır. Ahşap yapı üretimi, 2000'li yılların başında yapı endüstrisinde yaşanan gelişmelerle ve yapı sektörünün çevreye verdiği zararın gündeme gelmesiyle artmaya başlamış endüstriyel ahşabın kullanımıyla da zirveye ulaşmıştır. Ahşap yapılara yönelik yürütülen araştırmalar ahşap yapı üretimini farklı boyutlara taşımayı hedeflemektedir (Avlar ve Ustaoglu, 2017, s. 79).

2.3. Endüstriyel ahşap

Endüstriyel ahşap ürünler genellikle kereste, levha, lif, talaş gibi ahşap malzemelerin yapıştırıcıyla farklı biçimlerde fabrika ortamında bir araya getirilmesiyle üretilen homojen ürünlerdir. Endüstriyel ahşap doğal ahşaba göre daha üstün strüktürel, mekanik ve statik özelliklere sahiptir. İşlenmiş ahşap; kullanım ve işlenebilme kolaylığı, maliyetinin az oluşu, atık ahşapların değerlendirilebilmesi ve geri dönüştürülebilir olması bakımından oldukça önemlidir. Endüstriyel ahşap, istenilen boyut ve eğrisellikte üretilebildiğinden geniş açıklıklı yapılarda da kullanılabilir hale gelmiştir. Endüstriyel Ahşap Ürünleri; Yapıştırılmış Lamine Ahşap (Glulam), Çapraz Lamine Ahşap (CLT), Yapısal Kompozit Ahşap (SCL), Ahşap Beton Kompozit (TCC), Kavelalı Lamine Ahşap (DLT), Çivili Lamine

Ahşap (NLT) ve Masif Kontaplak Panel (MPP) olarak sınıflandırmak mümkündür (Şekil 1). SCL kendi içinde Lamine Kaplama Ahşap (LVL), Paralel Yonga Ahşap (PSL), Yönlendirilmiş Yonga Ahşap (OSL) ve Lamine Kaplama Ahşap (LSL) olarak sınıflandırılır (Porteous ve Kermani, 2007, s. 16; Yesügey, Yılmaz Karaman ve Güzel, 2014, s. 49; Structural Timber Association, 2014, s. 1; Şentürk, 2019, s. 21).

Glulam, masif ahşaba göre daha yüksek mekanik özelliğe sahip olan, daha iyi dayanım ve rijitlik gösteren, boyuna şekil alabilen ve çeşitli kesit olanaklarına sahip olan bir üründür. Büyük açıklıklı yapılarda, yapı formunun oluşturulmasını sağlayan özel kiriş ve kolonların üretiminde kullanılmaktadır. CLT, plaka ya da çitelerin farklı katmanlarda çaprazlanıp tutkulanmasıyla oluşan bir yapı malzemesidir. CLT; duvar, zemin ve çatılarda taşıyıcı olarak kullanılabilirken aynı zamanda cephe ve iç mekânda kaplama amaçlı kullanılan bir üründür. SCL, ahşap elemanların yapıştırıcılarla birleştirilmesi sonucu oluşan üründür. SCL' nin en büyük avantajı küçük ahşap elemanlardan oldukça büyük boyutlu ve dayanımı yüksek ürünlerin elde edilmesidir. Panel olarak üretilen TCC, genellikle döşeme ve çatıda kullanılmaktadır. Taşıyıcı elemanların kesitlerini azaltmak, mekân açıklığını artırmak, katlar arasında yangın korunumunu sağlamak gibi avantajları vardır. DLT ahşap levhaların ağaç çivilerle birleştirmesiyle oluşmaktadır. Laminasyon süreci NLT ile benzeşmektedir. Sadece birleştirme elemanında farklılık vardır. NLT ahşap levhaların çelik çivilerle birleştirilmesiyle oluşmaktadır. MPP büyük ölçekli levhaların paralel lamine edilip yapıştırıcılarla birleştirilerek preslenmesiyle oluşmaktadır. CLT' nin alternatifi olarak kullanılmaktadır (Bowyer vd., 1996, s.322; Avlar ve Ustaoglu, 2017, s. 75; Gül ve Güzelçoban Mayuk, 2019, s. 589; Şentürk, 2019, s. 23).

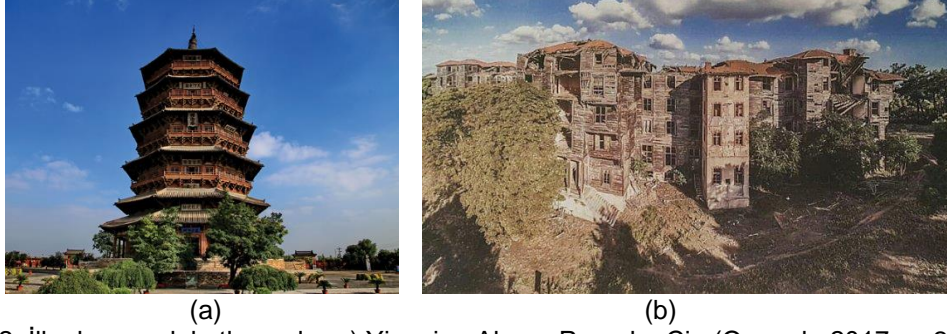


Şekil 1. Endüstriyel ahşap (Url 35, 2021; Url 36, 2021; Url 37, 2021)

Endüstriyel ahşap ürünler dekorasyon, mobilya, kaplama olarak iç mekân tasarımında, taşıyıcı eleman olarak ve geniş açıklıkları geçmek için yapılarda kullanılabilen ekolojik ve sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Bu nedenle kullanım alanlarının artırılması gerekir (Aydın, 2019, s. 5).

2.4. Çok katlı ahşap yapılar

Beş ve daha fazla kata sahip olan ahşap yapılar çok katlı ahşap yapı olarak adlandırılmaktadır. Çok katlı ahşap yapıların tarihi eskilere dayanmaktadır. Geçmişte yapılan ahşap yapılar bölgede bulunan ahşap malzemenin o yöreye özgü geleneksel yöntemlerle işlenmesiyle inşa edilmiştir. 1056 yılında Çin'de inşa edilen Yingxian Ahşap Pagoda dünyanın bilinen en eski çok katlı ahşap yapısıdır (Que vd., 2017, s. 198) (Şekil 2.a.). Avrupa'da bilinen ilk çok katlı ahşap yapı ise 1898 yılında İstanbul'da inşa edilen Prinkipo Sarayıdır (Dinçer vd., 2008, s. 393)(Şekil 2.b.).



Şekil 2. İlk ahşap çok katlı yapılar a) Yingxian Ahşap Pagoda, Çin (Que vd., 2017, s. 202), b) Prinkipo Sarayı, İstanbul (Url 38, 2022)

20. yüzyılda beton ve çelik kullanımının çok katlı yapılarda kullanılmaya başlamasıyla ahşap tek katlı yapılarda kullanılır duruma gelmiştir. Ancak yakın dönemde Avusturya' da ahşap talaş levhalar, Amerika Birleşik Devletleri'nde lifli levhalar, Almanya'da yonga levhaların üretilmeye başlanmasıyla birlikte çok katlı yapılarda başlayan ahşap kullanımı 21. yüzyılda da sağlamış olduğu birçok ekolojik avantajıyla birlikte devam etmektedir (Bowyer vd., 2016, s. 3).

Çok katlı ahşap yapıların strüktürü genellikle prefabrik olarak üretilmektedir ve strüktürlerin montajı şantiyede yapılmaktadır (Şekil 3). Bu durum proje süresini büyük oranda kısaltırken aynı zamanda inşaat sürecinin daha güvenli gerçekleşmesini ve şantiyedeki üretimden ortaya çıkan hataların minimuma indirilerek daha kaliteli ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Çok katlı yapıların üretiminde endüstriyel ahşap malzemenin kullanımı beton, çelik ve tuğla gibi malzemelerle karşılaştırıldığında, çevreyi kirletmemesi, az enerji harcaması, hafiflik, uygulama hızı, prefabrikasyon teknikleriyle kolayca üretilmesi gibi nedenlerle daha avantajlıdır (Güzel ve Yılmaz Karaman, 2015, s. 32; Aydın, 2019, s. 7).



Şekil 3. Prefabrik olarak üretilen ahşap malzemenin montajı (Url 34, 2021)

3. Meteryal ve Metod

Araştırmada literatür taraması ve analiz yöntemi kullanılmıştır. Çalışma 2 aşamada kurgulanmıştır. Birinci aşamada literatür taraması ile konunun genel çerçevesi çizilmiştir. Konuyla ilgili kapsamlı bir alan yazın taraması yapılmış, sürdürülebilir ahşap malzemenin hangi çerçevede ele alındığı saptanmıştır. İkinci aşamada örneklem grubu belirlenmiş, 21. yüzyılda inşa edilen çok katlı (5 kat üzeri) yapıların taşıyıcı sisteminde ahşap malzeme kullanılmış olması kriteri aranmıştır. Bu bağlamda 21. yüzyılda hibrid sistemle inşa edilmiş ve literatüre girmiş güncel örneklerden 30 adet ahşap yapı incelenmiştir. Seçilen yapılar; konum, yapım yılı, yapım süresi, işlev, taşıyıcı sistem, kullanılan ahşap malzeme, sertifika durumu özelliklerine göre tablolaştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: 21. yüzyılda hibrid sistem kullanılarak inşa edilen çok katlı ahşap yapılar ve özellikleri

No	Yapı Adı	Konum	Yıl	Süre	İşlev	Kat	Taşıyıcı Sistem	Ahşap Malzeme	Sertifika
1	E3	Almanya	2008	8A	Konut	7	A+Ç+B	Glulam CLT-DLT	-
2	Stadthous	İngiltere	2009	12A	Konut	9	A+B	CLT	-
3	Limnologen	İsveç	2009	-	Konut	8	A+B	Glulam CLT	-
4	Holz8	Almanya	2011	-	Ofis Konut	8	A+B	CLT	-
5	Whitemore Road	İngiltere	2012	5H	Ofis-Konut	7	A+B	Glulam CLT	-
6	3XGrün	Almanya	2012	-	Konut	B+5	A+B	LVL CLT	-
7	Forte	Avustralya	2012	11A	Konut	10	A+B	CLT	Green Star
8	Life Cycle Tower One	Avusturya	2012	9A	Ofis	8	A+B	TCC	Passive House
9	Bullitt Center	Amerika	2013	2Y	Ofis	6	A+Ç+B	Glulam NLT	DGNB
10	Cenni Di Cambiamento	İtalya	2013	16A	Konut	B+9	A+B	CLT	-
11	Dalston Lane	İngiltere	2013	-	Konut	10	A+B	CLT	-
12	Tamedia	İsviçre	2013	2Y	Ofis	9	A+B	Glulam	-
13	Woodcube	Almanya	2013	7A	Konut	5	A+B	DLT	-
14	Illwerke Zentrum Montafon	Avusturya	2013	1Y	Ofis	B+5	A+B	Glulam	-
15	Wagramerstrasse	Avusturya	2013	2Y	Konut	7	A+B	CLT	-
16	Kingsgate House	İngiltere	2014	18A	Konut	7	A+B	CLT	PEFC kereste
17	BanyanWharf	İngiltere	2015	-	Konut	10	A+B+Ç	CLT	PEFC kereste
18	Trafalgar Place	İngiltere	2015	-	Konut	10	A+B	CLT	FSC,PEFC kereste
19	Treet	Norveç	2015	-	Konut	B+14	A+B	Glulam CLT	-
20	Puukuokka	Finlandiya	2015	14A	Konut	B+8	A+B	CLT	-
21	Curtain Place	İngiltere	2015	14A	Ofis Konut	B+6	A+Ç	CLT	-
22	Moholt 50/50	Norveç	2016	-	Konut	9	A+B	CLT	-
23	Brock Commons Tallwood House	Kanada	2017	18A	Yurt	18	A+B	Glulam PSL-CLT	LEED Gold
24	Origine	Kanada	2017	Ahşap inşası 4A	Konut	B+13	A+B	Glulam CLT	LEED-NC Silver
25	Carbon12	ABD	2018	14A	Konut Ofis	2B+8	A+B+Ç	Glulam CLT	LEED Platinum
26	Suurstoffi 22	İsviçre	2018	20A	Ofis	10	A+B	Glulam LVL-TCC	-
27	Hoho Wien	Avusturya	2019	2Y	Konut-Ofis Rezidans	24	A+B	Glulam CLT	LEED Gold
28	Mjøstårnet	Norveç	2019	23A	Ofis Konut-Otel	18	A+B	Glulam CLT	-
29	Light House	Finlandiya	2019	20A	Öğrenci Konutu	14	A+B	LVL CLT	-
30	The Soto	ABD	2020	-	Ofis	6	A+B+Ç	Glulam DLT	LEED Certified


Süre sütununda yer alan A: ay, H: hafta, Y: yıl; kat sütununda yer alan B: bodrum kat; taşıyıcı sistem sütununda yer alan A: ahşap, B: betonarme, Ç: çelik anlamına gelmektedir.

Daha sonra yapılar malzeme kullanım şekli, birleşim detayları, yapı formu ve geçilen açıklık özelliklerine göre detaylandırılmış ve irdelenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Çok katlı ahşap yapıların form ve malzeme ilişkisi



1				
E3 (Şentürk, 2019, s.64; Aydın, 2019, s. 51; Url 1, 2021; Url 28, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Kolon kiriş sistemi- Glulam Panel sistem- CLT, DLT	Ahşap kolon ve kiriş sistemi çelik geçmeli sistemle blonlu ve çivili olarak birbirine bağlanmaktadır.	Yaklaşık 6 m (İki Kiriş Arası Max.)
2				
STADTHOUS (Şentürk, 2019, s. 67; Aydın, 2019, s. 75; Url 2, 2021; Url 29, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Kare	Ahşap Panel- CLT	Her kat bir alt katın duvarına yerleştirilerek yükseltilmektedir. Eklemler vidalar ve açılı plakalarla sabitlenmiştir. Gerilmeler genellikle yapı boyunca çok düşüktür ve çapraz tane basınçlarının yüksek olduğu noktalarda keresteyi yerel olarak güçlendirmek için vidalar eklenmiştir.	Yaklaşık 14 m
3				
LIMNOLOGEN (Serrano, 2009, s. 20; Şentürk, 2019, s. 71; Url 3, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	T şekli	Ahşap Panel- CLT Destek için ara Glulam Kirişler	Her kat bir önceki duvarlara yerleştirilerek CLT panellerle tamamlanmıştır. Döşemenin yük taşıyan kısmı, üst levha ile tamamen etkileşim halinde olan T-şekilli glulam kirişlerle güçlendirilmiş CLT levhadan oluşur.	Yaklaşık 26 m
4				
HOLZ 8 (Güzel ve Yılmaz Karaman, 2015, s. 32; Şentürk, 2019, s. 74; Url 4, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Masif Ahşap- CLT Panel	Çekirdek prefabrik beton panellerden oluşmuştur. Binanın diğer bölümlerinde CLT ahşap paneller çelik L plakalarla vidayardımlarıyla birleştirilerek kullanılmıştır.	Yaklaşık 20 m
5				
WHITMOREROAD (Şentürk, 2019, s. 77; Url 5, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Yamuk	Ahşap Panel CLT destek için Glulam Kiriş	Zemin kat betonarmedir. Çıkılan katlar CLT Panellerin çelik L plakalarla vidayardımlarıyla birleştirilmesiyle tamamlanmıştır.	Yaklaşık 23 m
6				
3X GRÜN (Aydın, 2019, s. 45; Url 6, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Ahşap Kiriş LVL, Döşeme CLT	Paneller çelik L plakalarla vidayardımlarıyla birleştirilmiştir.	Yaklaşık 6m

7				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Ahşap Panel, CLT, zemin kat betonarme. Islak hacim hafif çelik hücre sistem	CLT panel sistemlerle üretilmiş yapılarda uzun duvarlar taşıyıcıdır. Islak hacimler hafif çelik hücre sistem ile hazırlanıp, yerine monte edilmiştir. Paneller konumlarına göre vidalar ve metal braketlerle birbirine bağlanmıştır.	Yaklaşık 10m
8				
LCT ONE (Güzel ve Yılmaz Karaman, 2015, s. 33; Şentürk, 2019, s. 84; Aydın, 2019, s. 65; Url 8, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Prefabrik ahşap yapı, TCC	Döşeme için ahşap-beton kompozit bir kaburga sistemi geliştirilmiştir. Beton ve ahşap yapı arasındaki bağlantı, vidalar ve kesme olukları ile yapılmıştır.	Yaklaşık 13m
9				
BULLITT CENTER (Şentürk, 2019, s. 94; Url 9, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Yamuk	Kolon Kiriş sistemi-Glulam, Çelik kirişlerle desteklenmiş Döşeme ve paneller NLT	Ahşap kolon ve kiriş sistemi çelik sistemle birbirine bağlanmaktadır. Kirişlerin ön delme gereksinimlerini ortadan kaldırmak için vidalar kullanılmıştır.	Yaklaşık 7 m (İki Kiriş Arası Max.)
10				
CENNI DI CAMBIAMENTO (Şentürk, 2019, s. 99; Aydın, 2019, s. 68; Url 7, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Ahşap Panel, CLT Panel, Temel ve Bodrum kat betonarme	Her iki yöndeki duvarlar taşıyıcı olarak yapılmıştır. CLT paneller birbirleri ve yapının betonarme bölümleri ile çelik levhalar, köşebentler, basit bağlantı detayları ile birleştirilmiştir.	Yaklaşık 7m
11				
DALSTON LANE (Şentürk, 2019, s. 131; Url 10, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	U-şekli	Ahşap paneller-CLT	CLT panel sistemlerle üretilmiş yapılarda uzun duvarlar taşıyıcıdır. CLT ahşap paneller çelik L plakalarla vidayardımla birleştirilerek kullanılmıştır.	Yaklaşık 10m
12				
TAMEDIA (Aydın, 2019, s. 81; Url 11, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Glulam kiriş ve kolonlar, cam cephe	Mimar Shigeru Ban kolon ve kirişte özel bir kenetleme sistemi tasarlamıştır. Glulamdan elde edilen kolonların en üstleri daire şeklinde kesilerek içerisine kirişler oturtulmuş, bu sayede kilitleme yapılmıştır. Binanın 2 katı betonarme diğer katlar glulam ile yapılmış, cephede cam kullanılmıştır.	Yaklaşık 7m

13				
WOODCUBE (Aydın, 2019, s. 42; Url 12, 2021; Url 30, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Kare	Ahşap levhalar, DLT, Bodrum kat ve merdiven betonarme	Yatay, dikey ve çapraz katmanlı levhalar, duvar elemanlarına geleneksel kayın ağacından hasır dübellerle birleştirilmiştir. Dış duvar elemanları taşıyıcıdır ve yalıtım katmanı görevi görür.	Yaklaşık 5m
14				
ILLWERKE ZENTRUM MONTAFON (Aydın, 2019, s. 48; Url 13, 2021; Url 31, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Zemin ve tavan-Ahşap paneller Glulam kolon kirişsistemi	Hibrit profillerin kolon ve kiriş görevi gördüğü yapıda kolon ve kiriş birleşimleri geçme sistem ve vidalarla gerçekleştirilmiştir. Ahşap-beton kompozit elemanlar, betonarme kolon üzerinde desteklenen çelik kirişlerle merkezi ekseninde tutulan cepheye entegre yapılandırılmış ahşap desteklere dayanmaktadır.	Yaklaşık 6m
15				
WAGRAMERSTRASSE (Şentürk, 2019, s. 97; Url 25, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Döşeme ve duvar CLT Panel Zemin kat ve çekirdek betonarme	Detaylı bilgiye ulaşılamamıştır.	Yaklaşık 6,25 m
16				
KINGSGATE HOUSE (Şentürk, 2019, s. 106; Url 26, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Döşeme, duvar ve çekirdek CLT Panel Zemin kat betonarme	Döşemelerin birleşim yerleri ve duvar panelleri geçme sistemle birleştirilmiştir.	Yaklaşık 17m
17				
BANYAN WHARF (Şentürk, 2019, s. 117; Url 14, 2021; Url 32, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Yamuk	Çelik kolon-kiriş, betonarme çekirdek CLT döşeme ve paneller	Önceden atölyelerde hazırlanan CLT, sahaya tüm açıklıkları kesilmiş olarak getirilmiş ve sahada montajı yapılmıştır. CLT çelik ile bağlanarak mukavemeti artırılmıştır.	Yaklaşık 10m
18				
TRAFALGARPLACE (Url 15, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Yamuk	Ahşap Paneller-CLT	Detaylı bilgiye ulaşılamamıştır.	Yaklaşık 10m

19	TREET (Andersson ve Hammarberg, 2015, s. 11; Şentürk, 2019, s. 121; Aydın, 2019, s. 84; Url 16, 2021)			
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Glulam kolon kiriş sistemi CLT panel, bodrum kat betonarme	4 kat yüksekliğinde üst üste yığılmış ahşap modüller, alt plakalara tabakalı ahşap iskelet içerisinde geçme sistem ve vidalı birleşimle bağlanmıştır. Tüm glulam elemanları, oluklu çelik plakalar ve dübelleri kullanılarak bağlanmıştır.	Yaklaşık 12m
20	PUUKUOKKA (Şentürk, 2019, s. 112; Url 17, 2021)			
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Yamuk	Ahşap modüller-CLT, bodrum kat betonarme	Yapı CLT modüllerinden oluşmaktadır. Modüller vida ve çelik plakalar ile bağlanmıştır. Ahşap modüler konstrüksiyon sisteminde daha önce inşa edilmiş yapılardan farklı çerçeve sistem yerine modüller için CLT paneller kullanılmıştır.	Yaklaşık 6m
21	CURTAIN PLACE (Şentürk, 2019, s. 109; Url 26, 2021)			
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Döşeme, duvar ve çekirdek CLT Panel, kolon kiriş sistemi çelik	CLT paneller çelik kolon ve kirişlere çelik bağlantı elemanlarıyla ve vidalama yoluyla bağlanmaktadır.	-
22	MOHOLT50/50 (Url 18, 2021; Url 33, 2021)			
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Y-şekli	Ahşap Paneller-CLT	Cephe kaplama sistemi, kaplamada gerilim yaratmadan zemin elemanlarının büzülmesini absorbe edebilen teleskopik bir özellik kazandırmak için tasarlanmıştır. Ahşap paneller geçme sistemle ve vidalamayla birleştirilmiştir.	Yaklaşık 12m
23	BROCK COMMONS TALLWOOD HOUSE (Aydın, 2019, s. 87; Caştur, 2021, s. 137; Url 19, 2021)			
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Kolon kiriş sistemi Glulam, PSL ve çelik, Döşeme CLT, Çekirdek Betonarme	Glulam kolon ve kirişler çelik bağlantı elemanlarıyla CLT döşemeye geçme sistemle ve bulonlamayla bağlanmıştır. CLT perde duvarları, çekirdek şaftlarının duvarları, binanın yüksekliği boyunca olduğundan, CLT döşeme panelleri destek sağlamak için bu sürekli duvarlara vidalanmıştır. Montaj hızını arttırmak için, duvar ve döşeme panellerindeki delikler CNC ile delinerek alana getirilmiştir.	Yaklaşık 6m

24				
ORIGINE (Şentürk, 2019, s. 135; Caştur, 2021, s. 133; Url 23, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Taşıyıcı-perde duvar, kat döşemeleri, çatı, asansör-merdiven boşluğu CLT Glulam kolon kiriş	Betonarme zemin kat ve CLT perde duvarları arasında tek parça çelik bağlantılar kullanılmıştır. CLT döşeme panelleri destek sağlamak için sürekli duvarlara vidalanmıştır.	-
25				
CARBON12 (Şentürk, 2019, s. 147; Aydın, 2019, s. 57; Url 20, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Kiriş ve kolonlar Glulam, Döşeme CLT, çekirdek çelik	Glulam kolon ve kirişler çelik bağlantı elemanlarıyla CLT döşemeye geçme sistemle ve bulonlamayla bağlanmıştır.	Yaklaşık 8m
26				
SUURSTOFFI 22 (Şentürk, 2019, s. 129; Url 27, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Kolon kiriş sistemi LVL ve Glulam, Döşeme TCC, Çekirdek Betonarme	Dikmeler çekme kuvvetini dağıtmak için delikli metal plakalarla beton tavana monte edilmiştir. Döşeme elemanlarındaki donatılar, beton çekirdeğin donatısı ile birleştirilmiş, her kata ortak bir beton dökümü yapılmıştır.	-
27				
HOHO WIEN (Aydın, 2019, s. 90; Url 21, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Glulam Kiriş ve kolonlar CLT döşeme	Kolonlar, tavan elemanları ve prefabrik kirişler, çelik rot elemanlar ve geçme sistem ile yerel girintiler kullanılarak birbirine bağlanmıştır.	Yaklaşık 6m
28				
MJØSTÅRNET (Şentürk, 2019, s. 155; Aydın, 2019, s. 93; Caştur, 2021, s. 148; Url 22, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Glulam kafesler CLT duvarlar	Tüm glulam elemanları, delikli çelik plakalar ve dübeller kullanılarak bağlanmıştır. Bağlantılar köprü ve büyük binalarda yaygın olarak kullanılan yüksek kapasiteli bir bağlantıdır. LVL ve glulam elemanların birleşimi ile üretilen bir döşeme elemanı kullanılmış ve LVL üst plakası yapıştırıcı bir malzeme ile kirişlere monte edilmiştir.	Yaklaşık 17m

29				
LIGHTHOUSE (Şentürk, 2019, s. 150; Çaştur, 2021, s. 142; Url 24, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	Dikdörtgen	Döşeme için CLT, duvarlar için LVL ahşap paneller	Ahşap çerçevenin ardgermesi, ilk katın beton yapılarına ankrajlanan ahşap yapıların içine yerleştirilen tendon çubukları ile gerçekleşir. Sertleştirilmesi, yukarıdan aşağıya sıkılabilir iç çelik çubukları ile gerçekleştirilir.	-
30				
THE SOTO (Url 34, 2021)				
Görsel	Yapı Formu	Malzeme Kullanım Şekli	Birleşim Biçimi	Geçilen Açıklık
	T şekli	Kolon kiriş sistemi Glulam, duvar ve döşeme DLT, Zemin kat betonarme	Glulam kolon ve kirişler çelik bağlantı elemanlarıyla DLT döşemeye geçme sistemle ve bulonlamayla bağlanmıştır.	-

4. Bulgular

Çok katlı ahşap yapıların kurgularının analiz edildiği bu araştırmada farklı özelliklerde hibrid sistemle inşa edilen 30 adet çok katlı ahşap yapı irdelenerek bulgulara ulaşılmıştır. Çalışmada 2008 yılından 2020 yılına kadar inşası tamamlanan yapılar örneklenmiştir. Bu yapılar; taşıyıcı sistemleri, konumu, kat adetleri, yapı kullanım amaçları, kullanılan ahşap malzeme ve onların birleşim şekli, sertifika durumu, yapı formu ve geçilen açıklıklar bağlamında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

2008 den itibaren yüksek katlı ahşap yapıların yapımının arttığı dikkat çekmektedir. Yapıların kat bilgileri 5 ile 24 kat arasındadır. Erken yıllarda inşa edilen yüksek katlı yapılar genellikle 10 katın altında yapılırken son yıllara doğru inşa edilen yapıların kat sayıları daha fazladır. Yapıların yapım süresinin 4 ay ile 2 yıl arasında değiştiği görülmektedir. Betonarme ya da çelik bir yapıya göre yapım süresinin minimum düzeyde olması dikkat çekmektedir. Yapıların neredeyse hepsi konut ya da konut-ofis işlevini karşılamaktadır. Onun dışında yurt işlevi barındıran tek yapı vardır.

İncelenen hibrit sistem yapılarda çoğunlukla betonarme ve ahşabın birlikte kullanıldığı görülmektedir. Betonarme genellikle yapının zemin/bodrum katını oluşturmakta ya da yapının çekirdeğinde kullanılmaktadır. Ahşap, betonarme ve çelik sistemin kullanıldığı yapıların sayısı oldukça azdır. Çelik sistem glulam ahşap kolon-kiriş sisteminin kullanıldığı yapılarda ahşap kirişlere destek vermek amaçlı kullanılmaktadır.

Yapıların taşıyıcı ahşap malzemesini çoğunlukla Glulam ve CLT oluşturmaktadır. Çok katlı ahşap yapılar kolon-kiriş sistemi ile inşa edilmişse kullanılan glulam kirişler çelik sistemlerle blonlama, vidalama ya da geçme sistemler kullanılarak birbirine bağlanmaktadır. CLT Panel kullanılan yapılarda paneller zeminde kurgulanan betonarme temel ya da bodrum kat üzerine panellerin yerleştirilip çelik sistemler yardımıyla birleştirilmesiyle bağlanmaktadır.

Yapılan çalışmada incelenen yapıların Avrupa, Avustralya ve Amerika kıtalarında bulunduğu ancak çoğunun Avrupa kıtasında olduğu görülmektedir. İncelenen yapıların Tablo 1'de adı geçen ülkelerin yüzölçümlerine oranla ormanlık alan durumu da dikkat çeken bir başka konudur. Resmi verilere göre çok katlı yapıların yapıldığı ülkelerde

yüzölçümlerine oranla %11 den %72'ye kadar ağaçlanma görülmektedir. Yapıların diğer ülkelere göre daha çok olduğu Almanya, İngiltere, Norveç ve Avusturya'da ormanlık alan durumu %50' nin altındadır. Bu da yapıların bulunduğu ülkelerde endüstriyel ahşabın yapıda kullanımının ağaç yoğunluğundan dolayı değil bilinçli ve gelişmiş toplumlarda avantajları ve çevreye karşı duyarlı olma durumu göz önünde bulundurularak daha sık tercih edildiği söylenilebilir.

Çalışma kapsamında incelenen çok katlı ahşap yapıların formları incelendiğinde; yapıların düzgün geometrik şekillerle inşa edildiği görülmektedir. Geçilen açıklıklar Yaklaşık olarak 5 m ile 26 m arasında değişmektedir. Yapılar ekolojik malzeme olan ahşap kullanılarak inşa edilmesine rağmen su verimliliği, ulaşım, ısı tasarrufu, yenilenebilir enerji gibi sürdürülebilir yapı kriterlerini sağlayarak sertifika alan yapı sayısı oldukça azdır. Sertifika alan 11 yapıdan 5'i dünyaca kabul gören LEED sertifikasını almaya hak kazanmıştır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Strüktürel anlamda pek çok avantaja sahip olan endüstriyel ahşabın son zamanlarda çok katlı ve geniş açıklıklı yapılarda kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. İncelenen yapılar endüstriyel ahşapla inşa edildiğinden karbon salınımını ve enerji tüketimini azaltması bakımından ekolojiktir. Yapıların ana taşıyıcı kurgusu glulam ve CLT panellerden oluşmaktadır. Bunun yanında DLT kullanımına da rastlanmıştır.

Yapılarda strüktür kurgusu kat sayısı ve yüksekliğine bağlı olarak şekillenmektedir. Strüktür sistemlerinde yapı elemanı olarak kolon-kiriş sistemleri ile duvar ve döşeme panelleri kullanılmıştır. Kolon-kiriş birleşimlerinde genellikle endüstriyel metal bağlantı elemanları, blonlama ve yapıya özel tasarlanmış geçme sistemler kullanılmıştır. Duvar ve döşeme panellerinin birleşiminde köşebentler ve özel vidalı birleşimler uygulanmış bazı yapılarda çelik lamalar da kullanılmıştır.

Kaynakların giderek yok olduğu bu dönemde ekolojik yapılar oldukça önemlidir. Sürdürülebilir bir yaşam elde edebilmek için sera gazlarındaki artışı minimuma indirip buna bağlı olarak gelişen küresel ısınma gibi olumsuz gelişmeleri engelleyerek teknolojiye bağlı gelişen sistemler doğrultusunda yapı malzemelerinin seçimi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Su verimliliği, yenilenebilir enerji, ulaşım, iç mekân çevre kalitesi, arazi kullanımı gibi sürdürülebilir olma kriterleri de yapıların tasarım aşamasında düşünülmelidir. Böylece yapıların çevreye zarar verme durumu minimuma çekilebilir.

Türkiye'de, ormanlık alanlar fazla olmasına rağmen endüstriyel ahşap üretiminin ve yapılarda kullanımının yetersiz kaldığı görülmektedir. Literatüre girmiş örnekler incelendiğinde Türkiye'de çok katlı ahşap yapılara rastlanmamış olması toplumun ve tasarımcıların çevreye duyarlılık ve tükenen doğal kaynaklar konularında yeteri kadar bilinçli olmadığını göstermektedir. Bu anlamda ülkede atılması gereken en önemli adım; kamu kurum ve kuruluşları ile üniversitelerin iş birliği neticesinde bilinçlendirme çalışmaları olmalıdır. Türkiye'ye çok katlı ahşap yapıların yapılması, bilinir olması, farkındalığı artırması ve insanları teşvik etmesi bakımından önemlidir.

Kaynaklar

Andersson, Thomas and Hammarberg, Lina, *Consequences of Implementing Timber in Medium High-Rise Office Buildings*, Chalmers University of Technology, Master Thesis, Master's Programme Structural Engineering and Building Technology, Göteborg 2015, s. 129.

Avlar, Erkan ve Ustaoglu, Semih Serkan, "2000'li Yılların Başında Endüstriyel Ahşap Ürünlerle Gelişmiş Yapı Üretimi", *Mimarlık Dergisi*, 393, 2017, s. 75-80.

Aydın, Hakan, *Çok Katlı Ahşap Yapılarda Strüktürel Kurgunun Analizi*, KTÜ, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon 2019, s. 129.

Berber, Feyza, *Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri ve Ekolojik Malzemeyle Mimari Konut Tasarımı*, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2012, s. 223.

Bostancıoğlu, Esra ve Düzgün Birer, Emel, "Ekoloji Ve Ahşap–Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2), 2004, s. 37-44.

Bowyer, Jim; Bratkovich, Steve; Howe, Jeff; Fernholz, Kathryn; Frank, Matt; Hanessian, Samira; Groot, Harry and Pepke, Ed, *Modern Tall Wood Buildings: Opportunities for Innovation*, Dovetail Partners Inc., 2016. [http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2016/dovetailtallwoodbuildings0116 .pdf](http://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2016/dovetailtallwoodbuildings0116.pdf). Erişim Tarihi: 06.04.2022, 20:15.

Bowyer, Jim; Haygreen, John and Shmulsky, Rubin, *Forest Products and Wood Science: an Introduction*, Iowa State University Press, Ames, Iowa, 3th ed, USA 1996.

Çaştur, Şule Nur, *Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi*, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul 2021, s. 196.

Çolak, Mehmet ve Değirmentepe, Selim, "İç ve Dış Mekânlarda Ahşap Malzemelerin Mobilya ve Yapı Malzemesi Olarak Kullanımı", *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 2020, s. 190-199.

Demirbilek, Nur ve İrklı Eryıldız, Demet, *Güneş Mimarlığı*, Temiz Enerji Vakfı, Ankara 2001.

Dinçer, Mithat Zeki; Demiroğlu, Osman Cenk ve İzgi, Mehmet Tefvik, "Revitalization of Cultural Heritage Assets Within the Context of Sustainable Tourism Development :A Proposal for the Rejuvenation of Prinkipo Palace", Proceedings of the International Tourism Conference, Attendee, Antalya 2008, s. 382-408.

Doan, Dat Tien; Ghaffarianhoseini, Ali; Naismith, Nicola; Zhang, Tongrui; Ghaffarianhoseini, Amirhosein and Tookey, John, "A Critical Comparison of Green Building Rating Systems", *Building and Environment*, 123, 2017, s. 243-260.

Erdede, Bilge ve Bektaş, Sebahattin, "Ekolojik Açıdan Sürdürülebilir Taşınmaz Geliştirme ve Yeşil Bina Sertifika Sistemleri", *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 2014, s. 1-12.

Eriç, Murat, *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, Literatür Yayınları, İstanbul 1994.

Gül, Nurcan ve Güzelçoban Mayuk, Seher, “Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda Kullanımının İncelenmesi: The Tree”, *Kent Akademisi*, 12(3), 2019, s. 586-599.

Güzel, Neslihan ve Yılmaz Karaman, Özgül, “Sürdürülebilir Bir Alternatif Olarak Çok Katlı Ahşap Yapılar”, *Ege Mimarlık*, 2015, s. 30-35.

Kayıhan, Kutlu Sevinç ve Tönük, Seda, “Sürdürülebilirlik Bilincinin İnşa Edileceği Binalar Olma Yönü ile Temel Eğitim Okulları”, *Politeknik Dergisi*, 14(2), 2011, s. 163-171.

Kışlalıoğlu Mine ve Berkes, Fikret, *Çevre ve Ekoloji*, Remzi Kitabevi, İstanbul 1994.

Kormondy, Edward, *Readings in Ecology*, Prentice-Hall, New Jersey 1965.

Lakot, Esra, *Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarısındaki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması*, KTÜ, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon 2007.

Porteous, Jack and Kermani, Abdy, *Structural Timber Design to Eurocode 5*, Wiley, Oxford 2007.

Que, Ze-li; Li, Zhe-rui; Zhang, Xiao-lan; Yuan, Zi-ye and Pan, Biao, “Traditional Wooden Buildings in China, Wood in Civil Engineering”, *Wood in Civil Engineering*, (Ed: Giovanna Concu) 10, 2017, s. 197-221.

Serrano, Erik, The Limnologen Project. Overview and Summaries of Sub-Project Results, Report no. 56/2008. The Institute of Technology and Design, Växjö University, Sweden 2009.

Sev, Ayşin, *Sürdürülebilir Mimarlık*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınevi, İstanbul 2009.

Structural Timber Association, *Engineered Wood Products and an Introduction to Timber Structural Systems*, Engineering Bulletin, 2014.

Şentürk, Hümevra, *21. Yüzyılda Üretilen Çok Katlı Ahşap Yapıların Yapım Sürecinin Değerlendirilmesi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2019.

Tönük, Seda, *Bina Tasarımında Ekoloji*, YTÜ Basım –Yayın Merkezi, İstanbul 2001.

Vitruvius, Marcus, *Mimarlık Üzerine On Kitap*, Çev: Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı, İstanbul 1990.

Yeang, Ken, *Ekotasarım “Ekolojik Tasarım Rehberi”*, Çev: Semih Eryıldız ve Demet Eryıldız, Yem Yayın, İstanbul 2006.

Yesügey, Cengiz; Yılmaz Karaman, Özgül ve Güzel, Neslihan, “Ahşap Malzemeli Konut Teknolojisi”, Yalın Yayıncılık, 1. B., İstanbul 2014.

Yücel, Gül, "Ahşap ve Mimarlık Eğitimi: İstanbul Örneği", *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (2), 2018, s. 62-77.

Url 1 <https://www.designbuild-network.com/projects/e3-leaf/>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 21:50.

Url 2: <https://archello.com/project/stadthaus>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 19:05.

Url 3: https://www.swedishwood.com/inspired_by_wood/architecture/limnologen/. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 20:10.

Url 4: <https://www.detail.de/artikel/vorgefertigtes-bauen-mit-holz-8765/>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 21:20.

Url 5: <https://waughthistleton.com/whitmore-road/>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 21:30.

Url 6: <https://ckrs-architekten.de/projekt/neubau-5-geschossiges-holzhaus/>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 19:35.

Url 7: <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=396&RecID=362>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 20:00.

Url 8: <https://www.creebuildings.com/project/life-cycle-tower-one>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 10:00.

Url 9: <https://www.arkitera.com/haber/dunya-uzerindeki-en-cevreci-ticari-yapi-bullitt-center/>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 20:15.

Url 10: <https://www.treehugger.com/dalston-lane-worlds-largest-cross-laminated-timber-building-4855950> . Erişim Tarihi: 29.05.2021, 20:30.

Url 11: <http://hicarquitectura.com/2014/04/shigeru-ban-architects-tamedia-office-building/>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 21:15.

Url 12: <https://www.internationale-bauausstellung-hamburg.de/en/projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-material-houses/woodcube/projekt/woodcube.html>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 11:00.

Url 13: <https://www.holzbaukunst.at/holzbau/objekt/44.html>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 10:45.

Url 14: <https://www.regal-london.co.uk/news/banyan-wharf-wins-hackney-design-awards/>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 12:00.

Url 15: <https://www.archilovers.com/projects/187354/trafalgar-place.html>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 12:20.

Url 16: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-016-1022-5>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 12:55.

Url 17: <https://www.archdaily.com/614915/puukuokka-housing-block-oopeaa>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 13:05.

Url 18: https://www.miesarch.com/work/3476_ Erişim Tarihi: 29.05.2021, 13:20.

Url 19: https://archello.com/pt/project/brock-commons-tallwood-house_ Erişim Tarihi: 29.05.2021, 13:30.

Url 20: https://www.woodskyscrapers.org/blog/carbon-12-set-to-bring-portland-back-to-the-forefront-of-mass-timber-construction_ Erişim Tarihi: 29.05.2021, 14:15.

Url 21: <https://www.housingevolutions.eu/project/hoho-wien-the-worlds-tallest-wooden-high-rise/>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 14:50.

Url 22: <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter>. Erişim Tarihi: 29.05.2021, 15:10.

Url 23: https://www.archdaily.com/949277/quebec-canada-the-heart-of-mass-timber-construction/5f806d3d63c01700d5000153-quebec-canada-the-heart-of-mass-timber-construction-image?next_project=no. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 17:50.

Url 24: <https://www.arcadia.fi/referenssit/lighthouse>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 12:35.

Url 25: <https://www.binderholz.com/en-us/mass-timber-solutions/residential-building-in-wagramer-strasse-vienna-austria/>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 14:50.

Url 26: <https://waughthistleton.com/curtain-place/>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 18:30.

Url 27: <https://www.swisskrono.com/de-ru/produkcija/idei/a-paragon-of-modern-timber-construction-suurstoffi-22/#/>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 15:15.

Url 28: <https://architectureindevelopment.org/project/318>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 10:15.

Url 29: <https://www.e-architect.com/london/stadthaus-murray-grove>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 13:25.

Url 30: <https://www.archdaily.com/421676/woodcube-architekturagentur>. Erişim Tarihi: 05.06.2021, 17:45.

Url 31: <https://www.detail.de/artikel/holz-hybrid-bausystem-illwerke-zentrum-montafon-11644/>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 18:40.

Url 32: <https://www.structuraltimber.co.uk/assets/projectprofiles/projectprofileforx-lambanyanwharf.pdf>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 16:40.

Url 33: <https://rethinkoffsite.wsp.com/projects/moholt-50-50/>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 13:10.

Url 34: https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/presentation_slides-KINGMAN-SMITH-WASCHER-The-Soto-WDS-190418.pdf. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 17:35.

Url 35: https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/presentation_slides-BASL-FRERES-Mass-Plywood-Panels-WDS-191113.pdf. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 20:50.

Url 36: <https://www.intechopen.com/chapters/66693>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 14:45.

Url 37: <https://www.structuremag.org/?p=10916>. Erişim Tarihi: 24.10.2021, 15:30.

Url 38: <https://www.arkitera.com/haber/buyukada-rum-yetimhanesi-rehabilitasyonu-icin-rapor-hazirlandi/>. Erişim Tarihi: 05.04.2022, 20:20.

Url 39: <https://www.ekoyapidergisi.org/ahsap-yapilar-dis-mekanlar>. Erişim Tarihi: 29.11.2021, 12:10.

Utkutuğ, Gönül, “Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri”, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bina Fiziği Sempozyumu*, İzmir 2011.