

AHŞAP MALZEMENİN KULLANILMASINDA KENDİNE ÖZGÜ EYLEMSSEL YANSIMASIYLA ÖNE ÇIKAN TEMEL BİR ETMEN OLARAK LİF DOYGUNLUĞU NOKTASI

İlker USTA¹

ÖZ

Ağaç malzemenin anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi itibarıyla misellerden müteşekkil hücre çeperinin doğal kurgusu zemininde kendini gösteren rutubet alışverişinin tipik bir yansıması olan lif doygunluğu noktası, ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerine olan doğrudan veya dolaylı etkisi sebebiyle, ahşap eşyalar ile araç-gereçlerin ve uygulamaların tasarımı dahil tüm imalat sürecinde başlı başına bir gösterge olarak ele alınabilir. Böyle bakıldığında, lif doygunluğu noktası, ahşabın kullanılmasında kendine özgü eylemsel yansımasıyla öne çıkan temel bir etmen olduğu için, kapsamlı araştırmalarla değerlendirilerek neden-sonuç ilişkisiyle takdim edilmesi gerekir. Bu çalışmada, içeriği ve diğer özellikler üzerindeki etkiselliği bakımından lif doygunluğu noktasının, hücre çeperi ve rutubet düzeyi çerçevesinde gerçekleşen oluşum mekanizması açıklanmış ve hacimsel genişleme ile yoğunluk değeri ve azami rutubet miktarı gibi çok bileşenli bir problemle olası etkisel alanı için örneklendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap malzeme, lif doygunluğu noktası, hücre çeperi, rutubet miktarı

THE FIBER SATURATION POINT AS A KEY FACTOR IN THE USE OF WOOD MATERIAL WITH ITS UNIQUE OPERATIONAL REFLECTION ABSTRACT

The fiber saturation point, which is a typical reflection of the moisture exchange that manifests itself on the ground of the natural structure of the cell wall, which is composed of micelles, can be considered as a stand-alone indicator in the entire manufacturing process, including the design of wooden items and tools and applications, because of its direct or indirect effect on the physical and mechanical properties of wood material. From this perspective, since the fiber saturation point is a key factor in the use of wood with its unique operational reflection, it should be evaluated with extensive research and presented with a cause-effect relationship. In this study, the formation mechanism of the fiber saturation point, which takes place within the framework of cell wall and moisture level, is explained in terms of its content and effectiveness on other properties, and an example is made for its possible impact area with a multi-component problem such as volumetric swelling, density value and maximum moisture content.

Key Words: Wood material, fiber saturation point, cell wall, moisture content

1. GİRİŞ

Ağaçlardan temin edilen doğal ve organik bir malzeme olan ahşaptan ürün veya araç-gereç ya da uygulama tiplmesiyle geniş bir yelpazede istifade etmek amacıyla gerçekleştirilen imalata yönelik kurgulamalarda hem tasarımda hem de üretim öncesi hazırlık işlemlerinde etraflıca dikkate alınması gereken önemli bir husus olan lif doygunluğu noktası, hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamının su ile dolmasıyla ortaya çıkan rutubetliliğin nihai sınır seviyesini gösterir ve ahşabın çevresel unsurlardan etkilenmeksizin öngörülen tüm alanlarda güvenli bir malzeme hüviyetiyle kullanılabilmesine dayanak teşkil eden uyarıcı ve yönlendirici kilit bir role sahiptir. Bu bağlamda, ağaç malzemenin fiziksel

¹ Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, iusta@hacettepe.edu.tr

ve mekanik özelliklerine doğrudan veya dolaylı etkileri bulunan lif doygunluğu noktası, ahşap bilimi ve teknolojisi literatüründe geniş kapsamlı çalışmalarla derinlemesine incelenen bir olgu olarak öne çıkmaktadır. Ahşabın öngörülen kullanım amacı ve kullanılma yeri odağında neden-sonuç ilişkilendirmelerine ışık tutacak içselliğe sahip farklı tematik konular çerçevesinde çok yönlü bakış açısıyla ele alınıp değerlendirilebilen lif doygunluğu noktası konusu hakkında pek çok kaynaktan bilgi temin edilebilir. Bu kapsamda, Kollmann ve Cote (1968), Bozkurt ve Göker (1987), Skaar (1988), Tsoumis (1991), Desch ve Dinwoodie (1996), Hoadley (2000), FPL (2010), Stokke ve diğerleri (2014), Shmulsky ve Jones (2019) bunlardan bazılarıdır.

Bu çalışmada, ahşabın kullanılmasında (bazı fiziksel ve mekanik özellikleri doğrudan veya dolaylı şekilde etkileyen mevcudiyetiyle) kendine özgü eylemsel yansımasıyla öne çıkan temel bir etmen olarak değerlendirilen lif doygunluğu noktası (LDN), içeriği ve diğer özellikler üzerindeki etkiselliği itibarıyla, oluşum mekanizması ve etki alanı çerçevesinde (sayısal veriler eşliğinde bir örneklendirme yapılarak) takdim edilmiştir. Literatürde LDN odaklı çalışmalarda böylesine bütüncül bir bakış açısıyla gerçekleştirilen bir irdelemenin yapılmamış olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmanın ahşap bilimi ve teknolojisi alanı önceliğinde ahşapla ilgili araştırmalar yapacak olan araştırmacılara ışık tutacağı ve lif doygunluğu noktası ekseninde gerçekleştirilmesi öngörülen bütünlüklü değerlendirmelerin neden-sonuç ilişkilendirmesiyle yapılarak açıklanmasında kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir.

2. LİF DOYGUNLUĞU NOKTASI

Ahşabın lif doygunluğu noktası hakkında (oluşum mekanizması ve malzeme özelliklerine etkisi odağında) “hücre çeperi kurgusu”, “doygunluk olgusu” ve “kullanışlılık ve etkililik durumu” başlıkları altında aşağıda yapılan açıklamalar, Usta (2016)’nın çalışmasından geniş ölçüde yararlanılarak hazırlanmış olup metinsel anlatı (lif doygunluğu noktası kavramının derinlikli bir şekilde açıklanmasına odaklanmış kapsayıcı bakış açısıyla yorumlanarak) elverdiğince yeniden kurgulanıp kaleme alınmıştır.

2.1. Hücre Çeperi Kurgusu

Muazzam güzelliklere sahip doğanın eşsiz bir yansıması olarak ağaçlardan elde edilen doğal ve organik bir malzeme olan ahşap, lümenli ve çeperli odun hücrelerinden müteşekkil olması sebebiyle kendini gösteren lifli ve gözenekli içselliğiyle, konuştandığı ortamdan bünyesine su çekmeye meyilli higroskopik bir özelliğe sahiptir. Bu çerçevede, ahşabın diğer malzemelere kıyasla bünyesine su almaya yönelik ayırt edici bir davranış göstermesinde hücre çeperinin büyük rolü vardır.

Ahşabın temin edildiği ağaç türünün odunsu muhteviyatının (ibreli veya geniş yapraklı olması fark etmeksizin) olağan gelişim süreci incelendiğinde, bir boru geometrisinde gelişim gösteren hücre çeperi, kendine özgü doğasıyla ahşap malzemeyi biricik kılan özelliklerin biçimlendiricisi hüviyetiyle; ince bir zara sahip hücrelerarası orta lamel kuşağına tutunarak oluşan birincil çeperin akabinde, lümen (hücre

boşluğu) ortasında kalacak şekilde, S1-S2-S3 isimlendirmesiyle üç farklı tabaka halinde sarmalsal bir yapıya sahip ikincil çeperin oluşumuyla gerçekleşir. Bu çerçevede, hücre çeperinin nüvesini oluşturan ikincil çeperin tabakalanış sürecinde, ilk (S1) ve son (S3) tabakalar, nispeten daha kalın olan orta (S2) tabakayla zıt yönlerde olmak üzere, birbirleriyle benzeşik bir eğimle verevine konumlanarak tabakalanırken, selüloz ($C_6H_{10}O_5$) moleküllerinin bir araya gelmesiyle gerçekleşen selüloz zincirlerinin değişik uzunluklarda birleşmesiyle miseller (odunsu saçaklar veya iplikçikler) ortaya çıkar, misellerin uç uca ve yan yana eklenmesi neticesinde mikrofibriller (lifçik demetleri) meydana gelir ve mikrofibril demetlerinin bir araya gelmesiyle odun lifleri (makrofibril kümeleri) oluşur. Söz konusu oluşumda, hücre çeperindeki mikrofibrillerin yönü (genetik varyasyona istinaden ağaç türlerine göre farklılaşarak) S1 ve S3 tabakalarında 50 ile 90 derece arasında değişen açılarla eksene dik vaziyette konumlanırken, S2 tabakasındaki mikrofibriller ise (S1 ve S3 tabakalarıyla zıt yönlü açı oluşturacak biçimde konuşlanmış halde) 10 ile 30 derecelik bir eğikliğe sahiptir.

2.2. Doygunluk Olgusu

Misellerle birlikte miseller arası boşlukları da ihtiva eden kurgusu ile lümenle bütünleşik vaziyette lifli ve gözenekli bir içsellikte gelişen hücre çeperi, dikili haldeki bir ağacın gövdesi boyunca köklerden dallara (ve devamında yapraklara) kadar gerçekleşen su ve minerallerin iletilmesinde üstlendiği asli görevini, ağaç kesilip ahşaba dönüştürüldüğü zaman da aynen böyle yürütecekmiş gibi şartlanarak mevcut ortamdan bünyesine su veya nem alarak (lümenin yanı sıra) miseller arası boşluklarda tutmaya yönelik bir tavır sergiler. Buna göre, hücre çeperinin temel maddesini oluşturan selülozun suyu çeken hidrofil karakterine istinaden bünyesine su alabilme yetisini gösteren higroskopisite düzeyi dahilinde, su moleküllerinin (selüloz ile ayrılmaz bir bütünlük halinde bulunan) hidroksil grupları tarafından hücre çeperine çekilmesiyle ahşapta nemlenme (veya başka bir ifadeyle rutubetlenme) gerçekleşirken, hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamen suyla dolu olması durumu “lif doygunluğu noktası” terimiyle tanımlanır ve çeperde bulunan suyun net odun miktarına oranı olarak değerlendirilir. Bu perspektifte, ahşap bilimi ve teknolojisi alanında LDN kısaltmasıyla takdim edilen lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı, bütün ağaç türleri itibariye bakıldığında (genetik karakterizasyona dayalı anatomik yapı ve kimyasal bileşim farklılığı nedeniyle alt ve üst sınırlarla) farklı değerlerde ortaya çıkar ve % 25 ile % 35 arasında değişir.

Yukarıda bahsedildiği gibi, hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamı su ile dolduğunda, ahşap malzeme tarafından içermeye devam eden su lümenine dolmaya başlar ve lümenin (sahip olduğu boşluk

kapasitesi kadar) dolmasıyla ahşabın rutubeti en yüksek seviyeye ulaşır. Buna göre, LDN nezdinde, hücre çeperinde miseller arası boşluklarda bulunan su, mevcut boşluk hacmi itibarıyla misellere bağlanmış olarak çeperde yer bulduğu için “bağlı su” terimiyle adlandırılırken, lümeninde yer alan su ise, bağımsız şekilde hücre boşluğunda konuşlanmasından ötürü “serbest su” olarak adlandırılır. Bu kapsamda, yeni kesilmiş taze haldeki bir ağaçta bariz bir biçimde görülen ıslaklık, hücre çeperindeki miseller arası boşluklarda bulunan bağlı su ile lümeninde yer alan serbest suyun toplamından ibarettir ve LDN zemininde belirlenen azami rutubetlilik düzeyinin tipik bir göstergesidir.

2.3. Kullanışlılık ve Etkililik Durumu

Ahşabın (miseller arası boşlukların tamamen su ile dolmadığı) lif doygunluğu noktası altında ve (miseller arası boşlukların suya doygun hale geldiği) lif doygunluğu noktası üstünde rutubetlenmesi, kullanılabilirlik ve hizmet verebilme süresi bakımından malzeme performansını etkilediği için, ahşap malzemenin mevcut lif doygunluğu noktası değerinden daha az bir seviyede olmak kaydıyla makul bir rutubet miktarına kadar kurutulmak suretiyle hazırlanarak hedeflendiği şekilde kullanılabilmesi amaçlanır. Bu perspektifte, ahşabın ideal bir malzeme hüviyetiyle etkili bir biçimde kullanılabilmesi için, rutubet miktarının % 10 ile % 15 arasında olması güvenli rutubetlilik seviyesi olarak görülür.

Ahşap, hücre çeperindeki miseller arası boşlukların su tutma potansiyeli sebebiyle, her zaman belli bir miktarda rutubet içerirken, esasen bu rutubet miktarı; günlük hayatın olağan akışı içinde ihtiyaçların karşılanmasında ve gereksinimlerin giderilmesinde envaiçeşit ürün yelpazesine çok yönlü ve işlevsel bir malzeme olarak addedilen ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerine doğrudan veya dolaylı şekilde tesir eder. Zira, doğal ve organik bir malzeme olan ahşabın (teknik özellikleri mahiyetinde) ortaya koyacağı performansı, lifli ve gözenekli yapısına atfen sahip olduğu rutubet miktarı ile ilişkilidir. Bu çerçevede, hücre çeperinde konuşlanan su, ahşabın hem liflere paralel (boyuna) hem liflere dik (teğet ve radyal) yönlerde genişlemesi veya daralması suretiyle boyutsal kararlılığını hem de kullanım yerindeki olası çevresel etmenlere karşı dayanıklılığını etkiler.

Bu bağlamda, ahşap malzemenin lif doygunluğu noktasına kadar bünyesine su alarak rutubetlenmesi halinde, geçmişten günümüze yaşam deneyimleri ile oluşan bilgilerle pekiştirilmiş bir husus olarak; ahşabın boyutlarında bir genişleme meydana gelebilir, çürüklük yapan bazı mantarlar ahşabı çürümeye maruz bırakabilir ve kemirerek veya oyuk açarak oduna musallat olan zararlı böcekler ahşapta bir tahribata sebebiyet verebilir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, ahşabın hem boyutsal çalışmasının bütünüyle engellenmesi veya boyutlarındaki değişimin makul bir aralıkta olmasının sağlanması hem de belirli mantar ve böcek türleri için beslenme ortamı veya barınma yeri olarak kullanılmasının önüne geçilmesi suretiyle güvenle kullanılabilen ideal bir malzeme haline getirilmesi

maksadıyla, lif doygunluğu noktası altında, ortalama % 12 olmak üzere, hava kurusu rutubet miktarına kadar kurutulması gerektiği tarih boyunca genel kabul görmüş bir yaklaşımdır.

Son tahlilde, lifli ve gözenekli oluşluluğuyla bütünleşen higroskopik içselliğiyle doğal ve organik bir malzeme olan ahşabın bir eşya veya bir araç-gereç ya da bir uygulama tiplmesiyle tasarlandığı amaç uyarınca kullanılması öncesinde, öngörülen kullanım yerindeki çevresel koşullara uygun düşecek şekilde (% 10 ile % 15 arasındaki bir rutubet miktarına sahip olacak biçimde) kurutulması hazırlanması durumunda, ahşapta hem higroskopisite potansiyelinin sınırlandırıldığı ve boyutsal stabilizasyon performansının arttığı hem de biotik (canlı) ve abiotik (cansız) zararlılara karşı mukavemet gösterme yetisinin sağlandığı, dünden bugüne bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuş evrensel bir gerçekliktir.

3. ÖRNEKLENDİRME

Ahşabın lif doygunluğu noktası ile diğer özellikler arasındaki ilişkilendirmenin etkisellik zemininde nasıl olduğu konusu, (aralarında doğrusal ilişki bulunan genişleme, yoğunluk ve azami rutubet miktarı odağında) Usta ve Hale (2004) ile Usta (2015)'nin açıkladığı şematik rehberdeki formüller eşliğinde, Usta (2017; 2020)'nin açıklamalarıyla aşağıdaki gibi örneklenmiştir.

3.1. İlişkili Kavramlar

Genişleme: LDN (lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı) değeri, hacimsel genişleme (α_v) miktarı ile tam kuru haldeki yoğunluk (D_o) değerinin bir fonksiyonu olmak üzere,

$$LDN = (\alpha_v / D_o)$$

eşitliğiyle % olarak hesaplandığı için, ahşap malzemenin hacimsel genişleme miktarı, lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı ile tam kuru haldeki yoğunluk değerine bağlı yüzdesel bir gösterge olarak

$$\alpha_v = (LDN \times D_o)$$

eşitliğiyle belirlenir. Bu çerçevede, hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamen suyla dolması halinde gerçekleşen bir durum olan hacimsel genişleme (α_v), daralmaya maruz kalmak suretiyle nihai çekme sınırına kadar büzüşebilen hücre çeperinin genişlemeye yönelik şişme sınırının (çekmeye göre) daha yüksek bir seviyede bulunması ve hacimsel genişleme miktarının (hacimsel daralma (β_v) ile kıyaslandığında) daha uzun bir sürede gerçekleşmesi sebebiyle, hacimsel daralmanın bir yansıması olarak

$$\alpha_v = (\beta_v / (100 - \beta_v)) \times 100$$

eşitliği ile tespit edilebilmektedir.

Yoğunluk: Ahşap malzemenin belli bir rutubet miktarındaki yoğunluğu (D_{RM}), lif doygunluğu noktası (LDN) ve tam kuru haldeki yoğunluk (D_o) değerleriyle ilişkilendirilerek belirlenir. Buna göre, ahşabın belirli bir rutubet miktarındaki yoğunluğu (D_{RM}), tüm ağaç türleri için LDN başlangıcının % 25 olduğu göz önüne alınarak;

a) mevcut rutubet miktarının (RM) % 25 ve bunun altındaki herhangi bir düzeyde bulunması halinde (RM \leq % 25 olduğunda),

$$D_{RM} = [D_o (1 + (RM / 100)) / 1 + (0.84 \times D_o (RM / 100))]$$

eşitliği ile hesaplanırken,

b) rutubet miktarının % 25'in üzerindeki bir seviyede olması durumunda ise ($RM > \% 25$ iken), tam kuru haldeki yoğunluk (D_0) ile lif doygunluğu noktası (LDN) kapsamında,

$$D_{RM} = [D_0 (1 + (RM / 100)) / 1 + (D_0 (LDN / 100))]$$

eşitliğiyle belirlenir veya D_0 ile LDN bütünlüğündeki hacimsel genişleme (α_v) dahilinde,

$$D_{RM} = [D_0 (1 + (RM / 100)) / 1 + (\alpha_v / 100)]$$

eşitliği ile tespit edilir.

Azami Rutubet Miktarı: Ahşap malzemenin lifli ve gözenekli yapısının temel bir göstergesi olan azami rutubet miktarı (Azami RM), tam kuru haldeki yoğunluk (D_0) ile lif doygunluğu noktası (LDN) eşliğinde değerlendirilen bir olgu olarak, lümenin boşluğu ve hücre çeperindeki miseller arası boşlukların tamamen suyla dolu hale gelmesine istinaden, ahşabın azami seviyede bünyesine alabileceği en yüksek düzeydeki rutubet miktarını gösterir ve

$$\text{Azami RM} = [(LDN / 100) + ((1.5 - D_0) / (1.5 \times D_0))] \times 100$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır.

3.2. Tematik Yaklaşım

Yukarıdaki açıklamalarla takdim edilen lif doygunluğu noktası ile “genişleme”, “yoğunluk” ve “azami rutubet miktarı” ilişkilendirmesine sayısal verilerle ışık tutmak üzere, aşağıdaki bütüncül örneklendirme yapılmıştır:

- Bir ahşap malzemenin hacimsel daralma (β_v) miktarının % 11,2 ve tam kuru haldeki yoğunluk (D_0) değerinin $0,429 \text{ gr/cm}^3$ olması durumunda, lif doygunluğu noktası ile azami rutubet miktarının ne kadar olduğunun tespit edilmesi ve rutubet miktarının % 10 ve % 50 olması halinde yoğunluğun ne kadar olacağını belirlenmesinin istenildiği varsayılınsın.

Buna göre, adı geçen fiziksel özelliklerin bu örnekte verilen imgelemiş sayısal değerlere göre nasıl bir durumda olduklarının belirlenmesi ve ahşap malzemeye olan yansımalarının neden-sonuç bağlamıyla ortaya koyulması maksadıyla gerçekleştirilecek çözümlene için LDN ekseninde hesaplamalar yapılır.

3.3. Çözümsel Anlatım

Burada örneklenen girişik problemin tüm bileşenlerinin sıralı bir süreç nezdinde çözümlenebilmesi için izlenecek olan işlem basamakları şöyledir;

- lif doygunluğu noktasının tespit edilmesi,
- azami rutubet miktarının hesaplanması,
- yoğunluk değerinin % 10 ve % 50 rutubetlilik seviyelerine göre ayrı ayrı hesaplanması.

Örneklendirme yapılan problemde iç içe girmiş bir şekilde belirtilen malzeme özellikleri, ahşabın lif doygunluğu noktasını merkeze alan söz konusu işlemsel süreç ile aşağıdaki gibi belirlenir.

Lif Doygunluğu Noktasının Tespit Edilmesi:

LDN (lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı) değerinin, hacimsel genişleme (α_v) miktarı ile tam kuru haldeki yoğunluk (D_0) değerlerinin bir fonksiyonu olarak $LDN = (\alpha_v / D_0)$ eşitliğiyle hesaplandığı göz önünde bulundurulduğunda, bu örnek problemde D_0 değerinin verildiği halde, α_v miktarının ise gizlendiği görülmektedir. Bu çerçevede, hacimsel genişleme (α_v) miktarı, ahşap bilimi ve teknolojisi alanında neden-sonuç örgüsüyle bezenmiş deneysel edinim tabanlı bir ölçme-değerlendirme yaklaşımı olmasından ötürü, hacimsel daralma (β_v) miktarının tersinir yansıması olarak $\alpha_v = [(\beta_v / (100 - \beta_v)) \times 100]$ eşitliğiyle hesaplanabildiği için, önce α_v miktarının tespit edilerek LDN değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Hacimsel genişleme miktarı, $\alpha_v = [(\beta_v / (100 - \beta_v)) \times 100]$ eşitliği kullanılarak,

$\alpha_v = [(11,2 / (100 - 11,2)) \times 100]$ işlemiyle,

$\alpha_v = \% 12,6$ olarak belirlenirken,

Lif doygunluğu noktası (LDN) ise, $LDN = (\alpha_v / D_0)$ eşitliği kullanılarak,

$LDN = (12,6 / 0,429)$ işlemiyle,

$LDN = \% 29,4$ olarak hesaplanır.

Azami Rutubet Miktarının Hesaplanması:

LDN değeri, tam kuru haldeki yoğunluk (D_0) değeriyle bütünleşik içselliğiyle, ahşap malzemenin suyla ıslanması halinde bünyesine alabileceği azami rutubet miktarı (Azami RM) için de temel teşkil edecek bir gösterge olarak değerlendirilmektedir.

Azami rutubet miktarı, Azami RM = $[(LDN/100) + ((1,5 - D_0) / (1,5 \times D_0))] \times 100$ eşitliğiyle,

Azami RM = $[(29,4 / 100) + ((1,5 - 0,429) / (1,5 \times 0,429))] \times 100$ işlemine göre,

Azami RM = $\% 195,8$ olarak hesaplanır.

Böylece, lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı ve tam kuru haldeki yoğunluk değeri uyarınca belirlenen azami rutubet miktarı, hücre çeperindeki miseller arası boşluklarla birlikte lümen boşluğuna konuşlanabilecek en yüksek rutubetlilik seviyesini göstermektedir.

Örneklenen problemde, tam kuru haldeki yoğunluğu $0,429 \text{ gr/cm}^3$ olan ahşap malzemenin lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarının $\% 29,4$ olması sebebiyle, mevcut gözenekliliği itibarıyla bünyesine alabileceği rutubet miktarının en çok $\% 195,8$ olabileceği görülmektedir.

Yoğunluk Değerinin % 10 ve % 50 Rutubetlilik Seviyesine Göre Hesaplanması:

Esasen, “özümlü ağırlık” terimi ile eşanlı bir ölçü olarak, birim hacimdeki odun miktarını gösteren yoğunluk değeri, hücre çeperindeki miseller arası boşluklar ile lümen boşluğu nezdinde ağaç malzemenin bünyesinde yer alan bütün gözeneklerin tamamen kuru olduğu durumdaki hacim içerisinde bulunan odun miktarını gösteren tam kuru haldeki yoğunluk (D_o) ve mevcut gözeneklerde belli bir seviyede su bulunmasına dayalı olarak gerçekleşen rutubet miktarı sebebiyle iç yüzeyleri ıslanmış haldeki hacmin içerisinde suyla bütünleşik halde bulunan odun miktarını gösteren herhangi bir rutubet miktarındaki yoğunluk (D_{RM}) tanımlamalarıyla farklı biçimde değerlendirilir.

Bu kapsamda, bir ahşap malzemenin herhangi bir rutubet miktarındaki yoğunluk (D_{RM}) değeri, söz konusu ahşap malzemenin temin edildiği ağaç türünün halihazırdaki lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı (LDN) değeri odağında belirlenir. Buna göre, bütün ağaç türleri için alt ve üst sınırları % 25 ile % 35 arasında değişen LDN değeri uyarınca, ahşabın mevcut rutubet miktarı (RM) değerinin % 25’den küçük ya da % 25’e eşit veya % 25’den büyük olması durumuna göre D_{RM} hesaplanır.

$RM \leq \% 25$ iken, $D_{RM} = (D_o \times (1 + (RM / 100))) / (1 + (0,84 \times D_o \times (RM / 100)))$ eşitliğiyle,

$RM > \% 25$ olduğunda ise, $D_{RM} = (D_o \times (1 + (RM / 100))) / (1 + (D_o \times (LDN / 100)))$ eşitliği veya

$D_{RM} = (D_o (1 + (RM / 100))) / (1 + (\alpha_v / 100))$ eşitliğiyle hesaplamalar yapılır.

Örneklenen problemde % 10 rutubetlilik seviyesi olan RM % 10 için, $RM \leq \% 25$ kuralına göre;

$D_{RM} = (D_o \times (1 + (RM / 100))) / (1 + (0,84 \times D_o \times (RM / 100)))$ eşitliği uyarınca,

$D_{RM} = (0,429 \times (1 + (10 / 100))) / (1 + (0,84 \times 0,429 \times (10 / 100)))$ işlemiyle,

$D_{10} = 0,455 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanır.

Mevcut problemde % 50 rutubetlilik seviyesi olarak belirtilen RM % 50 için, $RM > \% 25$ kuralına göre;

$D_{RM} = (D_o \times (1 + (RM / 100))) / (1 + (D_o \times (LDN / 100)))$ eşitliği kullanılarak,

$D_{RM} = (0,429 \times (1 + (50 / 100))) / (1 + (0,429 \times (29,4 / 100)))$ işlemiyle,

$D_{50} = 0,571 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanır.

Ayrıca, $RM > \% 25$ iken, $D_{RM} = (D_o (1 + (RM / 100))) / (1 + (\alpha_v / 100))$ eşitliği de kullanılabildiği için, D_{50} değerinin LDN ile yapılan tespitinin yanı sıra α_v değeriyle de belirlenerek kontrol edilmesi istenirse;

$D_{RM} = (D_o (1 + (RM / 100))) / (1 + (\alpha_v / 100))$ eşitliği kullanılarak,

$D_{RM} = (0,429 (1 + (50 / 100))) / (1 + (12,6 / 100))$ işlemiyle,

$D_{50} = 0,571 \text{ gr/cm}^3$ olarak hesaplanır.

Elde edilen D_{RM} sonuçlarına göre, tam kuru haldeki yoğunluğu $0,429 \text{ gr/cm}^3$ olan ahşap numunenin rutubetlenmesi halinde yoğunluğunun görece olarak arttığı görülmektedir, öyle ki rutubet miktarı % 10 iken $0,455 \text{ gr/cm}^3$ olan yoğunluk, % 50 rutubet miktarında ise $0,571 \text{ gr/cm}^3$ değerine yükselmektedir.

Böyle bakıldığında, ahşap malzemenin (gözeneklerinde bulunan su miktarı itibariyle) LDN alt sınırı altında rutubetlenmesinde yoğunluğun biraz artmasına karşılık, LDN üst sınırı üzerinde rutubetlilikte gerçekleşen artışın ise bariz bir yoğunluk artışına neden olduğu söylenebilir.

4. SONUÇ

Özde, deneme ve gözlemlere dayalı bilimsel araştırmalarla tanımlanarak literatürde takdim edilmiş olan lif doygunluğu noktası hakkında yapılan saptamalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- Ağaçlardan temin edilen ahşap malzemenin rutubetlenmesi, lifli ve gözenekli doğasıyla doğal ve organik bir malzeme olan ahşabın anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi bağlamında olağan bir durumdur. Ahşabın rutubetliliği, hücre çeperinde (miseller arası boşluklarda) ve lümeninde (hücre boşluğunda) suyun varlığıyla ortaya çıkan bir durum olmakla birlikte, hücre çeperinin suyla doymuş hale geldiğinde sahip olduğu rutubet miktarı olan lif doygunluğu noktası, ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri için temel belirleyici bir kriter olarak değerlendirilir. Zira, miseller arası boşlukların tamamına su yerleşince, hücre çeperinin suya doymasıyla gerçekleşen lif doygunluğu noktası, ahşabın doğal ve organik içselliğiyle sınanabilir bir malzeme olarak envaiçeşit ürünün yapımında kullanılabilirliğinin bütüncül bir göstergesidir.
- Lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarı ağaç türleri itibariye farklı değerlerde olup alt ve üst sınırları % 25 ile % 35 arasında değişiklik gösterir. Bu bağlamda, herhangi bir ayırım yapılmaksızın tüm ağaç türlerini kapsayan bir değerlendirme yapıldığında, lif doygunluğu noktası alt sınırına kadar olan rutubet miktarı güvenli kullanım eşiği olarak görülürken, metodik yaklaşımlara bakıldığında, ahşap malzemenin (optimum fiziksel ve mekanik özellikleri itibariyle) güvenle kullanılacak bir malzeme olarak değerlendirilebilmesi için (hücre çeperindeki miseller arası boşlukların toplam hacmine tekabül etmek üzere) bünyesinde içerebileceği rutubet miktarının (% 10 ile % 15 rutubetlilik aralığı esas alınarak) ortalama % 12 civarında olması güvenli bir durum olarak kabul edilmektedir.
- Hayatın olağan akışı içinde ortaya çıkan ihtiyaçların karşılanması ve gereksinimlerin giderilmesi amacıyla tasarlanan eşyalar ile araç-gereçlerin imalatında ve uygulamaların gerçekleştirilmesinde ahşap malzemenin güvenle kullanılabilmesi bakımından üzerinde önemle durulması gereken bir olgu olan lif doygunluğu noktası, ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerine doğrudan veya dolaylı şekilde yansıyan bir gösterge olarak addedilir.

“Ahşap malzemenin kullanılmasında kendine özgü eylemsel yansımasıyla öne çıkan temel bir etmen olarak lif doygunluğu noktası” başlığıyla sunulan bu çalışmada, neden-sonuç ilişkileri kurmak suretiyle ayrı bir konu olarak incelenecek kadar geniş kapsamlı bir konu olan lif doygunluğu noktası, oluşum mekanizması ve malzeme özelliklerine etkisi çerçevesinde açıklanmış ve (genişleme, yoğunluk ve azami rutubet miktarı değerleri üzerindeki etkiselliği) bütünlük bir problemle örneklenmiştir. Nihayetinde,

imgelem yapılarak ortaya koyulan sayısal veriler, lif doygunluğu noktası değerinin; ahşabın hacimsel genişlemesinde, belli bir rutubet miktarındaki yoğunluğunda ve erişebileceği en yüksek rutubetlilik seviyesinde katıksız ve yalın bir gerçeklikle var olduğunu göstermiştir.

Bu perspektifte, lif doygunluğu noktası kavramının, doğrudan veya dolaylı bir biçimde ahşabın malzeme özelliklerini etkileyebileceği değerlendirilerek, ileri düzey teknik özelliklerin keşfedilmesine yönelik irdelemelerde önemli bir etmen olarak özenle göz önünde tutulması gerektiği aşıkardır.

KAYNAKLAR

- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. (1987). Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3445/388.
- Desch, H.E., Dinwoodie, J.M. (1996). Timber: structure, properties, conversion and use. London: MacMillan Press Ltd.
- FPL. Forest Products Laboratory. (2010). Wood handbook: Wood as an engineering material. General Technical Report FPL–GTR–190. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest service.
- Hoadley, R.B. (2000). Understanding Wood: A craftsman’s guide to wood technology. Newtown, CT: The Taunton Press, Inc.
- Kollmann, F.F.P., Cote, W.A. (1968). Principles of Wood Science and Technology I: Solid Wood. Berlin: Springer-Verlag.
- Shmulsky, R., Jones, P.D. (2019). Forest Products and Wood Science: An introduction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Skaar, C. (1988). Wood-Water Relations. Berlin: Springer-Verlag.
- Stokke D.D., Wu Q., Han G. (2014). Introduction to Wood and Natural Fiber Composites. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Inc.
- Tsoumis, G. (1991). Science and technology of wood: structure, properties, utilisation. New York: Van Nostrand Reinhold
- Usta, I., Hale, M.D (2004). A novel guide for determination of the physical properties of wood including kiln drying and full-cell preservative treatment. The International Research Group on Wood Preservation, Document No: IRG/WP 04-20298.
- Usta, İ. (2015). Ağaç malzeme fiziksel özelliklerinin tespitinde ve ahşap koruma performans değerlendirmesinde örnek bir kılavuz olarak Şematik Rehber kullanımı. *Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergisi*, Özel Sayı (UMK-2015): 407-420.
- Usta, İ. (2016). Ahşap Üzerine Betimlemeler: Kültürlerarası etkileşim aracı olan ahşabın “Değerli bir Nesne” olarak kabul edilip özümsemesi (Lifli ve Gözenekli Yapısıyla Ahşap Mükemmeldir). *Yapı Dünyası*, Temmuz/Ağustos 2016 (244-245): 8-16.
- Usta, İ. (2017). Ahşap: Fiziksel Özellikler. *Yapı Dünyası*, Temmuz/Ağustos 2017 (256-257): 8-13.
- Usta, İ. (2020). Örnek sorular ve çözümleriyle ağaç malzeme fiziksel özellikleri. 6. Uluslararası Mobilya Kongresi, 02-05 Kasım 2020, Trabzon, Türkiye. *Bildiri Kitabı*: 456-471.