



Türk yaylarında kullanılan ağaç türleri ve özellikleri

Tree species and properties used in Turkish bows

Salih Parlak*¹

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Yıldırım/Bursa

Sorumlu yazar:
Salih PARLAK

E-mail:
salih.parlak@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:
26/11/2020

Kabul Tarihi:
16/12/2020

Bu makaleye atıf vermek için:
Parlak, S. 2020. Türk yaylarında kullanılan ağaç türleri ve özellikleri. Ağaç ve Orman, 1 (2), 25-34.

Özet

Türk yayları ahşap, boynuz ve tendonlardan elde edilen sinir lifleri ve bunların hayvansal tutkallarla yapıştırılması ile elde edilen mürekkep (kompozit) yaylardır. Ahşabın mekanik ve fiziksel özellikleri boynuz plakalar ve sinir lifleri kullanılarak iyileştirilmiştir. Bu yaylar ters bükümlü yaylar sınıfında yer alır ve kurulduğunda boynuz iç kısımda, yayın sırtına döşenen sinir lifleri ise dış kısımda yer alır. Dolayısıyla boynuz sıkışmaya mukavim, sinir lifleri ise esneme özelliğinde olduğundan çok kısa bir yaydan çok yüksek çekiş kuvvetleri elde edilebilmektedir. Sadece ağacın doğal eğilme özelliğinden faydalanılarak yapılan yaylarda ise çekiş kuvveti ağacın bükülmesine izin verdiği ölçüde gerçekleşir ve Türk yaylarındaki kadar muazzam bir güç elde edilemez. Savaşlarda mutlak üstünlük sağlayan bu silahların yapımında kullanılan ağaçların da özel olarak seçilmesi ve işlenmesi gerekir. Yayın orta tabakasında kullanıldığından, bükülebilme, esneklik, kolay işlenme ve hem boynuzla hem de sinirlere mükemmel şekilde yapışabilme kabiliyetinde olmalıdır. Bu bakımdan seçilen ağacın fiziksel ve mekanik özelliklerinin uygun olması gerekir. Bu derleme çalışmada Türk yayı yapımında en yaygın kullanılan ve potansiyel kullanılma ihtimali olan ağaç türleri incelenmiş, yay yapımı bakımından önemli olan bazı performans özellikleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Türk yayı, kompozit yay, ağaç özellikleri

Abstract

Turkish bow are made of nerve fibers obtained from wood, horns and tendons and composite bows obtained by bonding them with animal glues. The mechanical and physical properties of wood have been improved by using horn plates and nerve fibers. These bows are in the class of reverse bows and when installed the horn is located in the inner part and the nerve fibers laid on the back of the bow are located in the outer part. Therefore, because the horn is resistant to compression and the nerve fibers are flexible, very high potential energy can be obtained from a very short bow. In the bows made by using only the natural bending feature of the tree, the potential energy is realized as long as the tree allows to bend, and a tremendous power cannot be obtained as much as in Turkish bows. The trees used in the production of these weapons that provide absolute superiority in wars must also be specially selected and processed. Since it is used in the middle layer of the bow, it should be capable of bending, flexibility, easy processing and excellent adhesion to both the horn and nerves. In this regard, the physical and mechanical properties of the tree chosen must be suitable. In this review study, the most common and potentially used tree species in Turkish bow making were examined and some performance characteristics that are important for bow construction were compared.

Keywords: Turkish bow, composite bow, wood characteristics

1. Giriş

Savaşlarda orduların üstünlük sağlamasında stratejik planlamaların yanında kullanılan silahların büyük önemi vardır. Tarihçilerin üzerinde hemfikir olduğu bir husus, mükemmel hale getirilen Türk yaylarının düşman karşısında üstünlük sağlamada en önemli etkenlerden biri olduğudur.

Kullanılan malzemeler ve yapımında gösterilen ihtimam Türk yaylarını diğer yaylara göre açık ara en üst mertebeye taşımıştır. Usta-kalfa-çırak silsilesi şeklinde sürdürülen yay yapımında her usta kendi tarzını oluşturmuştur. Yay yapımı ile ilgili yazılı kaynakların az olmasına ve hesap-kitaba dayanan bir yapım tarifnamesi olmamasına rağmen tecrübe ile mükemmel hale getirilmiştir. Öngel (2001), ok ve yayın

yapımında kullanılan malzeme ve yapılış bilgisinin ustadan çırağa aktararak, yapıcısına ve ailesine sosyal hayatta seçkin bir yer kazandırdığı görülmektedir.

Erken Osmanlı döneminde yay ve ok, ordunun kullandığı en etkin silah niteliğindedir (Bir vd. 2006). Osmanlı imparatorluğunun kuruluşundan itibaren orduda geniş ölçüde kullanıldığı görülmektedir (Kaegi, 1964). Hatta ateşli silahlar orduda büyük ölçüde girdikten sonra da hemen terk edilmemiş, (Yücel, 1968) ilk zamanlardaki ateşli silahların olumsuz özellikleri nedeniyle savaşlarda uzun bir süre daha yay kullanılmaya devam edilmiştir. Spor olarak ise önemini imparatorluğun son dönemine kadar hiçbir zaman kaybetmemiştir. Ateşli silahların kullanılmasıyla okçuluk hem dinî hem de geleneksel özelliklerini koruyarak kendi ahlâkı ve adabı hatta kanunları olan bir spor hâlini almış ve yirminci yüzyıl başlarına kadar önemli bir spor dalı olarak yaşamaya devam etmiştir (URL-2; Bir vd. 2006; Özgen, 2010). Ancak kapalı fişğin yaygınlaşmasından sonra yavaş yavaş terk edilmiş ve yapımı unutulmuştur. Bununla beraber yay yapımı ve tarihi mirasa sahip çıkma son yıllarda kurumsal ve bireysel gayretlerle tekrar canlanmaya başlamıştır.

Dünya tarihinde askeri kültür ve harp sanatı açısından dikkat çeken milletlerin başında Türkler gelir. Türkler için geniş ülke sınırlarını korumanın ve düşmanlara karşı koyabilmenin tek yolu, sağlam bir askeri terbiye ve eğitim ile üstün silahlara sahip olmaktır. Türklerin tarih boyunca gösterdikleri askeri başarılarının geri planında yatan en önemli faktör son derece gelişmiş bir silah teknolojisine sahip olmalarıdır. Bu silahların içerisinde en önemli olanı ise ok ve yaydır. Öyle ki bu silahların yapımı ve kullanılmasında gösterdikleri maharet sebebiyle “okçu millet” olarak vasıflandırılan Türkler bu silahları bir savaş araç-gereci olmanın ötesinde, manevi bir kültür ögesi olarak benimsemişler ve bu silahlar etrafında birtakım teamüller oluşturarak siyasi ve hukuki sembol olarak kullanmışlardır. Ok ve yay Hunlardan itibaren Türk devlet geleneğinde önemli bir hâkimiyet sembolü olarak yerini almıştır. “Yay” “metbuluk”, “ok” ise tabilik sembolü olarak belirlenmiştir (Yücel, 1999; Metin, 2014; Ergin ve Çetin, 2015; Göksu, 2018). Hatta ok-yay ile öldürülme bir onur ve gurur kaynağı olarak görülmüştür. Osmanlı döneminde soylu kimselerin yay kirışıyle boğularak öldürülme cezası öldürülen kişi için de bir onur olarak algılanmıştır. Savaşta ölmek gurur, yatakta ölmek ise utanılacak bir olay olarak algılanmıştır (Küçük, 2018; Göksu, 2018). Türkler ok ve yay ile o kadar bütünleşmişlerdir ki neredeyse tüm Türk topluluklarının yay ve ok kullanmadaki yetenekleri, onları tarif eden bir vasıf olarak değerlendirilmiştir (Onay (2015).

Özellikle iki Türk silahı, kılıç ile ok-yay ötedenberi milletlerarası bir üne sahiptir. Savaşlarda kompozit yay Türklerin en etkili silahı olmuştur. Türk yay ve oklarında hem biçim mükemmelliği, hem malzeme kalitesi ve hem de yapım üstünlüğü görülmektedir. Çin, Roma, Bizans gibi büyük ve güçlü devletlerin karşısında üstün gelmelerini sağlayan temel unsurun ok ve yay teknolojisindeki üstünlük ve kullanmadaki ustalıkları olduğu ifade edilmektedir (Kaegi, 1964). Anadolu'nun kapılarının açıldığı Malazgirt savaşında

Selçuklu kuvvetlerini başarıya götüren temel etken, Türk savaş stratejisini, “Turan taktiğini” ustalikle uygulayan Türk okçularıdır. Bu taktiği uygulayabilmek için birtakım niteliklere sahip olmak gerekiyordu. Bunlar hafif süvari olmak, iyi ok atmak, uzak muharebe yapma yeteneğine sahip olmak ve sürate sahip olmaktı (Kaegi, 1964; Boit, 1991; Onay, 2015). Türklerin dehşet verici okçulara sahip olmaları savaşın sonucunu ve Anadolu'nun kaderini belirlemiştir. Bizans kaynakları da Selçukluların kazandığı birçok zaferi buna dayandırır. Okçuların bu başarısı Malazgirt savaşından sonra da devam etmiştir (Kaegi, 1964; Metin, 2014; Yücel, 1999; Göksu, 2018). Kaegi, (1964) Anadolu'nun Selçuklular tarafından fethinde okçuluktaki Türk üstünlüğünün şimdiye kadar üzerinde durulmamış bir askeri faktör olduğuna dikkat çekmektedir. Türklerin İslamiyet'i kabul etmeleriyle beraber savaş ve savaşçılık mefhumları yeni bir şekil kazanmış ve okçuluk İslami bir hüviyete bürünmüştür. Bu konuda Kur'an ayetleri ve Hz. Peygamberin hadislerinin büyük önemi olmuştur (Şenarlan, 2018; Göksu, 2018).

Neolitik ve mezolitik dönemden kalan yayların çoğunlukla porsuk ağacından (*Taxus baccata*), bazılarının ise karaağaç (*Ulmus spp*) ve *Sorbus aucuparia* türünden yapıldığı belirlenmiştir. Günümüzde de sadece ağacın doğal eğilme ve esneme özeliğinden yararlanılarak yapılan İngiliz uzun yayları porsuk (*Taxus baccata*) ağacındandır. Bu yaylar, kısa mesafe çekişte gerekli enerji depolanamayacağı için daha uzun yapılmak zorundadır ve bu husus yayın etkinliğini azaltmakta ve savaşlarda kullanımını güçleştirmektedir. Bu tür yayların Türk yaylarının ulaştığı çekiş güçlerine ulaşması mümkün değildir. Çünkü enerji depolama kapasiteleri ağacın fiziksel özellikleriyle sınırlıdır. Boynuz ve sinir ihtiva eden kompozit yayların birim kütlesi ahşap yaylara göre daha fazla enerji depolar. Bu yaylar ters bükümlü olduklarından oldukça kısadır ve at üzerinde kullanımı kolaydır. Süvarinin kısa yay gereksinimi, mürekkeb (kompozit) yay teknolojisi geliştirilerek karşılanmıştır. Türk yayları son derece iyi malzemelerin bileşimi sonucu oluşmuştur. Uzun yayların birim hacim başına depoladığı enerji daha düşüktür. Yay kulakları ok atıldıktan sonra salınım yapma ihtimalini azaltır. Bu nedenle kısa, kulaklı, ters bükümlü (reflex) ve kolları boyunca yüksek yoğunluklu enerji ile çalışan bir yayın maksimum performans için en parlak tasarım olduğu söylenebilir ve Türkler kompozit yayları en üst seviyeye taşımıştır (Kooi, 1983; Allely vd, 1993; Kooi, 1994; Kooi ve Bergman, 1997; Acar ve Özveri 2007; Göksu, 2018; Klopsteg, 2019).

Yayın geçtiği birçok ara form ve şekilden sonra boynuz, sinir, ağaç ve tutkalın katman olarak kullanıldığı organik maddeler eklenerek mürekkeb (kompozit) yaylarda menzil, dayanıklılık ve verimlilik artırılmıştır (Yücel, 1999; Göksu, 2018). Yayın olağanüstü mesafelere fırlatmasını sağlayan mekanik mükemmelliğine yüzlerce yıllık tecrübeler ve bu tecrübeye dayalı iyileştirmeler sonucunda ulaşılmıştır (Klopsteg, 2019).

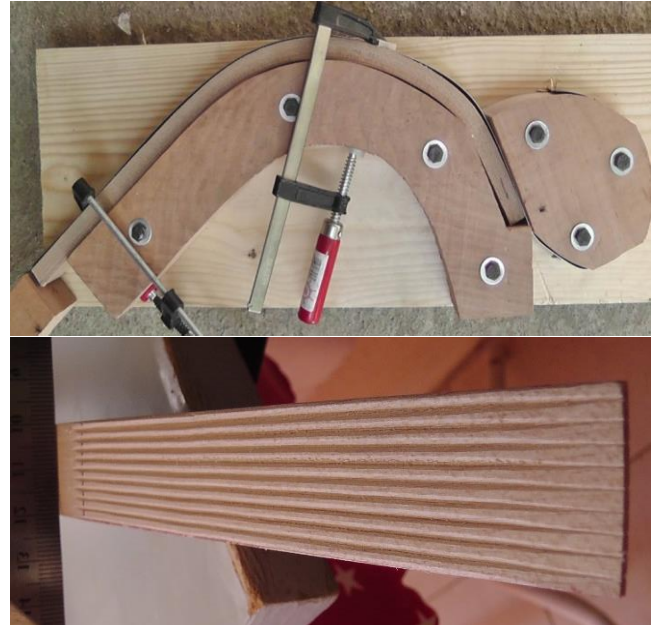
Türk yayları reflex yaylardır. Kirişi takılı değilken kolları tersine doğru kıvrıktır (Paterson, 1966). Bu tasarımın yayın - öngerimini artırarak- (Bir vd, 2006; Acar ve Özveri, 2007) aynı çekiş kuvveti ve çekiş mesafesinde daha fazla enerji depolandığını (Paterson, 1966; Selby, 2000) ve okun başlangıçtaki çıkış hızı çok yüksek olduğundan uzak mesafelere atış yapma kapasitelerinden söz edilmektedir (Allely vd., 1993). Bu yayların sırt kısmında sıkışma için boynuz, arka kısımda gerilim için sinirin ve orta tabakada ahşabın tercih edilmesi kütle birimi başına düşen enerji depolama kapasitesini artırmaktadır (Karpowicz, 2018). Osmanlı-Türk yayları kompozit Asya yayları ailesine girmekle beraber, gerek biçim, gerek malzeme ve yapım tekniği bakımından başlıbaşına bir grup teşkil eder. Şark yayları içerisinde en iyi geliştirilen Türk yayı olmuştur. Boyunun diğer yaylardan kısa oluşu (40 to 46 inç-(Paterson, 1966; Boit, 1991), Türk yaylarına üstünlük sağlayan ve at üzerinde kullanıma imkân veren önemli bir özelliktir. Kısa bir yayın, aynı ağırlıkta ve muhtemelen aynı gerişte, daha fazla enerjiye sahip olan uzun yaya nispeten daha uzağa atış yaptığı tecrübeyle sabittir. Kısa yay kolları daha fazla bir verimlilik sağlar (Boit, 1991; Yücel, 1999; URL-2, Klopsteg, 2019).

Klopsteg (2019) Türk yaylarının muazzam gücünden bahsetmiş ve 100 yard mesafeden (yaklaşık 100 metre) 1.25 cm lik kalası delip 5 cm geçtiğinden söz etmektedir. Hiç kimsenin, performansı Türklerin'kine yaklaşan bir kompozit yay yapmadığından övgüyle bahsetmekte ve Topkapı sarayındaki yayları gördükten sonra Klopsteg, (1987) Türklerin sahip oldukları tarihi hazinenin farkında olmadığını ifade etmektedir. Karpowicz (2018)'de Osmanlı yayının icat edilmiş en iyi yay olduğunu vurgulamaktadır. Acar ve Özveri (2007) Osmanlı yaycı ustalarının, yay yapımını teknik olarak tarihte ulaşılan en üst noktaya taşıdığını vurgulamaktadır.

Türk kompozit yayında her işlev için en iyi nitelikteki malzemeler en yararlı biçimde kullanılarak bir araya getirilmiştir. "Boynuz, ahşap, sinir, tutkal" gibi çok sayıda katmanın bir arada kullanıldığı bu modelde "menzil, dayanıklılık, verimlilik" gibi özellikler artırılmıştır. Kompozit yayı vücuda getirenler keskin gözlemler ve harikulade muhakeme ile yüzyıllar boyunca bu silahı geliştirmek için çalışanlar teknik olarak baskı, gerilim ve makaslama kuvvetini bilmiyordu. Ancak şu da bir gerçektir ki kullandıkları malzemelere ilişkin tecrübelerini hayata geçirerek, teknik bakımdan aynı türdeki bütün yayları geçen bir silah yapmayı başarmışlardır (Kooi ve Bergman, 1997; Temizkan ve Çoban, 2015; Klopsteg, 2019).

Türk yayları yüksek çekiş kuvvetlerinin yanında boyut ve ağırlıklarından dolayı kullanımı daha rahattır. Üç veya beş parçalı yapılan yaylarda ilk aşama, kullanılacak ağacın doğru seçilmesidir. Ağacın fiziki kusursuzluğu yanında yetiştirme ortamı da ahşabın fiziki özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle kullanılacak ağaçların mümkün olduğu kadar dar ve birbirine paralel yıllık halkalardan meydana gelmesi arzu edilir. Özellikle üç parçalı yay yapımlarında ahşap suda bekletme ve kaynatma ve ardından da bükme aşamalarından geçtiği için bükülme esnasında kırılmaması ve şekil

verilebilmesi önemlidir. Yay yapımında kullanılacak ahşapta en küçük kusur olmamalıdır. Aksi halde yay bu zayıf noktalardan kırılabilir veya dönebilir. Karpowicz (2018) yay yapımında kullanılan ağacın özelliklerini; asla kırılğan olmamalı, kırılmadan ciddi oranda bükülebilmesi, kirişin yaptığı darbeyi hasar almadan atlatılabilmeli ve tutkalı kolay emmeli şekilde tanımlamaktadır. Ağaç aynı zamanda kolay işlenebilen bir malzeme olmalıdır (Şekil 1). Özellikle tutkalı uygulamak için yivli yüzey oluşturmada sorunsuz olmalıdır. Ağaçta nokta kadar bile olsa budak deliği ve lif kıvrıklığı bulunmamalıdır. Liflerde dönüklük olmamasına ve yarıldığında düzgün yarılmamasına dikkat edilmelidir. Yıllık büyüme halkalarının dar ve homojen olması da istenilen vasıflardandır. Selby, (2000) ve Göksu (2018) yay yapılacak ağaçlarda homojen ve dar yıllık halkaya sahip olma, rahat işlenebilme, kolay bükülme, budaksız ve homojen yapıda olma ve bol bulunabilme gibi özellikler arandığını vurgulamaktadır.



Şekil 1. Yay yapımına uygun bükülebilir ve işlenebilir ağaç türü örneği

Yayın iskeletini oluşturan ve diğer malzemeleri üzerinde tutan ahşap katmanıdır. Bu bakımdan seçilen ahşabın hem üzerine gelen yükleri karşılaması, hem de diğer malzemelerle mükemmel derecede uyum sağlaması önemlidir. Yay yapımında kullanılacak ağaçların taşınması gereken fiziki niteliklerin yanında botanik ve mekanik özellikleri de önem taşımaktadır. Ahşabın fiziki kusursuzluğunun yanında boynuz ve sinirin, hayvansal tutkalla mükemmel uyum sağlaması gerekir.

Bu çalışmada tarihi kaynaklardan tespit edilen yay yapımında kullanılan türlerin fiziksel ve botanik özellikleri incelenerek bilimsel olarak yay yapımına uygunlukları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın materyalini okçuluk ve yay yapımı ile ilgili kaynakların yanında Bursa Teknik Üniversitesi bünyesinde bulunan Türk yayı yapım atölyesinde edinilen deneyimler ve gözlemler oluşturmaktadır. Yay yapımı ile ilgili çeşitli yerli ve yabancı kaynaklar, Türk tarihi kaynakları, ağaçların

mekanik ve botanik özellikleri incelenerek değerlendirilmiştir.

2. Bulgular ve Tartışma

2.1. Kompozit yaylarda ağacın fonksiyonu

Türk yaylarında ağaç, boynuz ve sinirin yapılandırıldığı bir iskelet (matris) gibi işlev görür (Latham ve Paterson 1970; Shelby, 2000). Gerilen yay kollarının dış yüzü gerilime iç yüzü ise sıkışmaya maruz kalır (Boit, 1991). Yayın dış yüzeyi yeteri kadar uzayamazsa ağacın kendi içindeki bağ kopacağından yay kırılır. Yayın iskeletini oluşturan ve boynuzla sinirin arasında kalan ahşap kısım sıkışma ve gerilme kuvvetlerine daha az maruz kalır. Basit ahşap yaylarda bu güçlere mukavemet, kullanılan ağacın özellikleri ile sınırlıdır. Osmanlı yayı gibi kompozit yaylarda, ahşabın sınırlı kabiliyetleri, başka materyaller kullanılarak geliştirilmiştir. Bu eksiklik yayın dış yüzeyinde çok daha esnek ve dayanıklı olan sinir (tendon), iç yüzeyde sıkışmaya ahşaptan daha dayanıklı olan boynuz ikame edilerek giderilmiştir. Böylece kullanılan materyaller fiziksel kabiliyetlerinin sınırlarında iş yapabilme imkânı bulmuştur (Özveri, 2018; Aslaner ve Doğukan 2018; Dönmez, 2020).

2.2. Türk yaylarının yapımında kullanılan ağaç türleri ve özellikleri

Türk yaylarının iskeletini meydana getiren ağaç türlerinin en başında akçaağaç türü olduğu tespit edilmiştir. Gündüz vd. (2013) kırık bir yaydan aldıkları ağaç parçasında yaptıkları çalışmada, anatomik özelliklerine göre kullanılan ağacın ova akçaağacı (*Acer campestre* L.) olduğunu belirlemişlerdir. Yay yapımında kullanılan akçaağaca Anadolu'nun çeşitli yerlerinde rastlanmakla beraber, yetişme yeri koşulları odunun mekanik özelliklerini etkilediğinden (Korkut ve Büyüksarı, 2006) uzun tecrübeler sonucu Gerede havalisinde yetişenler tercih edilmiştir (Yücel, 1999; Klopsteg, 2019). Asyalı yay ustaları bambuyu tercih etmelerine rağmen, Türk yaylarında en fazla ova akçaağacı (*Acer campestre*) ve Tatar akçaağacının (*Acer tataricum*) tercih edildiği bilinmektedir (Göksu, 2018). Akçaağacın sinirse (güç kırılan) ve nem çeken bir dokusu vardır; tutkalı iyi emer, işlenmesi güç bir ağaçtır (Kani, 1847). Farklı kaynaklarda yay yapımında değişik ağaçların kullanıldığına dair kayıtlara rastlanılmaktadır. Çin kaynaklarında Türklerin ok ve yay yapımında huş ağacı (*Betula* spp) kullandıklarına dair kayıtlar bulunmaktadır. Bazı kaynaklarda ise yay yapımı için huşun en uygun ağaç olduğu belirtilmekte, bazıları ise huş ağacı ile bir tür akçaağaç kastedildiğini vurgulamaktadır (Temizkan ve Çoban, 2015; Göksu, 2018). Yetiştigi yer ve odun dokusu dikkate alındığında huş ağacının sert dokulu ve dar yıllık halkalı olması sebebiyle tercih edilebileceği ve yay yapımı için uygun bir tür olduğu düşünülebilir. Bu ağaç yay yapımında kullanılabilirdiği gibi zar şeklinde kabukları ile yay kaplanarak sinirin nemden ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmesi (Acar ve Özveri, 2007) önlenmiş ve olumsuz dış şartlara karşı daha dayanıklı hale getirilmiştir. Bazı kaynaklarda kayın (*Fagus orientalis*) ağacının da yay

yapımında kullanıldığına dair kayıtlar bulunmaktadır (Göksu, 2018). Paterson, (1966) farklı akçaağaç türleri, kızılıklık ve dutun yayın farklı kısımlarında kullanıldığını bildirmektedir. Yine Türk yayları ile şekil olarak aynı kökten gelen Çin yaylarında *Cudrania tricuspidata*, *Catalpa ovata*, *Chaenomeles sinensis*, *Vitex pierreana*, *Morus* spp. *Carica papaya*, *Bambusa* spp. türleri kullanılmıştır (Wenren, 2013).

Salda kullanılan en iyi ağacın sert akçaağaç türleri olduğu, bazı reçinesiz ağaçların da kullanılabilirdiğini, ancak akçaağacın tutkalı emdikçe esnekliği çok arttığından, bu iş için çok uygun olduğu ifade edilmektedir Dönmez (2020). Türkçe kaynakların birinde porsuk ağacının da yay imalatında kullanıldığından bahsetmektedir (Klopsteg, 2019). Kızılıklık ağacının (*Cornus mas*) salda kullanılabilirdiği belirtilse de bunun yanlış olduğu (Dönmez, 2020) ve porsuk ağacının tutkallamak için sert ağaçlar gibi iyi performans göstermeyeceği (Karpowicz, 2018) bildirilmektedir.

Çoğu sert ağacın yoğunluğu 0.65 gr/cm^3 'den yüksektir ve bu yay yapımı için idealdir. Fakat meşe, dişbudak ve karaağaç gibi sert ağaçlar düzenli yıllık halka arzetmediklerinden yiv oluşturmak zordur ve uygun değildirler. Yay için en uygun ağaç, odun dokusu dağınık gözenekli ağaçlardır ve bilinen en iyi ağaç akçaağaçtır. Şeker akçaağacı da (*Acer saccharum* Marsh.) yay yapımı için ideal bir ağaçtır. Tatar akçaağacı (*Acer tataricum*) ise Türkler tarafından yaygın olarak kullanılmıştır. Ova akçaağacı (*Acer campestre*) ve elma (*Malus* spp.) ağacı da eski Türk yaylarında kullanılmıştır. *Ostraya virginiana*'da en az akçaağaç kadar iyi sonuç vermiş, bunun yanında *Betula alleghaniensis*'den çok iyi sonuç alınmıştır. Kızılıklık (*Cornus mas*) ve vişne (*Prunus cerasus* L.) ağaçları da başarı ile denenmiştir (Karpowicz, 2018). Şenarlan (2016) bir okçuluk risalesinde yayın tertibinde elma ağacı (*Malus* spp) kullanıldığından söz etmektedir. Balogh, (2006)'da ahşap iskeletlerin günümüze kadar ulaşmadığını ama ne tür ağaç kullanıldığını tahmin etmenin mümkün olduğunu bildirmektedir. İskelet için gerekli ağacın sert fakat esnek, hafif ve yapışmanın kolay olabilmesi için nem emici özelliğinin yüksek olması gerektiğini ve bunu akçaağaç, dişbudak ve huş ağaçlarının karşılayabildiğini ifade etmektedir.

Klopsteg (2019) bunların dışında limon, Maklora (*Maclura pomifera*), porsuk (*Taxus baccata*), beyaz dişbudak (*Fraxinus americana* L), (*Carya ovata*), akçaağaç (*Acer* spp.), kaya karaağacı (*Ulmus thomasi*), kırmızı ardıç (*Juniperus virginiana*) gibi ağaçların isimlerini zikretmektedir. Bu türlere ilaveten dut (*Morus* spp), yalancı akasya (*Robinia pseuduacacia*), tatlı huş (*Betula lenta*) ve okalıptus'un da uygun görüldüğünü bildirmektedir.

2.3. Yay yapımında kullanılan bazı ağaçların mekanik özellikleri

Kompozit yaylarda ağacın işlevi diğer materyallere göre daha azdır fakat boynuz ve sinirin yapılandırılacağı zemini oluşturur. Bu bakımdan tutkalı iyi kabul etmesi istenir.

Çizelge 1. Yay yapımında kullanılan bazı ağaçların mekanik özellikleri

Tür	Statik eğilme testleri (Nem oranı % 12) (Static Bending Tests-moisture content 12%)									
	Kırılma modülü- (Modulus of rupture- kPa)	Elastikiyet modülü- (MPa)	Liflere paralel basınç testi- (kPa)	Liflere dik basınç testi- (kPa)	Makaslama direnci- (kPa)	Dinamik eğilme (Şok) direnci- (mm)	Janka Sertlik- (N/cm ²)	Yoğunluk- (g/cm ³ -dry)	Uçlardan basınç testi (Endwise Tests (Lbs. per sq. Inch)	Uçlardan basınç testi (Modulus of elasticity)
<i>Fraxinus americana</i>	103000 ¹	12000 ^{1-b}	51100 ^{1-d}	8000 ¹	13200 ¹	1090 ¹	5900 ^{1-g}	0.60 ^{1-j}	4,220 ⁶	1,531,000 ⁶
<i>Fagus grandifolia</i>	103000 ¹	11900 ^{1-b}	50300 ^{1-d}	7000 ¹	13900 ¹	1040 ¹	5800 ^{1-g}	0.64 ^{1-j}	3,480 ⁶	1,412,000 ⁶
<i>Betula alleghaniensis</i>	114000 ¹	13900 ^{1-c}	56300 ^{1-e}	6700 ¹	13000 ¹	1400 ¹	5600 ^{1-g}	0.62 ^{1-j}	3,400 ⁶	1,915,000 ⁶
<i>Gleditsia triacanthos</i>	101000 ¹	11200 ^{1-b}	51700 ^{1-d}	12700 ¹	15500 ¹	1190 ¹	7000 ^{1-h}	0.60 ^{1-j}	4,970 ⁶	1,536,000 ⁶
<i>Acer rubrum</i>	92000 ¹	11300 ^{1-b}	45100 ^{1-d}	6900 ¹	12800 ¹	810 ¹	4200 ^{1-f}	0.54 ^{1-j}	-	-
<i>Acer saccharum</i>	109000 ¹	12600 ^{1-b}	54000 ^{1-d}	10100 ¹	16100 ¹	990 ¹	6400 ^{1-g}	0.63 ^{1-j}	3,670 ⁶	1,463,000 ⁶
<i>Maclura pomifera</i>	128600 ²	14460 ^{1-c}	70200 ^{1-e}	12600 ¹	13000 ^{1,3}	1550 ¹	11640 ²⁻⁴	0.91 ^{3-k}	5,810 ⁶	1,331,000 ⁶
<i>Robinia pseudoacacia</i>	134000 ¹	14100 ^{1-c}	50000 ^{1,3-d}		17100 ¹		7600 ^{1-h}	0.69 ^{1-j}		
<i>Acer campestre</i>	123000 ²	11800 ^{2-b}					5110 ^{2-g}	0.73 ^{4-k}		
<i>A. trautvetteri</i>		12216 ^{7-b}					7081 ^{7-h}	0.64 ^{5-j}		
<i>Ostrya carpinifolia</i>	110400 ²	11501 ^{8-b}	66940 ^{8-e}				7260 ^{2-h}	0.86 ^{11-k}		
<i>Ostrya virginiana</i>	141000 ²	11720 ^{2-b}					8270 ^{2-h}	0.79 ^{2-k}		
<i>Morus</i>	80600 ²	9320 ^{2-a}	49090 ^{1,3-d}				7470 ^{2-h}	0.67 ^{9-j}		
<i>Betula pendula</i>	114300 ²	13000 ^{10-b}	563308 ^{8-e}				5360 ^{2-g}	0.64 ^{2-j}		
<i>Taxus baccata</i>	104800 ²	9310 ^{10-a}					6760 ^{2-h}	0.68 ^{2-j}		
<i>Cornus mas</i>	115300 ²	13260 ^{2-c}	56870 ^{1,3-e}				9560 ^{2-h}	0.82 ^{2-k}		
<i>Fraxinus exelsior</i>	103600 ²	13400 ^{12-13-c}	52000 ^{1,3-d}		13000 ^{1,3}		6580 ^{2-h}	0.69 ^{2-j}		
<i>Acer tataricum</i>										

¹Bergmann, 2010; ²URL-1; ³Salem vd., 2013; ⁴11883; ⁵Birtürk, 2011-5; ⁶Record, 1914; ⁷Korkut vd, 2008; ⁸Korkut ve Güller, 2008; ⁹Gündüz vd,2009; ¹⁰Ruffinatto ve Crivellaro, 2019; Molinski vd, 2016; ¹¹Elyıldırım, 2008; Kartal ve Köse., 2000; ¹²Büyüksarı, 2006; Gündüz vd, 2010; ¹³Çetin ve Gündüz, 2017; ¹⁴Bozkurt ve Erdin (1990)'a göre elastikiyet modülü sınıfları (a-küçük-6000-1000 N/mm²; b-orta-10000-13000 N/mm²; c-büyük-13000-16000 N/mm²); ¹⁵Bozkurt ve Erdin (1990)'e göre liflere paralel basınç sınıfları (d-orta-35-55 N/mm²; e-büyük-55-85 N/mm²; not: çizelgedeki değerler kPa dan N/mm² ye dönüştürülerek sınıflandırma yapılmıştır); ¹⁶Bozkurt ve Erdin (1990)'e göre Brinell sertlik değeri sınıfları (f-küçük-35-50 N/mm²; g-orta-50-65 N/mm²; h-büyük-65-100 N/mm²; i-çok büyük-> 100 N/mm²; not: çizelgedeki değerler Janca sertlik değerlerinden Brinell sertlik değerine dönüştürülerek sınıflandırma yapılmıştır); ¹⁷Bozkurt ve Erdin (1990)'e göre ağaçların yoğunluk sınıfları: -j-orta ağırlıktaki ağaçlar 0.50-0.69 g/cm³; k-ağır ağaçlar, 0.70-0.99 g/cm³

Sal kısmı yayların en fazla çalışan kısmıdır ve yay kollarında kullanılan ağacın sıkışma ve gerilmelere dayanımı iyi olmalıdır (Boit, 1991). Ahşap, yaylarda boyutsal kararlılık yani çarpılmamasını sağlar (Reisinger, 2010). Yayın gerilmesi esnasında sıkışma ve gerilime en fazla sal kısmı maruz kaldığından, yayda meydana gelecek kırılma, boynuz veya sinirin atması gibi deformasyonlar bu kısımda daha fazla meydana gelmektedir. Ahşap esnek ve yeterince bükülme kabiliyetinde ise kırılma gerçekleşmez. Burda ağacın mekanik özelliklerinden; elastikiyeti, liflere dik eğilme direnci, liflere dik elastikiyet modülü ve makaslama direnci etkili olmaktadır. Yayın sal kısmına yüklenen enerji dikkate alındığında ahşabın maruz kalacağı mekanik zorlanmalar göz önüne alınarak bazı özellikler karşılaştırılmış ve yorumlamalar yapılmıştır. İnç²/libre olarak verilen değerler Mpa, kPa ve N/mm² ye çevrilmiştir.

2.4. Ağaçlarda elastikiyet modülü

Bir ağaç büküldüğünde dış kısımda (konveks) gerilme, iç kısımda (konkav) sıkışma meydana gelir ve bu etki kırılmaya sebep olur (Peck, 1957). Sert ağaçlar kırılmaya karşı daha fazla tolerans gösterir. Sertlik, liflerin gerilmesine, uzunluğuna, kalitesine ve liflerin dizilimine bağlı olup ağacın bükülebilir olmasını sağlar. Liflerin uzanış yönü de ağacın esnekliğini etkileyen bir husustur. Hızlı büyüyen ağaçlar tedricen daha zayıftır. 2.5 cm de 12-16 yıllık büyüme halkasına sahip ağaçlardan en iyi materyal elde edilir. Maksimum gerilme yükü ise 2.5 cm de 14-20 yıllık halkanın olduğu ahşaptadır. Bu bakımdan yavaş büyüyen ve sık yıllık halkaya sahip ağaçlar daha sert ve güçlüdür (Record, 2004; Bergmann, 2010; Usta, 2016). Ağaçların bükülmesi elastikiyet modülü ile yakından ilgilidir (Özden vd., 2009). Elastikiyet sınırındaki lif gerilmesi bir cismin mukavemetinin ölçüsüdür ve elastikiyet sınırı aşıldığında ağaç eski formuna dönemeyip deformasyon başlar, yüklemenin devam etmesi halinde kırılma meydana gelir. Burdan da anlaşılmaktadır ki elastikiyet modülü yüksek ağaçların esneme kabiliyeti daha fazla ve kırılmaya karşı daha mukavim ağaçlardır (Bozkurt, 1966). Elastikiyet modülünün yüksek olması (çok fazla deformasyon olmaksızın) güç bükülme (rijitlik) özelliğine sahip sert bir yapının mevcudiyetini gösterir. Hava kurusu halde test edilen ahşaplarda elastikiyet modülü 2500-17000 N/mm² arasında değişmektedir (Usta, 2016). Payne-Gallwey, (1907) Türk yaylarının eğilme direnci ve kabiliyeti yüksek ağaçtan yapıldığını belirtmektedir.

Ağaç malzemede direnç değerlerinin özgül ağırlığa oranlanması sonucunda elde edilen kalite değerleri (Güler vd., 2020) de yay yapımında kullanılacak ağaçlarda dikkate alınabilecek bir parametredir. Bükülme kalitesini yoğunluk, birim uzunluktaki yıllık halka sayısı ve sertlik gibi faktörler de etkilemektedir. Liflerin uzanış yönü de bükülme kalitesini etkilemektedir. Düz ve birbirine paralel life sahip ağaçların bükülme kalitesi çapraz lif dokusuna sahip olanlardan daha iyidir (Peck, 1957). Ağaçların bükülebilmesini sınıflandıran Bergmann, (1999) *Acer saccharum*, *Fraxinus americana*, *Fagus grandifolia*, *Betula lenga*, *B. alleghaniensis*, *Prunus serotina* gibi bazı türlerin tatminkâr düzeyde bükülenler,

Maclura pomifera, *Diospyros virginiana*, gibi türleri ise zor bükülen türler olarak sınıflandırmaktadır. Peck (1957) *Celtis occidentalis*'i kolay bükülen, *Tilia* spp. türlerini ise düşük kalitede bükülenler olarak sınıflandırmıştır. Çizelge 1 de yer alan ağaç türleri elastikiyet bakımından değerlendirildiğinde *Maclura pomifera* en yüksek, *Gleditsia triacanthos*'un ise en düşük olduğu görülmektedir. Türk yaylarının yapımında kullanılan *A. campestre* ise orta grupta yer almaktadır. Kırılma modülü açısından bakıldığında ise *Ostrya virginiana*'nın en yüksek kırılma modülüne sahipken, dut en düşük kırılma modülüne sahiptir. *A. campestre* ise yine orta grupta yer almaktadır.

Ters bükümlü (reflex) yaylarda yayın bükülmesi esnasında kırılmadan dayanabildiği azami yük değerleri de önemlidir. Test edilen ağaçlar arasında *Carya* spp. maksimum yük altında çalışma değeri 5.80 WML (8J) olarak belirlenmiştir. Uzun yayların yapımında kullanılan porsuk (*Taxus bacata*) ikinci sırada yer almakta olup maksimum yük altında çalışma değeri 3.02 WML (8J) dür. Bu türün, en yüksek özgül ağırlığa ve en yüksek mekanik enerji depolama kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca odun hücre duvarlarındaki ekstraktif maddeler mekanik enerji depolanmasını artırmaktadır (Moliński vd., 2016).

Yay yapımında kullanılacak ağaçlarda özellikle yayın kurulması ve çekilmesi esnasında yay kollarına gelen gerilme ve sıkışma kuvvetleri ağaç liflerine dik yöndedir. Yerli ağaç türlerimizde liflere dik eğilme dirençleri ile ilgili üretilmiş fazla veri olmadığından yorumlamalar statik eğilme dirençlerine göre yapılmıştır. Elastikiyet modülü göz önüne alındığında *Maclura pomifera*'nın en yüksek değere sahip olduğu *Robinia pseudoacacia*'nın ikinci sırada olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Statik eğilme direnci, bir veya iki tarafından tespit edilmiş ağaç malzemelerin liflere dik olarak tesir eden ve onu eğmeye çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dirençtir. Eğmeye yönelik tesir eden kuvvetlerin etkisi altında ağaç malzemede çekme, basınç ve makaslama gerilmeleri gelişir. Bu üç gerilme liflere paralel ortaya çıkar. Çekme gerilmeleri lifleri uzatma, basınç gerilmeleri kısaltma ve makaslama gerilmeleri ise ahşap kirişin alt ve üst tarafından kaydırmayı öngörür. Eğilmeye maruz kalan bir ağaç malzemenin yüksekliği genişliğinin 4 mislini asacak olursa yükleme esnasında çarpılma meydana gelmektedir (Bozkurt, 1966; Usta, 2016). Türk yayları, benzer kompozit yaylardan daha kısa ve daha kuvvetli çekiş kuvvetine sahiptir. Kısa yay kullanım kolaylığı yanında özellikle sal kısmının diğer yaylardan daha kısa olması kullanım esnasında çarpılmayı engellediği düşünülebilir.

Yay yapımında kullanılacak ağacın üniform bir büyüme ve dar yıllık halkalı olanı tercih edilmelidir. Yapılan atölye çalışmasında bükme esnasında geniş yıllık halkalı *A.campestre* odununun dar halkalı olanlardan daha kolay çatladığı tecrübe edilmiştir.

2.5. Ahşapta özgül kütle

Özgül kütle ahşabın mekanik özellikleri üzerinde etkilidir. Ahşabın yoğunluğu arttıkça mukavemeti de artar. Ahşapta yoğunluk kalın duvarlı ve az boşluklu hücrelerin oransal çokluğuyla gerçekleşir. Sert ağaçlarda yoğunluk sadece lif çeperlerinin kalınlığına değil, iletim demetlerinin ve paransima hücre boşluklarının dordurulmasına da bağlıdır. Özgül kütlenin yüksek olması aynı zamanda mekanik özelliklerini biraz iyileştiren sakız, reçine ve ekstraktiflerin varlığını gösterir (Bergmann, 2010). Ağaç malzemenin yoğunluğu arttıkça elastikiyet modülü de artmaktadır (Büyüksarı, 2006). Özgül kütlelerin karşılaştırılmasında *Maclura pomifera* en yüksek değere sahipken, *Acer rubrum*'un en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. *A. campestre* ise orta sıralarda bir özgül kütleyle sahiptir. *Maclura pomifera*'ya yakın yerli türlerimizden *Ostrya carpinifolia*'nın özgül kütlesi çok yakındır. Yay yapımında denenmesi gereken potansiyel türlerdendir (Çizelge 1). Sertlik değerleri bakımından ise yine *Maclura pomifera* en sert ağaçken bunu *Cornus mas* takip etmektedir. *A. campestre* ise düşüğe yakın bir sertlik değerine sahiptir.

2.6. Yapışma mukavemeti

Yay yapımcıları işe, yayın iskeletini oluşturan ve ana özelliği iyi tutkal emme olan ağaç ile başlarlardı (Paterson, 1966). Odunun dokusundaki gözenekli yapı tutkalın nüfuzuna izin vererek boynuzun sağlam bir şekilde yapışmasını sağlamaktadır (Allely vd., 1993). Bu bakımdan odunun fiziki ve mekanik özelliklerinin yanında tutkalı mükemmel şekilde kabul etmesi için anatomik vasıfları da önem taşımaktadır. Acar ve Özveri, (2007) yay fonksiyondayken maruz kalacağı sıkışma kuvvetlerine 'ağaçla tek parçaymışcasına' mukavemet göstermesi gerektiğini ifade etmektedir. Bunun için yayın iskeletini oluşturan ahşabın, kullanılan doğal tutkalla çok iyi uyum sağlaması ve çok sağlam bir yapışma yüzeyi oluşturması arzu edilir. Bergmann, (2010)'a göre ahşap yüzeylerin yapışmasında ağacın makro dokusu etkilidir ve odun dokusunda yapışma hem mekanik hem de kimyasal olarak gerçekleşir. Odun gözenekli bir yapıya sahiptir ve yapışma mekanizmalarından biri de mekanik bağlanmanın sağlanmasıdır. Yapıştırıcılar ağaçta bulunan boşluklara 2-6 hücre derinliğine kadar nüfuz eder. Yapıştırma kuvveti, yapıştırıcının hücreler arası boşluklara ve hücre duvarlarına nüfuz etmesiyle orantılıdır. Maksimum yapışmanın sağlanabilmesi için yapıştırıcının mikroskopik veya ahşabın kapiller boşluklarına, odun dokusuna nüfuz edebilmesi için yeterince akıcı (sıvı) olması gerekir. Tutkal moleküllerinin ağacın molekülleri ile doğrudan temas etmesi iyi mekanik bağlanmayı sağlar ve tutkal ile ahşap moleküller olarak bağlanmış olur. Pizzi, (1989) yay yapımında hayvansal tutkallarla (deri, sinir ve balık tutkalı) yapıştırıldığında özellikle son katmanlar arasında esnek ve yüksek mukavemetli bir yapışma sağlandığını bildirmektedir.

Yay kollarına yapıştırılan boynuz ve sinirin maksimum yapışması için odunun yüzey dokusunu oluşturan gözenek yapısı önemlidir. Ağacın diğer özellikleri çok iyi olsa bile

yapışma özelliklerindeki kusurlar kompozit yayların yapımında zayıf nokta oluşturacaktır. Bergmann, (2010) Ağaçta yapışmayı etkileyen bir diğer faktörün odundaki ekstraktifler olduğunu ve yüzeyde meydana gelen ekstraktif bulaşımın yapışmaya engel olduğunu belirtmektedir. Özellikle suda çözünebilir ekstaktifler ağacın kuruması esnasında buharlaşmayla ağaç yüzeyine çıkarak kurumakta ve yapışmayı engelleyen bir tabaka oluşturmaktadır. Bunlar hücre duvarlarında bulunan organik veya mineral maddelerdir. Yüzeydeki bu maddeler farklı etkiler göstererek yapışma performansını azaltır veya engeller. Örneğin *Betula alleghaniensis*'in odun yüzeyindeki linoleik asitin oksidasyonu ve esterleşmesi nedeniyle ıslanabilirliği zayıftır. Bu tür su itici özelliği olan maddeler yapışmayı engellemektedir. Ağacın yapısında bulunan doğal ekstraktifler; reçine, yağlar, yağ asitleri, alkollü yağlar, fenoller, terpenler, steroidler, reçine asitleri, mumlar ve diğer birçok küçük moleküllü organik bileşikler ile aşırı kurutma, kimyasal maddelerle yüzey dokusunun değişmesi gibi etkenler yapışma performansını azaltmaktadır. Bu ekstraktifler genellikle yüksek yoğunluklu ağaçlarda bulunmaktadır (Rowell, 2005; Kumar ve Pizzi, 2019).

Tutkalın yapışma performansını ağacın yoğunluğu da etkilemektedir. Yüksek özgül ağırlığa sahip ağaçlarda hücre duvarları kalın, lümenleri küçük, düşük yoğunluklu ağaçların ise hücre duvarları ince ve lümenleri büyüktür. Yapışma etkinliği genellikle odun özgül ağırlığının 700-800 kg/m³'e kadar artarken (% 12 nem oranında) bu değerlerin üzerinde ise sağlam bir yapışma elde etmek güç olmaktadır. Bunun sebebi yüksek yoğunluklu ağaçların ince hücre duvarlarının ve küçük lümen yapısının tutkalın nüfuzunu güçleştirmesidir. Yapışma performansına göre sınıflandırıldığında *Fagus grandiflora*, *Acer saccharum*, *Quercus alba*, *Betula lenga*, *B. alleghaniensis*, *Prunus serotina* gibi türler tatminkâr bir yapışma performansı sağlarken, *Maclura pomifera*, *Diospyros virginiana* gibi türlerin güç yapıştığı (Burtgon, 1953) bilinmektedir. Ağacın dokusunda mikron boyutunda yer alan porozlu yapısından dolayı tutkalın hücre duvarlarına nüfuz etmesi mümkün olur ve sağlamlığını artırır (Bergmann, 2010; Kumar ve Pizzi, 2019).

Gündüz vd. (2013) tarafından belirlendiği üzere Türk yayında *Acer campestre* kullanılmıştır. *A. campestre*'nin odun yoğunluğu 0.73 gr/cm³ olarak bulunmuştur (Birtürk, 2011). Bu ağacın odunu ince dokulu, sık yıllık halka yapısına sahiptir ve laboratuvar testlerinde de tespit edildiği üzere tutkalı son derece iyi kabul etmektedir (Klopsteg, 1987; Gündüz vd., 2013). Sık dokulu akçaağaç (dar yıllık halkalı) odunu tamamen tutkala batırıldığında büyük bir esneklik kazanmaktadır. Laboratuvar testlerinde de akçaağacın tutkalı oldukça iyi kabul ettiği ve mobilya ağaçları arasında en iyi yapışanlardan biri olduğu belirlenmiştir (Klopsteg, 2019).

Akçaağacın kolay bükülme ve işlenebilme gibi özelliklerinin yanında iyi tutkal tutma özelliğinin de yay yapımı için tercih edildiği düşünülebilir. Yoğunluk ve tutkallama kabiliyeti bakımından 70-80 gr/cm³ (± 10 gr/cm³) değerleri arasındaki türler incelendiğinde; *Fraxinus americana* (0.60), *Gleditsia*

triacanthos (0.60), *Fagus grandifolia* (0.64), *Acer saccharum* (0.63), *Betula alleghaniensis* (0.62), *Robinia pseudoacacia* (0.69), *Acer trautvetteri* (0.64), *Morus* (0.67), *Huş* (0.65), *Dişbudak* (0.69), *Fagus grandifolia* (0.64), *Ostraya carpinifolia* (0.86), gibi ağaç türlerinin de uygun olabileceği düşünülebilir. Fakat yay yapımında odun yoğunluğu tek kriter değildir. Bunun yanında eğilme direnci ve elastikiyet modülü gibi mekanik özelliklerinin de çok iyi olması gerekir. Nitekim *Fagus orientalis* yoğun bir odun dokusu olmasına rağmen elastikiyet bakımından zayıftır ve daha kırılıgandır. Bunun yanında basit yayların yapımında kullanılan *Maclura pomifera* (0.91)'nin daha güç yapışma özelliğine sahip olduğu söylenebilir. Diğer mekanik özelliklerinin çok iyi olmasına rağmen içerdiği ekstraktifler nedeniyle *Maclura* odununun yoğunluğu çok yüksektir. Bu tür ekstraktifler ölü odun kısmında bulunduğundan odunun suda bekletilmesi ile uzaklaştırılabilir (Burtgon, 1953; Bergman, 2010). Yay depoladığı potansiyel enerjinin tamamını etkili bir şekilde oka aktaramaz. Yay kolları ve özellikle yay başları ağır yaylarda, hafif olanlardan daha fazla enerji sarfiyatı olmaktadır Paterson, (1966). Bu nedenle ahşabın bükülebilmesi için suda bekletme aşamasından sonra buharı maruz bırakılan veya kaynatma aşamalarında ekstraktif maddelerde azalma olacak ve hafifleyecektir. Diğer mekanik özellikleri dikkate alındığında *Maclura*'nın Türk yayı yapımında kullanılabilirliğinin denemesi uygun olacaktır. Yine özellikle öz odununda renklenme olan dutun da ekstraktif maddelerinden arındırıldıktan sonra yay yapımında kullanılma potansiyeli vardır.

Ostrya carpinifolia'nin yay yapımı için çok uygun bir tür olduğu ve iyi yay yapılabileceği belirtilmektedir (Süleyman Cem Dönmez, sözlü görüşme). Diğer yandan bu türün odunu çok ağır ve sert olup işlenmesi güç (Kartal ve Köse, 2000) ve kurutulduğunda çatlamaya meyilli olduğu ifade edilmektedir (Pasta vd., 2016). Korkut ve Güller (2008) ise *Ostrya carpinifolia* odununun kalite sınıflamasında iyi grupta yer aldığını vurgulamaktadır.

Sonuç

Türk yayı yapımında üzerinde durulması gereken türlerden biri maklora ağacıdır. Boynuz ve sinirin yapışma özellikleri bakımından bir olumsuzluk ortaya çıkmadığı takdirde sal yapımında kullanılabilir bir türdür. Burns (2004) ve Betts (1945) makloranın yay yapmak için *Calycophyllum candidissimum*, *Taxus baccata*, *Carya* spp. ve *Fraxinus* spp. gibi diğer ağaçlardan çok daha iyi ve ısı uygulandığında kolaylıkla bükülebilir olduğunu vurgulamaktadır. Klopsteg (1987; 2019) yaptığı denemelerde, yüksek özgül ağırlığa sahip makloranın inanılmaz bir sertlik, çok iyi bir esneme ve sıkışma özelliği olduğunu ve boynuzla yakın özellik taşıdığını ifade etmektedir. Bu özellikleri ile bir yay ustası için muhtemelen boynuzdan sonra gelen en iyi malzeme olduğunu ve uzun yaylarda kullanılan birçok ağacın kompozit yay kollarında kullanım için de uygun olduğunu bildirmektedir. Ayrıca *Morus* spp., *Diospyros virginiana*, *Robinia pseudoacacia*, *Betula lenta*, ve *Eucalyptus globulus* türlerinin uygun olabileceği kanaatindedir. Porsuk ve makloranın ise en

iyisi olduğunu bildirmektedir. Burns, (2004) ve Grayson vd., (2007) de *Carya ovata*, *Fraxinus americana*, *Robinia pseudoacacia* ve *Taxus* gibi türlerden yay yapılmasına rağmen *Maclura pomifera*'nın daha iyi olduğunu belirtmektedir.

Sürekli yük altında ağaç malzemenin eğilme direncinin % 50-75 oranında düştüğü belirlenmiştir (Usta, 2016). İyi bir yay 200 yıl kadar kullanıldığından seçilen ağacın sürekli yüklenme halinde bile eğilme direncinin düşmemesi beklenir. Türk yaylarını mükemmel yapan şey, seçilen materyallerin gelişigüzel değil binlerce yıllık bilgi, tecrübe ve emeğin ürünü olmasıdır.

Yay kurulurken ve germe esnasında sal kısmına gelen yüklere karşı kırılmaya karşı direnç göstermesi ve çarpılma olmaması için makaslama direncinin yüksek olması istenir. Bu bakımdan liflere paralel baskı kuvvetlerine dayanıklı ve makaslama direnci yüksek türler daha avantajlı konumdadır. Bu özellikler bakımından *Maclura pomifera*, *Gleditsia triacanthos* türleri öne çıkmaktadır. Yerli türlemizle ilgili detaylı mekanik analizlere ulaşılamadığından mukayese imkânı olmamıştır. Özellikle *Acer tataricum* yay yapımında son derece uygun bir ağaç olmasına rağmen mekanik özellikleri ile ilgili bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Yay yapımında seçilecek ağacın elastikiyet limiti değerlerinden yararlanılabileceği gibi ağacın yoğunluğu ve kullanılan yapıştırıcı maddeye verdiği tepki de dikkate alınmalıdır. Türk yaylarında kullanılan boynuz ile sinir, yayın esnekliğini ve sağlamlığını sağladığından yayın ayrılmaz iki parçasıdır. Kullanılan yapıştırıcı madde ile uyumlu olmayan, yani iyi yapışmayan bir ağaç ne kadar esnek ve kırılmaya karşı ne kadar dayanıklı olursa olsun yay yapımında kullanılamayacaktır. Ülkemizde yetişen ağaç türlerinden kayın gövdeli akçaağaç, tatar akçaağacı, kayacık, huş, dut, maklora, yalancı akasya, iğde, ahlat, gladiçya, yabani kiraz gibi ağaçların yay yapımı için kalite özellikleri belirlenmeli ve yapışma performansları incelenmelidir.

Teşekkür

Bu çalışmanın iyileştirilmesinde yaptığı önerilerden ve katkılardan dolayı Doç. Dr. Nadir YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

- 11883-Report of Tests on The Strength of Structural Material, Made at The Watertown Arsenal, Mass. During The Fiscal Year Ending June 30.
- Acar, Ş., Özveri, M., 2007. Yayı Yusuf Beşe terekisinin düşündükleri. *Osmanlı Bilimi Araştırmaları* IX/1-2: 120-134.
- Asbell, G.F., Baker, T., Comstock, P., Grayson, B., Hamm, J., Herrin, A., Massey, J., Parker, G., 1993. The Traditional Bowyer's Bible-Volume two. The Lyon Press, Pp: 324.
- Aslaner, O.D., 2018. Yukarı Dicle Havzası Çanak Çömlüksiz Neolitik Dönem Ok Uçlarının Deneysel Çalışması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

- Balogh, C., 2006. Karpat Havzası'nda bir Avar yay ustasının mezar kalıntıları eski Türklerde bileşik (Kompozit) yay yapımına ilişkin arkeolojik bulgular. *Art-Sanat* 6: 109-120.
- Bergmann, S.S., 1999. Forest Products Laboratory. Wood handbook—Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Pp:463.
- Bergmann, S.S., 2010. Forest Products Laboratory. Wood handbook—Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Pp:509.
- Betts, H. S., 1945. Osage Orange (Madura pomifera), American Woods, 1-4.
- Birtürk, T., 2011. Karadeniz Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Akçağaç (*Acer L.*) Taksonları Oduklarının Anatomik Özellikleri ve Farklı Yetiştirme Koşullarının Bu Özellikler Üzerine Etkisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Boit, B.A., 1991. The Fruits of Adversity: L Technical Refinements of The Turkish Composite Bow 't'. During The Crusading Era, The Ohio State University. Degree: Master of Arts, Pp 180.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N., 1990. Ticarete kullanılan ağaçlarda fiziksel ve mekanik özellikler. *Orman Fakültesi Dergisi, (Forestrist)*, Sayı 40, 6-24.
- Bozkurt, Y., 1966. Ağaç malzemenin mekanik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, seri B Cilt XVI Sayı 2, 42-60.
- Burns, L.F., 2004. History of The Osage People. The University of Alabama Press Tuscaloosa and London, The University of Alabama Press, Pp: 593.
- Burtgon, J. D., 1953. Osage-Orange (*Maclura pomifera* Raf. Schneid.). US. Government Printing Office: 1973–O-489-516.
- Büyüksarı, Ü., 2006. Bölge Farklılığının Kayın Gövdeli Akçağaç (*Acer Trautvetteri* Medw.) Odunun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çetin, F., Gündüz, G., 2017. Türkiye'deki bazı ağaç türü odunlarının mekanik özellikleri üzerine yapılan araştırmaların değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 161-181, DOI: 10.24011/barofd.306723.
- Dönmez, S.C., 2020. Bir mühendslk dehâsı: Osmanlı kompozit yayı. www.trendaz.com/tr/?page_d=578-27.10.2020.
- Elyıldırım, Y.K., 2008. Gürgeç Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop) Odunu'nun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkileri. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 106 s.
- Ergin, A., Çetin, A., 2015. İslambol Okçuları. (Risale-i Bahtiyarade Hasan Çelebi). Astana yayınları, Ankara. Baskı Aydan web ofset, S. 220.
- Göksu, E., 2018. Okla Yükselen Millet, Türklerde Ok ve Okçuluk, Okçular Vakfı Yayını, Alioğlu Matbaacılık Basım yay. İstanbul, s: 293.
- Grayson, C.E., French, M., and O'Brien, M.J., 2007. Traditional Archery From Six Continents: University of Missouri University of Missouri Press, Columbia. Pp: 269.
- Güler, C., Kulaç, Ş., Özyürek, Ö., 2020. Türkiye'de yetişen sahil sekoyası (*Sequoia sempervirens* Lamb. Endl.) odununun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri. *Bartın orman Fak. Dergisi* 22 (3): 832-840. DOI: 10.24011/barofd.767111.
- Gündüz, G., Yaman, B., Özden, S., Dönmez, S.C., 2013. Anatomy of wooden core of Ottoman composite archery bows. *Sains Malaysiana* 42 (5): 547-552.
- Gündüz, G., Yıldırım N., Şirin, G., Onat, S.M., 2009. Ak dut ağacının anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri, *Düzce Üniv. Orman Fakültesi, Ormanlık Dergisi*, 5:1, 131-149.
- Gündüz; G., Özden, S., Tekçe, M.S., 2010. Türkler'de ahşap ok yapımı, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 12, Sayı: 17, 111-122, ISSN: 1302-0943 EISSN: 1308-5875.
- Kaegi W.E., 1964. The conurbation of archery to the Turkish conquest of Anatolia. *Speculum, A Journal of Mediaeval Studies*, XXXIX, sa.s 96-108 (Anadolu'nun Türkler tarafından fethine okçuluğun katkısı-Türkçe Çeviri Yusuf Ayönü-<https://dergipark.org.tr/tr/pub/egetid/issue/5043/68751>).
- Kani, M., 1847. Telhis-i Resailü'r- Rumat, s. 159-160, İstanbul (Matbaa-iAmire) 1263.
- Karpowicz, A., 2018. Osmanlı Türk Yayları, İmalî ve Tasarım. Okçular Vakfı Yayınları, Araştırma İnceleme 2. Alioğlu Matbaacılık Basım. Yay. İstanbul. S:248.
- Kartal, S. N., ve Köse, C., 2000. Some anatomical properties and wood density of *Ostrya carpinifolia* Scop. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi Seri A*, vol.50, 167-176.
- Klopsteg, P.E., 1987. Turkish Archery And The Composite Bow. Enlarged Third Edition, Butler&TannerLtd, Fromeand London, Great Britain. Pp:222.
- Klopsteg, P.E., 2019. Türk Okçuluğu. Okçular Vakfı Yayını. Erden Yayınları Tic. Aş. İstanbul. S:272.
- Kooi, B.W., 1983. On the Mechanics of the Bow and Arrow. PhD-thesis, Mathematisch Institut, Rijksuniversiteit Groningen, The Netherlands.
- Kooi, B.W., 1994. The design of the bow. *Proceedings Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* 97(3): 1-27.
- Kooi, C.A., Bergman, B.W., 1997. An approach to the study of ancient archery using mathematical modelling. *Antiquity* 71:(271) 124-134.
- Korkut, M., Kök, S., Korkut, D.S., Gürleyen, T., 2008. The effects of heat treatment on technological properties in Red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology* 99 1538-1543.
- Korkut, S., Büyüksarı, Ü., 2006. Some mechanical properties of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood grown in different districts. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, Cilt 2 (2):24-31.
- Korkut, s., Güller, B., 2008. Physical and mechanical properties of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. *Bioresource Technology* 99(11):4780-5 DOI: [10.1016/j.biortech.2007.09.058](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.058).

- Kumar, R. N. ve Pizzi, A., 2019. Adhesives for Wood and Lignocellulosic Materials . by John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA. Pp:516.
- Küçük, M.A., 2018. İslâm öncesinden sonrasına Türk geleneğinde bir yaşam stili:“Okçuluk. *Internabntional Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)*, 4(1): 178-191.
- Latham, J.D., Paterson, W.F., 1970. Saracen Archery. An English Version and Exposition of a Mameluke Work on Archery. (A.D. 1368). The Holland Press, London. Pp:137.
- Metin, T., 2014. Selçuklularda okçuluğa genel bir bakış. *Tarih Okulu Dergisi (TOD) Yıl 7, Sayı XVII, ss. 131-153*. DOI No: <http://dx.doi.org/10.14225/Joh457>.
- Moliński, W., Mania, P., Tomczuk, G., 2016. The usefulness of different wood species for bow manufacturing. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, Vol. 58 (4), 183–187.
- Onay, İ., 2015. İslam öncesi Türk kültüründe avcılığın temelleri ve iktisadi, askeri, dini değeri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 8 Sayı: 41, 516-525.
- Öngel, H.B., 2001. Gelişim sürecinde erken iç asya türk okçuluğu. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 21, Sayı 2*, 189-215.
- Özden, S., Gündüz, G., Onat, S.M., 2009. Türkler’de yay yapımı ve ağaç kullanımı, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi Cilt:5, Sayı:1*, 150-169.
- Özgen, M. 2010. Osmanlı şenliklerinde bir gösteri sporu; kabak oyunu. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 2(1), 378-393.
- Özveri, M., 2018. Türk Yay ve Av: Dünü, bugünü ve Uygulamaları, Gezegen Yayınları: İstanbul. S:212.
- Pasta, S., de Rigo, D., Caudullo, G., 2016. *Ostrya carpinifolia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-MiguelAyanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., Mauri, A. (Eds.), *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg.
- Paterson, W.F., 1966. The archers of Islam. *Journal of the Economic and Social History of the Orient*, Vol. 9, No. 1/2, pp. 69-87.
- Payne-Gallwey, R.W.F.,1907. A summary of the history, construction and effects in warfare of the projectile-throwing engines of the ancients, with a treatise on the structure, power and management of Turkish and other oriental bows of mediaeval and later times, London: Longmans, green & co.
- Peck, E.C., 1957. Bending Solid Wood to Form. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook No. 125, pp 39, U. S. Government Printing Office Washington 25, D.C. Pp:48.
- Pizzi, A., 1989. Wood Adhesives. CRC Press Taylor-Francis Group, New York, Pp. 437.
- Record, S.J., 1914. The Mechanical Properties of Wood Including a Discussion of the Factors Affecting the Mechanical Properties, and Methods of Timber Testing. To The Staff of The Forest Products Laboratory, at Madison, Wisconsin. Pp 93.
- Record, S.J., 2004. The Mechanical Properties of Wood Including a Discussion of the Factors Affecting the Mechanical Properties, and Methods of Timber Testing. The Project Gutenberg eBook of The Mechanical Properties of Wood, Pp:93.
- Reisinger, M.N., 2010. New evidence About composite bows and their arrows in inner Asia. *The Silk Road* 8: 42–62.
- Rowell, R.M., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. by CRC Press, Taylor & Francis Group. Pp:487.
- Ruffinatto, F., Crivellaro, A., 2019. Atlas of Macroscopic Wood Identification, With a Special Focus on Timbers Used in Europe and CITES-listed Species. Springer Nature Switzerland. Pp:439.
- Salem, M.Z.M., Mohamed, N.H., Nashwa, H., 2013. Physico-chemical characterization of wood from *Maclura Pomifera* (Raf.) C.K. Schneid. adapted to the Egyptian environmental conditions. *Journal of Forest Products & Industries*, 2(2), 53-57 ISSN:2325–4513.
- Selby, S., 2000. Chinese Archery. Hong Kong University Press, Aberdeen Hong Kong Pp: 445.
- Şenarslan, N.F., 2016. Osmanlı sahasında tercüme edilmiş ilk okçuluk risalesi: Umdetü’l-Mütenâsîlîn, A. Ü. *Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi [TAED]* 56: 1077-1104.
- Şenarslan, N.F., 2018. Mahmud b. Muhammed b. El-Hasan El-Ezherî Es-Sarayî Ed-Derbendî’nin Bugyetü’l-Merâm Gâyetü’l-Garâm Şer-hi: Kavş-Nâme, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Yıl: 6, Sayı: 64, s. 412-426.
- Temizkan, A., Çoban, R.E., 2015. Dedem Korkut kitabındaki silah terminolojisi üzerine bir inceleme. *Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi/Journal of Turkish World Studies* 15/2: 15-28.
- URL-1-<https://www.wood-database.com/dogwood/>.
- URL-2 http://www.tirendaz.com/tr/?page_id=578.
- Usta, İ., 2016. Ahşap: mekanik özellikler. *Yapı Dünyası*, Ocak-Şubat. 14-31.
- Wenren, J., 2013. Ancient Chinese Encyclopedia of Technology. Routledge, 2 Park Square Milton Park, Abingdon. Pp:256.
- Yücel, Ü., 1999. Türk Okçuluğu. Atatürk Yüksek Kurumu, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları: 182. Gün ofset, Ankara. S:432.
- Yücel, Ü., 1968. Sultan Mahmut II. devrinde okçuluk. *Türk Etnoğrafya Dergisi*, Sayı X, 89-102.