

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Plantasyon Alanlarında Motorlu Testere İle Kesimde Zaman Tüketimi, Verimlilik ve Maliyet Analizi

Tolga Öztürk¹, Batın Mehmet Yer², Muhittin İnan³

^{1, 2, 3} İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 03.04.2024

Kabul: 10.06.2024

Yayın: 15.08.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Ülkemizde artan nüfus sayısına göre odun hammaddesi ihtiyacı da artış göstermektedir. Oluşan bu talep ve artış nedeniyle odun hammaddesinin kesim süreci verim, maliyet, iş güvenliği ve çevresel zararlar açısından önemli bir hal almıştır. Bu çalışmanın amacı, İstanbul Sarıyer bölgesinde yer alan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) plantasyonlarında Husqvarna 365 motorlu testere ile yapılan kesim, dal alma, ölçme ve boylama çalışmalarında zaman tüketimi, verimlilik ve maliyeti tespit etmektir. Bu amaçla motorlu testere ile yapılan çalışmalarda zaman etütleri yapılmıştır. Bu zaman etütleri sonucunda ortalama 12.62 m boyunda ve 21.41 cm göğüs yüksekliği çapına sahip karaçam meşcerelerinde kesme verimi 2.825 m³/sa olarak bulunmuştur. Zaman etütleri sonucunda bir ağacın ortalama kesim süreci 5.31 dakika/sefer olarak belirlenmiştir. Bunun yanında, yapılan çalışmada motorlu testere ile kesim çalışmasının maliyeti 5.53 \$/sa ve 1.96 \$/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, motorlu testerenin yakıt tüketimi 1.85 lt/sa olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, motorlu testere verimliliğinin ağaç çapı ve dal alma-boylama ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler – Husqvarna, maliyet, odun üretimi, verimlilik, zaman ölçümleri

Time Consumption, Productivity and Cost Analysis of the Motor Manual Tree Felling in the Black Pine (*Pinus nigra* Arnold.) Plantation Areas

^{1, 2, 3} Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Istanbul, Turkey

Article History

Received: 03.04.2024


Accepted: 10.06.2024


Published: 15.08.2024


Research Article

Abstract – The need for wood raw materials also increases with the increasing population in our country. Due to this demand and increase, the cutting process of wood raw material has become important in terms of efficiency, cost, occupational safety, and environmental damage. The aim of this study is to determine the time consumption, productivity, and cost of cutting, branching, measuring, and bucking works carried out with a Husqvarna 365 chainsaw in black pine (*Pinus nigra* Arnold.) plantations located in the Sarıyer region of Istanbul. For this purpose, time studies were carried out with a chainsaw. As a result of these time studies, the productivity of black pine stands with an average height of 13 m and a breast height diameter of 21 cm was found to be 2.825 m³/hour. Additionally, the average cutting process of a tree was found to be a total of 5.31 minutes per session. Furthermore, the cost of cutting with a chainsaw is \$5.53 per hour and \$1.96 per m³. In addition, the fuel consumption of chainsaw calculated as 1.85 L/hour. As a result, the study found that the efficiency was related to tree diameter and the amount of bucking.

Keywords – Husqvarna, cost, wood production, productivity, time measurements

¹  tozturk@iuc.edu.tr

²  batinyer@iuc.edu.tr

³  inan@iuc.edu.tr

* Corresponding Author/ Sorumlu Yazar

1. Giriş

Ülkemizde odun hammaddesi üretimi çok yoğun iş gücünün kullanıldığı çalışmalardır. Bu çalışmalar basit olarak birbirini takip eden iki safhadan oluşmakla birlikte detaya inildiğinde birçok aşamadan meydana geldiği görülmektedir. İlk aşama kesim aşaması olup, kesme, devirme, dal ve tepe alma, ölçme ve boylama işlemlerini içermektedir. Ağaç türü (ibreli) ve istenilen ürün cinsine göre bu aşamalara soyma çalışmaları da eklenir. Üretim çalışmalarında maliyet ve verimlilik haricinde motorlu testerenin kullanımı iş güvenliği açısından önemlidir ve iş kazaları en fazla bu aşamada gözükmemektedir (Jourgholami ve Abari, 2017). Taşıma olarak adlandırığımız ikinci aşamada ise kesilerek bölme içerisinde hazırlanan ürünlerin farklı araçlar ve tekniklerle öncelikle bölmeden çıkarılması daha sonra da depolara ve piyasaya ulaştırılmasıdır.

Odun hammaddesinin üretiminde kesme olarak adlandırılan süreçte motorlu testere yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında harvester ve fellerbuncher gibi özel üretim araçları da kesim çalışmalarını yapabilmektedir. Üretimde mekanizasyon kullanımının artması operasyonel maliyetleri de arttırmaktadır (Conway, 1982). Aynı zamanda, kesim alanında kalan meşcerelerde çevresel zararlar da görülebilmektedir (Wang vd., 2004; Öztürk ve İnan, 2022). Bunun yanında, özel üretim araçları ile yapılan kesme çalışmalarında verim daha yüksektir ve iş güvenliği açısından daha elverişli çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Labelle vd., 2017). Günümüzde dünya üzerinde ormancılık çalışmalarının yapıldığı alanlarda farklı tipte kombine üretim araçları kullanılsa da motorlu testere halen yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde de kesme, devirme, dal ve tepenin alınması, boylama çalışmalarında motorlu testere kullanılmaktadır. Üretim çalışmalarında kullanılan motorlu testere farklı büyüklük ve tipte olabilir. Orta çaplı ağaçların kesiminde orta ağırlıktaki motorlu testere, kalın ağaçların kesiminde ise ağır motorlu testere kullanılmaktadır (Yıldırım, 1989).

Üretim maliyetleri kesme, sürütme, istif, yükleme, taşıma ve boşaltma çalışmalarından oluşmaktadır (Ghaffarian ve Sobhani, 2007). Kesme aşamasında verim ve maliyet; arazinin yapısı, eğim, toprak tipi, meşcere tipi (ibreli, yapraklı, karışık), meşcere çağı, kesim tekniği (seçme, traşlama, bakım), ağaçlar arasındaki mesafe, hektardaki ağaç serveti, ağaç boyutu, dal yapısı, diri örtü, operatör yetkinliği ve hava durumuna göre değişiklik göstermektedir (Sobhani, 1984; Acosta vd., 2018; Ignea vd., 2017; Balimunsi vd., 2012; Wang vd., 2004; Magognotti vd., 2012; Öztürk ve İnan; 2022; Borz ve Ciobanu, 2013; Hartsough vd., 2001; Peterson, 1987).

Ağaçların kesim çalışmalarında operatörlerin deneyimi özellikle çok önemlidir. Operatör ağacın yetiştirme koşullarına göre bölme içerisindeki mevcut durumunu iyi bir şekilde incelemelidir. Ağacın tepe yapısına, eğikliğine, lif kıvrıklığına, çevredeki ağaçların ve fidanların konumu vb. birçok durumu göz önüne aldıktan sonra kesim çalışmasını gerçekleştirmesi gerekir. Bu şekilde dikkatli bir biçimde yapılan çalışmalar neticesinde ürüne zarar gelmemesinin yanında çevresel zararlar da minimuma inecektir. Aynı zamanda bölme içerisinde çalışan işçilerin iş güvenliği maksimum düzeyde sağlanmış olacaktır.

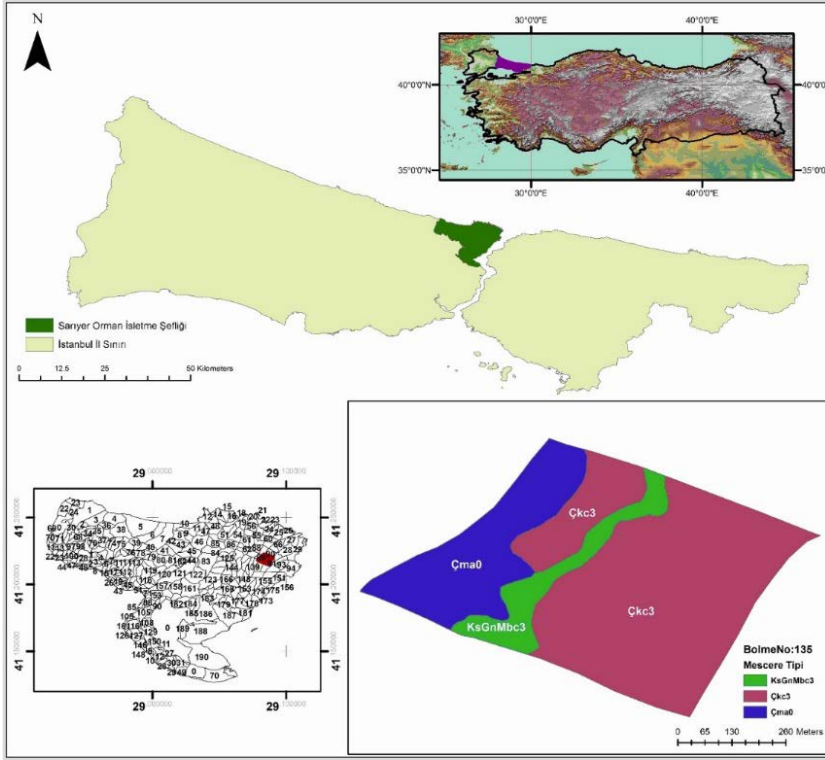
Bu çalışmada karaçam plantasyon sahalarında kullanılan motorlu testerenin kesme, dal alma ve boylama çalışmalarındaki verimliliği incelenmiştir. Motorlu testerenin verimi yanında maliyet analizi, yakıt tüketimi ve zaman tüketimi gibi konular araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Araştırma Alanı

Bu çalışma, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu bölme içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sarıyer Orman İşletme Şefliği 5,214.6 ha ormanlık, 374.5 ha verimsiz (bozuk), 3,962.9 ha açıklık alan ve 991.8 ha Özel Orman olmak üzere toplam 10,543.8 ha alanı kaplamaktadır. Şefliğin kuru ormanı toplam serveti 217.291 m³, baltalık ormanı toplam serveti 65.406 ster'dir.

Plan ünitesinin kuru ormanı toplam artımı 14.194 m³, baltalık ormanı toplam artımı ise 5.812 ster'dir. Bölge 41°08'13" - 41°15'54" kuzey enlemleriyle, 28°56'01" - 29°06'59" doğu boylamları arasında yer almaktadır (OGM, 2023) (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı

Çalışmanın yapıldığı 135 nolu bölmenin büyüklüğü 28.3 ha olup, bölme Çkc3, Çma0 ve KsGnMbc3 çağlı meşcerelerden oluşmaktadır. Bölme içerisinde kesim yapılan alan Çkc3 çağındaki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) plantasyon sahalarıdır. Çalışma Eylül 2022 ve Aralık 2022 tarihleri arasında 3 ay süre ile gerçekleştirilmiştir. Bölme içerisinde kesilen ağaç sayısı 4501 adet olup, mevcut dikili gövde hacmi 1,083.105 m³ olarak belirlenmiştir. Ağaçların kesim çalışmalarında iki adet operatör çalışmıştır. Operatörlerin yaşları 55-60 arasındadır. Operatörler yaklaşık 25-30 yıldır bu işi yapmakta olup, deneyimli işçilerdir. Bölme içerisinde ortalama arazi eğimi %2-10 arasında değişiklik göstermektedir (Düz ve hafif eğimli). Bölme içerisinde yoğun bir diri örtü bulunmaktadır (Şekil 2). Özellikle sarılıcı ve dikenli bitkilerin yoğun olması alan içerisinde yürüme zamanını ve kesme çalışmalarını etkilemiştir. Bölme içerisinde üretilen ürünler 1.25 m boyunda sanayi odunu şeklindedir.



Şekil 2. Motorlu testere kullanımı ve bölmedeki yoğun bitki örtüsü

2.2. Verilerin toplanması

Sarıyer bölgesinde 135 nolu bölmede gerçekleştirilen çalışmada 37 karaçam ağacı motorlu testereyle kesilmiş ve ağaç kesimi üzerine zaman etüdü çalışması yapılmıştır. Kesilen her bir ağacın göğüs yüksekliğindeki çapı ($d_{1.30}$) santimetre (cm) ve boyu metre (m) hassasiyetinde ölçülmüştür. Kesilen ağaçların hacmi ise Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen hacim denklemi kullanılarak belirlenmiştir. Kesilen ağaçlar arasındaki mesafeler çelik şerit metre ile ölçülmüştür.

Bu çalışmada bir ağacın kesilmesi için arazide harcanan zamana bakıldığında ağaca yürüme zamanı, temizlik zamanı, ağacın kesilmesi, kesilen ağacın dallarının alınması - boylama ve kayıp zaman olmak üzere beş unsur yer almaktadır. Tüm bu aktivitenin başlangıcının ve bitişinin ölçülmesi ve kaydedilebilmesi amacıyla dijital bir kronometre kullanılmıştır. Zaman ölçümleri, sürekli zaman ölçme yöntemi kullanılarak saniye cinsinden ölçülmüştür (Bureau International des Poids et Mesures, 2006). İlk ağaç için mesafe, kesim alanı girişinden itibaren başlanarak belirlenmiştir.

2.2. Verilerin Analiz edilmesi

Ak_z (Ağaç kesme zamanı) ve $T_{z,sn}$ (Toplam zaman) değerleriyle ağaç özelliklerinin (d (Göğüs çapı), h (Boy), V (Hacim), Y_m (Yürüme mesafesi)) normal dağılıma sahip olup olmadıkları Kolmogorov-Smirnov Testi kullanılarak incelenmiştir. Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle ağaç özellikleri arasındaki ilişkilerin gücü ve yönü belirlenirken normal dağılım gösteren veriler için Pearson korelasyon katsayısı, normal dağılım göstermeyen veriler için ise Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Regresyon analiziyle Ak_z ve $T_{z,sn}$ bağımlı değişken ağaç özelliklerinin ise bağımsız değişkenleri oluşturduğu denklem 2.1 ile gösterildiği şekliyle ileriye doğru seçim yönteminin kullanıldığı çoklu regresyon modelleri geliştirilmiştir. Ayrıca regresyon analizinin varsayımları incelenmiş olup kurulan regresyon modelinin otokorelasyon sorunu Durbin-Watson (DW) değeriyle belirlenmiştir. DW değeri 0-4 arasında değişmekte olup 2'ye yakın olması otokorelasyon probleminin bulunmadığının göstergesidir (Kalaycı, 2006; Webster 2013).

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; b_1 denklem parametrelerini ve X_1 ağaç özelliklerini ifade etmektedir. Model geliştirmek için ve geliştirilen modelin doğruluğunu test etmek amacıyla veriler ayrılmış ve verilerin %80'iyle (30 tanesi) model geliştirilirken %20'siyle de (7 tane) geliştirilen modelin geçerliliği "Eşlendirilmiş t Testi" yardımıyla test edilmiştir. Zaman tahmin modeli ve diğer istatistik analizler için IBM SPSS Statistics 29 yazılımı kullanılmıştır. Regresyon modellerinin tahmin başarıları sırasıyla denklem 2.2 Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ($R^2_{düz}$), denklem 2.3 Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve denklem 2.4 gösterilen Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK) yardımıyla belirlenmiştir.

Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ($R^2_{düz}$):

$$R^2_{düz} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_i)^2 (n-p)} \quad (2.2)$$

Ortalama Mutlak Hata (OMH):

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (2.3)$$

Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (*HKOK*):

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (2.4)$$

Bu eşitliklerde; Y_i , \hat{Y}_i , \bar{Y}_i sırasıyla zaman etüdüne ilişkin ölçülen, tahmin edilen ve ortalama değerleri, n gözlem sayısını ve p denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen hacim denklemiyle ağaç hacimleri ve bu çalışma ile oluşturulan zaman etüdü denklemleriyle hesaplanan değerler kullanılarak saatlik üretim (m^3/sa) denklem 2.5’de gösterildiği şekilde belirlenmiştir.

$$P = \frac{V \cdot 60}{T_{zsa}} \quad (2.5)$$

Bu eşitliklerde; P , V , T_{zsa} sırasıyla verimlilik, kabuklu gövde hacmi, toplam zamanı (gecikmeli) ifade etmektedir (Mousavi vd., 2011; Borz ve Ciobanu, 2013).

2.3. Maliyet Analizlerinin Yapılması

Bu çalışmada maliyet analizleri Sabit maliyetler (Amortisman, yatırım faizi, sigorta giderleri), Değişken maliyetler (Yakıt, yağ, bakım-onarım giderleri) ve İşçilik maliyeti şeklinde sınıflandırılarak hesap edilmiştir. Birçok çalışmada maliyet analizlerinin bu yöntemle yapılması yanında (Mujetahid vd., 2020; Lotfalian vd., 2016; Eker ve Şefik, 2019), bazı çalışmalarda ise değişken maliyetlere ege ve zincir fiyatları (Jourgholami vd., 2013) ve yardımcı parçalar gibi (Popovici, 2013) eklemelerde yapıldığı görülmüştür.

2.4. Husqvarna 365 Motorlu Testerenin Teknik Özellikleri

Çalışmada Husqvarna 365 motorlu testere kullanılmıştır. Motorlu testerenin teknik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir (URL-1).

Tablo 1

Husqvarna motorlu testerenin teknik özellikleri

Teknik özellikler	Birim	Teknik özellikler	Birim
Motor tipi	20" HN 3/8" 1.5 C85	Bar uzunluğu (min) (cm)	38
Silindir hacmi (cm ³)	65.1	Bar uzunluğu (maks) (cm)	70
Güç (kW)	3.4	Ağırlık (kg)	6,4
Yakıt deposu (litre)	0.77	Ses basınç seviyesi (dB)	102.5
Yağ deposu (litre)	0.42	Ses gücü seviyesi (dB)	114
Zincir hızı (m/sa)	20.7	Titreşim seviyesi (m/s ²)	5.7
Maks. devir sayısı (dev/dak)	12.500	Denk titreşim seviyesi(m/s ²)	8

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kesim Zamanları ve Verimlilik

Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu karaçam plantasyon meşcerelerinde yapılan bu çalışma sonucunda kesim çalışmaları; Yürüme zamanı, Temizlik zamanı, Kesme zamanı, Dal alma ve boylama zamanı, Kayıp zaman, Toplam zaman olarak safhalara ayrılarak incelenmiştir. Yapılan zaman etütleri sonucunda ortalama olarak 12.62 m boyunda ve 21.41 cm çapında bir ağacın toplam kesim zamanı 5.31 dakika

olarak bulunmuştur. Her bir seferde kesilerek hazırlanan ortalama ağaç hacmi 0.250 m^3 'tür. Kesme çalışmalarında saatlik verim $2.825 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak bulunmuştur. Kesim operatörünün motorlu testerenin deposunu doldurduktan sonra ortalama bir depo benzin ile 5.42 adet ağacı kesip ürün haline getirdiği belirlenmiştir. Kesim esnasında operatör tarafından ağaç kesildikten sonra yere düşen ağacın dalları ve tepesi alınarak ağaç ürün haline getirilmektedir. Her ağacın dal yapısı ve boyu birbirinden farklı olduğu için dal alma ve tepe alma çalışmaları zamansal olarak farklılıklar göstermektedir. Ağaç dal yoğunluğu, dalların kalın olması ve diri örtü yoğunluğunun fazla olması da motorlu testerenin yakıt sarfiyatını etkilemektedir. Yapılan çalışmada motorlu testerenin yakıt sarfiyatı $1.85 \text{ lt}/\text{sa}$ olarak bulunmuştur.

Campu ve Ciubotaru (2017) tarafından Romanya'nın Güney Carpatya bölgesindeki ladin ve göknar meşcerelerinde Husqvarna 365 model motorlu testerenin zaman tüketimini ve verimliliğini incelemiştir. Bu çalışmada verim $10.138 \text{ m}^3/\text{sa}$ ($4.55 \text{ ağaç}/\text{sa}$) ve $11.374 \text{ m}^3/\text{sa}$ ($4.33 \text{ ağaç}/\text{sa}$) olarak bulunmuştur. Verimlilik ağaç yarıçapı ve yürüme mesafesine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Meşceredeki ağaç çapları 46 cm ve 58 cm olup, ortalama dikili gövde hacmi 2.41 m^3 ve 2.24 m^3 'tür. Bu durum çalışmada verimliliğin yüksek çıkmasına neden olmuştur (Campu ve Ciubotaru, 2017). Osmaniye bölgesindeki kızılçam meşcerelerinde yapılan diğer bir kesim çalışmasında Husqvarna motorlu testerenin ortalama verimi $4.06 \text{ m}^3/\text{sa}$ ve ortalama dikili ağaç hacmi 0.30 m^3 olarak bulunmuştur. Bu alanda ortalama ağaç boyu 13.42 m ve göğüs çapı 25.51 cm'dir. Çalışmanın sonucunda dal alma en fazla zamanı aldığı ve ağacın devrilme zamanının en az süreyi kapsadığı belirlenmiştir (Gülci vd., 2016). Romanya'da yapılan diğer bir çalışmada ortalama 16 m ağaç boyu, 12 cm göğüs yüksekliği çapı ve 0.096 m^3 dikili gövde hacmine sahip meşcerelerde motorlu testere verimi iki ayrı bölgede 5.68 m^3 ve 8.42 m^3 olarak bulunmuştur. Bu meşcerede ağaçlar arasındaki mesafe ortalama 3.5 m olduğu için yürüme mesafesi düşüktür ve verim yüksek bulunmuştur (Borz ve Ciobanu, 2013). Devrek Orman İşletme Şefliğinde 2005 yılında Tunay ve Melemez tarafından yapılan diğer bir çalışmada iki kişilik ekiple kesme verimliliğini $13.85 \text{ m}^3/\text{sa}$ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada kesme safhaları içerisinde en fazla zamanı %61.3 ile temizlik zamanı ve %19.7 ile kesme zamanı almıştır (Tunay ve Melemez, 2005). Çalışkan vd., (2006) yılında Artvin Taşlıca Orman İşletme Şefliği ladin ormanlarında yaptıkları çalışmada verim $1.25 \text{ m}^3/\text{sa}$, ortalama hacim $1.07 \text{ m}^3/\text{ağaç}$ olarak bulunmuştur. Çalışmada dal alma zamanı kesme seferleri içerisinde %50 ile en fazla süreyi almıştır (Çalışkan vd., 2006). Yapılan bu çalışmanın sonuçları yukarıda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında ortalama olarak yaklaşık olarak aynı çap ve boya sahip ağaçların olduğu meşcerelerde kesim verim değerleri biraz daha düşük çıkmıştır. Bu çalışmada %74 olan dal alma ve boylama zamanı diğer çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Bu durumun birinci nedeni zaman ölçümlerinde dal alma ve boylama çalışmalarının tek bir değer olarak alınmasıdır. Diğer bir neden ise, ağaçların dal yoğunluklarının fazla olması ve bunun yanında alanda diri örtünün yoğun bulunması nedeniyle kesilen ağacın diri örtü içerisine düşmesinden dolayı dal alma – boylama işlemi sırasında çalışmanın yavaş ilerlemesidir.

Ghaffarian'ın (2021) yılında yapmış olduğu diğer bir çalışmada dünyanın her kıtasında okaliptüs ağaçlarının bulunduğu bölgelerde motorlu testere ile yapılan kesimlerin verim değerleri bölgelere ve ağaç boyutlarına bağlı olarak $0.6 \text{ m}^3 - 48.9 \text{ m}^3$ arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Ghaffarian, 2021). Yine Ghaffarian tarafından İran'ın kuzeyindeki Nowshahr bölgesindeki kayın meşcerelerinde yapılan çalışmada ağaçlar arasındaki mesafenin ortalama 32.79 m olduğu ve üç farklı alanda yapılan çalışmada ağaç çaplarının ortalama 53, 150 ve 20 cm olduğu belirlenmiştir. Bu alanlardaki kesme zamanları ortalama olarak 8.78 dak, 89.89 dak ve 0.55 dak olarak tespit edilmiştir (Ghaffarian, 2021). Febo vd., (1997) yılında Sicilya bölgesinde yaptıkları çalışmada ağaçların dal yapılarının az olduğu durumlarda iş maliyetinin azaldığı ve verimliliğin arttığını belirtmişlerdir (Febo vd., 1997). Koutsianitis ve Tsioras (2017) tarafından Yunanistan'da yapılan çalışma sonucunda kesme verimliliğini ağaç hacmi ve göğüs yüksekliği çapının etkilediği belirtilmiştir (Koutsianitis ve Tsioras, 2017). Yukarıda özetlenen bazı çalışmalarda ağaç boy ve çaplarının yüksek olması (25 m boy / 150 cm göğüs çapı vb.) motorlu testerenin verim değerlerini oldukça yükseltmiştir. Bunun yanında, yürüme zamanlarının verimi etkilemesinin diğer çalışmalarla benzer olduğu görülmüştür. Bu çalışmada yürüme zamanı

diri örtü yoğunluğunun fazla olması nedeniyle de yakından ilişkilidir. Ağaçlar birbirine çok uzak olmasa bile diri örtünün yoğun olması işçilerin bir ağaçtan diğerine gidişini oldukça aksatmıştır. Kayıp zamanın fazla olmasının en büyük etkenlerinden biri olan diri örtü, yürüme zamanında, kesilen ağacın takılma - askıda kalma durumunda ve dal alma – boylama çalışmaları sırasında operatörün kesilen ağacın etrafında dolaşması sırasında zamanı oldukça arttırmıştır.

3.2. İstatiksel Bulgular

Örneklere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Ağaç özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
d (cm)	12	31	21.41	4.82
h (m)	7	16	12.62	2.11
V (m ³)	0.04	0.57	0.25	0.13
Ym (m)	3	30	12.24	6.07

d : göğüs çapı (cm), h : ağaç boyu (m), V : kabuklu gövde hacmi (m³), Ym : yürüme mesafesi (m)

Kesilen ağaçların göğüs yüksekliğinden çapları 12 ile 31 cm arasında değişmekte iken ortalaması 21.41 cm, boyları 7 ile 16 m arasında değişmekte iken ortalaması 12.62 m, kabuklu gövde hacimleri ise 0.04 ile 0.57 m³ arasında değişmekte iken ortalaması 0.25 m³ olarak hesaplanmıştır. Kesilen ağaçlar arasındaki yürüme mesafesi 3 ile 30 m arasında değişmekte olup ortalaması 12.24 m’dir. Bu çalışmada bir ağacın kesilmesi için geçen süre içerisinde ağaca yürüme zamanı, temizlik zamanı, ağacın kesilmesi, kesilen ağacın dallarının alınması-boylama ve kayıp zaman olmak üzere beş unsur yer almaktadır.

Ölçüm sonuçlarına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

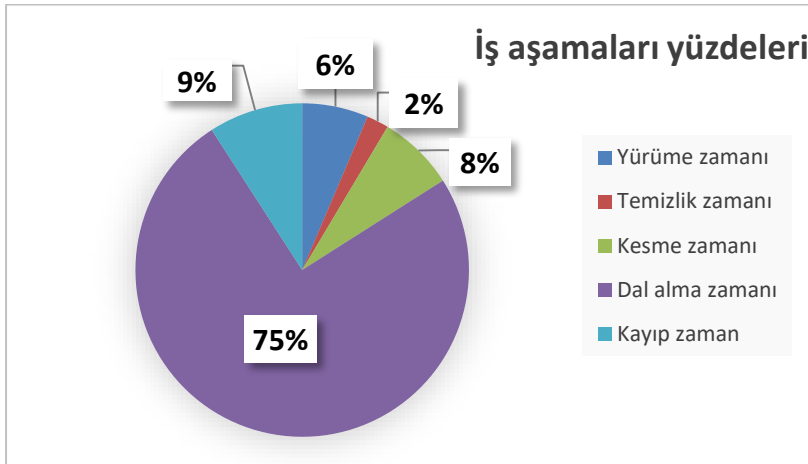
Tablo 3

Ağaç kesme süresi tüketimleri ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Yz (sn)	8.00	45.00	23.05	10.53
T (sn)	0.00	45.00	7.70	11.33
K (sn)	8.00	90.00	26.70	19.18
D (sn)	83.00	540.00	269.08	112.86
Ky (sn)	0.00	572.00	32.78	116.07
Akz (sn)	95.00	630.00	295.78	116.76
Tz_{sn} (sn)	95.00	630.00	296.31	117.03
Tz_{dk} (dk)	1.25	14.36	5.31	2.93
Tz_{sa} (sa)	0.02	0.24	0.09	0.05

Yz : Yürüme zamanı (sn), T : Temizlik zamanı (sn), K : Kesme zamanı (sn), D : Dal alma zamanı (sn), Ky : Kayıp zaman (sn), Akz : Ağaç kesme zamanı (sn)($K+D$), $Tz_{sn;dk;sa}$: Toplam zaman (sn;dk;sa) ($K+D+Ky$)

Çalışma sahası içerisinde geçirilen sürelerin dağılımı incelendiğinde en çok sürenin arazi içerisinde dal alma-boylama süresinin (%75) aldığı bunu sırasıyla kayıp zaman (%9), kesme zamanı (%8), ağaçlar arasındaki yürüme zamanı (%6) ve ağaç etrafında kesime hazırlık için yapılan temizlik zamanı (%2) sürelerine ayrılan zaman olduğu Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Arazide harcanan zamanın dağılımı

Bir ağaca ulaşmak için süre 8 ile 45 saniye (sn) arasında değişmekte iken ortalaması 23.05 sn, ağaç etrafında kesime hazırlık için yapılan temizlik zamanı 0 ile 45 sn arasında değişmekte iken ortalaması 7.70 sn, ağacın kesilmesi için geçen süre 8 ile 90 saniye (sn) arasında değişmekte iken ortalaması 26.70 sn, dal alma için ayrılan zaman 83 ile 540 sn arasında değişmekte iken ortalaması 269.08 sn, kayıp zaman ise 0 ile 572 sn arasında değişmekte iken ortalaması 32.78 sn olarak belirlenmiştir. Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle ağaç özelliklerinin Kolmogorov-Smirnov Testiyle normal dağılıma uygunlukları incelendiğinde d , h ve Ym değerlerinin 0.05 anlamlılık düzeyinde normal dağılımı gösterdikleri ancak V 'nin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. d , h ve Ym için Pearson korelasyon katsayısı normal dağılım göstermeyen V için ise Spearman korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle d ile V değerleri arasında pozitif yönlü güçlü ilişkiler, h ile ise pozitif orta seviyede ilişkiler gösterirken Ym anlamlı ilişkiler göstermemişlerdir. Ak_z ve $T_{z,sn}$ değerleriyle en yüksek anlamlı ilişkiyi d ($r = 0.686$ ve $r = 0.689$) göstermiştir. Sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4

Ağaç kesme zamanı ve diğer ağaç özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

	Korelasyon Katsayısı (r)	p
d (cm)	0.686 ^P	< 0.001***
h (m)	0.410 ^P	0.012*
V (m ³)	0.618 ^S	< 0.001***
Ym (m)	0.109 ^P	0.192 ^{ns}

^P Pearson korelasyon katsayısı, ^S Spearman korelasyon katsayısı, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Tablo 5

Toplam zaman ve diğer ağaç özellikleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları

	Korelasyon Katsayısı (r)	p
d (cm)	0.689 ^P	< 0.001***
h (m)	0.414 ^P	0.011*
V (m ³)	0.625 ^S	< 0.001***
Ym (m)	0.217 ^P	0.196 ^{ns}

^P Pearson korelasyon katsayısı, ^S Spearman korelasyon katsayısı, ns: $p > 0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Bu çalışmada ileriye doğru regresyon yardımıyla Ak_z ve $T_{z,sn}$ bağımlı ağaç özelliklerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon modellerinin parametreleri hesaplanarak tahmin başarıları belirlenmiştir. Bu

denklemler için oluşturulan parametre denklemleri ve Durbin-Watson test istatistiği, $R^2_{düz}$, *OMH* ve *HKOK* değerleri ve diğer istatistik ölçütlere ilişkin bilgiler Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 6 incelendiğinde modellerin uyum iyiliği *F* testi, model katsayılarının anlamlılıkları ise *t* testiyle incelenmiş ve modellerin 0.05 önem düzeyinde tüm parametreleri anlamlı bulunmuş olup *Akz* ve *Tz_{sn}* modelleri için sırayla DW test istatistiği değerleri 1.44 ve 1.48, $R^2_{düz}$ değerleri 0.701 ve 0.705, *OMH* değerleri 50.862 ve 50.858, *HKOK* değerleri ise 62.587 ve 62.390 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6

Ağaç kesimi için zaman tahmin modelleri

No	$R^2_{düz}$	<i>OMH</i>	<i>HKOK</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	b_0	b_1	b_2
<u>Ağaç kesme zamanı modeli</u>								
Durbin-Watson = 1.44								
D-1	0.71	50.862	62.587	35.06	0.000	-170.831**	19.151***	4.851*
<u>Toplam zaman modeli</u>								
Durbin-Watson = 1.48								
D-2	0.705	50.858	62.390	35.66	0.000	-172.704**	19.307***	4.784*

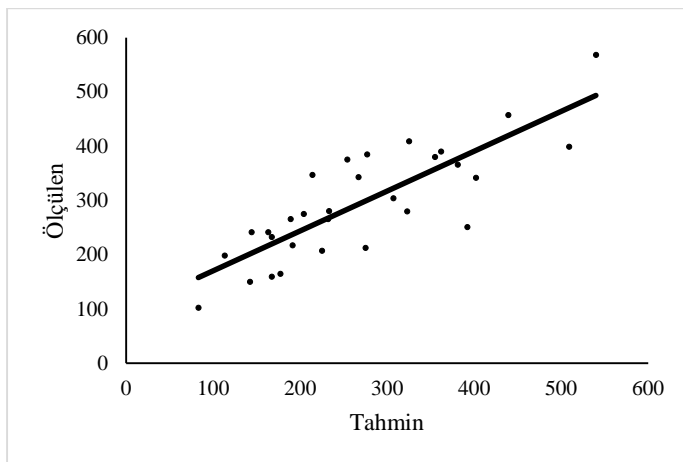
ns: $p>0,05$, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$, ***: $p<0,001$

İstatistik ölçütlere göre başarılı bulunan modellerin geçerliliklerinin denetlenmesi amacıyla %20 ayrılarak oluşturulan kontrol verileri yardımıyla eşlendirilmiş örnekler için *t* testi denklemlerden elde edilen veriler ile gerçek değerleri karşılaştırılmış ve 0.05 önem düzeyinde istatistiksel anlamda bir fark bulunamamıştır (Tablo 7). Böylece kurulan modellerin 0.05 önem düzeyinde kullanılabilir olduklarına karar verilmiştir. D-1 ve D-2 modelleriyle yapılan tahminler değerleriyle ölçülen değerlere karşılık oluşturulan dağılım grafikleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde herhangi bir sistematik hatanın olmadığı ve kurulan modellerin başarısı grafiksel olarak da ortaya konmuştur.

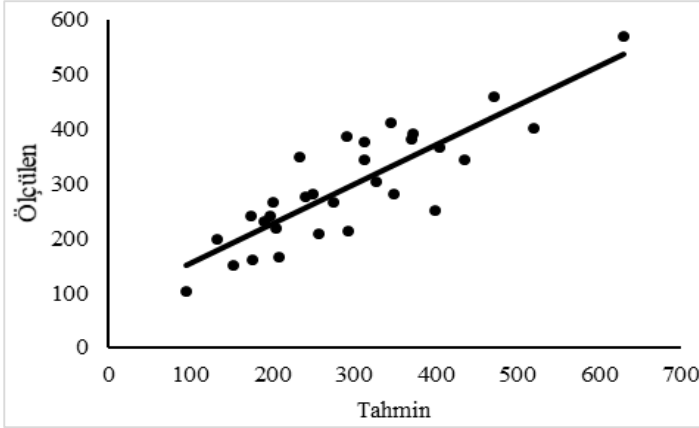
Tablo 7

Denklemlere ilişkin *t* testi sonuçları

No	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	<i>t</i>	<i>p</i>
<u>Ağaç kesme zamanı modeli</u>					
D-1	-14.332	175.023	66.152	-0.215	0.836 ^{ns}
<u>Toplam zaman modeli</u>					
D-2	15.013	175.09	66.158	-0.227	0.828 ^{ns}

ns: $p>0,05$, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$, ***: $p<0,001$ 

Şekil 4. D-1 modeline ilişkin 1:1 grafiği



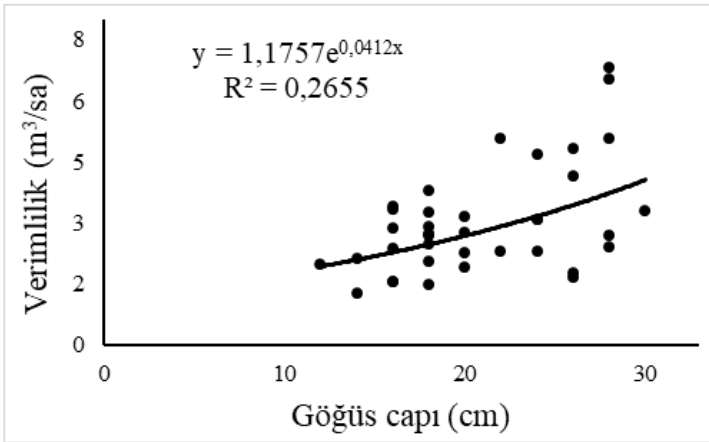
Şekil 5. D-2 modeline ilişkin 1:1 grafiği

Regresyon analizi sonucunda istatistiksel olarak başarılı bulunan D-1 ve D-2 modellerinin kullanılabilir formları aşağıda verilmiştir:

$$Akz = -170.831 + 19.151d + 4.851Ym$$

$$Tz_{sn} = -172.704 + 19.307d + 4.784Ym$$

Çalışmada yapılan zaman etütleri sonucunda kesilen ağaçların göğüs yüksekliği çapının ($d_{1.30}$) artmasına bağlı olarak verimliliğin doğrusal olarak arttığı görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Göğüs çaplarına göre saatlik verimlilik

Yapılan bu çalışmada motorlu kesimle üretim çalışmasının sonuçlarına göre, göğüs çapının ve dal alma-boy-lama zamanının Akz ve Tz_{sn} süresini etkileyen anlamlı değişkenler olduğunu ortaya koymuştur. Korelasyon analizi sonucunda da göğüs çapının motorlu testere kullanılarak yapılan kesim süresine önemli ölçüde etki yaptığı görülmüştür. Göğüs çapının Akz ve Tz_{sn} süreleriyle pozitif bir ilişkide olması bunun bir göstergesi olup Ghaffarian ve Sobhani'nin (2007) tarafından yapılan çalışma bulgularıyla da bu çalışma sonuçları tutarlıdır.

Göğüs çapı ve ağaçlar arasındaki yürüme süresinin kesme işleminde harcanan zamanı etkilediği görülmüştür. Kesim zamanının tahmininde göğüs çapının en önemli faktör olduğunu, ağaçlar arasındaki mesafenin de önemli olduğunu benzer bir çalışmada Kluender ve Stokes (1996) tarafından gösterilmiştir. Manavakun (2014) tarafından yapılan çalışmada ise dip çap ve ağaçlar arası mesafenin kesme verimliliğini önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada da çalışma süresini doğrusal denklemlerle güçlü ilişki gösterdiği ifade edilirken (Samset, 1990; Ghaffarian ve Sobhani, 2007; Uotila vd., 2014) üstel ve güç fonksiyonlarıyla

göğüs çapının bağımsız değişken olarak kullanıldığı modellerle de kesim zamanı tahmin modelleri oluşturulmuştur (Liepiņš vd., 2015). Ayrıca kesme süresi operatör becerileri, silvikültürel yöntem, ağaç türleri, meşcere kompozisyonu, diri örtü, hava durumu, düşük hava sıcaklığı, motorlu testerelerin yaşı, zincirin durumu ve yamaç eğiminden etkilenebilir (Conway,1982; Nikooy, 2007; Sarikhani, 2008; Mousavi, 2009). Wang vd. (2004) meşcere yoğunluğunun, Behjou vd., (2009) ve Mousavi vd., (2011) iki ağaç arasındaki eğimin, Ghafarian ve Sobhani (2007) arazi eğiminin Ak_z ve $T_{z,sn}$ süreleri üzerinde etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Kurulan regresyon modellerine göre göğüs çapı değerine benzer şekilde ağaçlar arasındaki mesafenin arttırılmasının kesim süresini arttırarak Ak_z ve $T_{z,sn}$ sürelerini önemli ölçüde etkilediği bu çalışmada da gösterilmiştir. Zaman etütleri sırasında kayıp zaman motorlu testerenin kesim esnasında sıkışması, kesilen ağaçların diğer ağaçlara yaslanması, sarılıcı bitkilerin ağaçların tepelerine kadar çıkmasından dolayı kesilen ağaçların askıda kalması şeklinde meydana gelmiştir.

3.3. Maliyet Analizi

Bu çalışmada motorlu testerenin maliyet analizi yapılmıştır. Bu maliyet analizlerinin hazırlanmasında sabit maliyetler, değişken maliyetler ve işçilik maliyetleri göz önünde bulundurularak toplam maliyet \$/sa ve \$/m³ olarak ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 7). Maliyet analizleri sonucunda toplam motorlu testere maliyeti 5.53 \$/sa ve 1.96 \$/m³ olarak bulunmuştur.

Tablo 7

Motorlu testerenin toplam maliyetinin belirlenmesi

Maliyetler	\$/sa	\$/m ³
Sabit Maliyetler		
Amortisman	0.12	0.04
Yatırım faizi	0.07	0.02
Sigorta giderleri	0.02	0.01
	0.21	0.08
Değişken Maliyetler		
Yakıt ve yağ gideri	2.76	0.98
Bakım ve onarım gideri	0.06	0.02
	2.82	1.00
İşçilik Maliyeti	2.50	0.89
Toplam Maliyet	5.53	1.96

Barokah vd. (2017) tarafından Endonezya’da yapılan bir çalışmada tik ağacının kesme çalışmalarında motorlu testerenin maliyet analizleri sonucunda toplam sistem maliyetini 2.26 \$/sa olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada, amortisman maliyetleri 0.08 \$/sa, değişken maliyetler 0.90 \$/sa ve makine maliyeti 0.98 \$/sa olarak belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada, Lotfalian vd. (2016) İran’ın Mazandaran bölgesindeki kesme çalışmalarında motorlu testerenin maliyetini sabit maliyetler (0.61 \$/sa), değişken maliyetler (1.45 \$/sa) ve işçi giderleri (3.53 \$/sa) olmak üzere motorlu testerenin toplam maliyetini 5.6 \$/sa olarak belirlemişlerdir (Lotfalian vd., 2016). Popovici (2013) Romanya’da Huş ağacı meşcerelerinde Husqvarna H55 model motorlu testere ile verim ve maliyet çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmada değişken giderler benzin, yağ, karışık yağ, zincir, diğer parçalar ve yardımcı materyaller olarak maliyete dâhil edilmiştir. Çalışmada değişken maliyetler 1.26 \$/m³ olarak hesap edilmiştir (Popovici, 2013). Diğer bir çalışmada Calvo vd. (2013) farklı marka ve tipteki motorlu testerelerin verimlerini ve maliyetlerini incelemişlerdir. Motor güçleri 3.6, 3.4 ve 3.2 kW olan Husqvarna marka üç farklı motorun maliyetleri sırasıyla 0.45 euro/sa (0.49 \$/sa), 0.13 euro/sa (0.14 \$/sa) ve 0.14 euro/sa (0.15 \$/sa) olarak hesaplanmıştır (Calvo vd., 2013). İran’ın Khardali bölgesindeki yapraklı ağaç meşcerelerinde yapılan diğer bir çalışmada motorlu testere maliyeti 31.26 \$/sa olarak bulunmuştur. Çalışmada sabit maliyetler 0.73 \$/sa, de-ğiş-

ken maliyetler 14.53 \$/sa ve işçilik maliyeti 16 \$/sa olarak bulunmuştur (Jourgholami vd., 2013). Endonezya'da Okalipütis ve akasya meşcerelerinde beş farklı bölgede üretim çalışmaları esnasında motorlu testere-
lin toplam maliyetleri 2.07-2.96 \$/sa arasında değişiklik göstermiştir (Mujetahid vd., 2020).

Bu çalışmada bulunan maliyet değerleri diğer çalışmalardaki maliyetler ile karşılaştırıldığında sabit maliyet-
lerin birçok çalışmada birbirine yakın olduğu, değişken maliyetlerin ise diğer çalışmalardan biraz yüksek çık-
tığı görülmüştür. Bunun nedeni, ülkemizde yakıt ve yağ maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Maliyetlerdeki en
büyük farkları oluşturan kalem işçi giderleridir. Farklı ülkelerde yapılan bu çalışmaların ülkelerin ekonomik
durumuna ve işçi ücretlerine göre değişmesi olası bir durumdur. Ülkelerin ekonomik özgürlük ve rahatlığına
göre işçi ücretleri de büyük farklılıklar göstermektedir.

4. Sonuçlar

Sarıyer Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan 135 nolu bölme içerisinde gerçekleştirilen bu çalış-
mada Husqvarna motorlu testere ile yapılan ağaç kesme çalışmaları incelenmiştir. Karaçam (*Pinus nigra* Ar-
nold.) plantasyon sahasında yapılan bu çalışmada motorlu testerenin saatlik verimi, yakıt tüketimi ve saatlik
maliyeti belirlenmiştir.

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği bölme içerisinde yoğun diri ve sarılıcı bitki örtüsünün bulunması alan içeri-
sinde operatörlerin yürümesini oldukça zorlaştırmıştır. Yürüme zamanının yüksek çıkması yanında kesilen
ağaçların sarılıcı bitkiler nedeniyle zemine düşerken de bazı sorunlar ortaya çıkmıştır. Bazı ağaçların tepelerine
kadar sarılıcı bitki gelmesi nedeniyle kesilen ağaçlar devrilirken takılma ve askıda kalma şeklinde zorluklar
olduğu görülmüştür. Bu durumlar zaman kaybı olarak çalışmaya eklenmiştir. Diri örtünün ve sarılıcı bitkilerin
yoğun olduğu alanlarda operatörler tarafından devirme yönünün iyi bir şekilde belirlenmesi gerekir. Bu durum
zaman kayıplarını azalttığı gibi iş kazası riskini de azaltmaktadır. Operatörlerin devirme yönünü ve devirme
oyununun açılması gibi konularda eğitilmiş ve etkin olması önemli bir olgudur. Bu çalışma alanı gibi alanlarda
50 cm'lik bara sahip motorlu testerenin kullanımı operatörlerin rahat çalışması açısından önemlidir. Ağır ve
uzun bir bara sahip motorlu testere-lerin bölme içerisinde kullanılması yoğun diri örtü ve sarılıcı bitkiler olan
böyle alanlarda hem çok zor hem de iş güvenliği açısından risklidir. Bunun yanında, çalışma alanında bulunan
ekip iki kişiden oluştuğu için kesim çalışmaları zaman almış ve uzun sürmüştür. Operatörlerin tecrübeli olması
yanında ekip olarak az kişiden oluşması işleri yavaşlatmıştır. Bölme içerisinde çalışan ekip sayısının fazla
olması, kesme, sürütme, soyma gibi farklı iş kollarının ayrı kişiler tarafından yapılmasına ve işin daha kısa
sürede bitmesine neden olacaktır. Bu durum kesme verimini pozitif olarak etkilemesi yanında iş kazası riskini
düşürmesi açısından da önemlidir.

Teşekkür

Çalışmanın arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Sezgin ARGUN ve Serdar GEYİKÇİ'ye
teşekkür ederiz.

Yazar Katkıları

Tolga Öztürk: Veri toplama, veri analizi yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Batın Mehmet Yer: Çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmış ve makale yazımına yardımcı olmuştur.

Muhittin İnan: Veri toplama ve makale yazımına yardımcı olmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Acosta, F.C., Oliveira, C., Arruda, M.I., Garcia, R.R. (2018). Operational performance of the selective cutting of trees with chainsaw. *Foresta e Ambiente*, 25(3): 1-9. Erişim adresi: <https://www.scielo.br/j/flo-ram/a/KCJJ9ymJbDtbDJtPG79jxDx/abstract/?lang=en>
- Balimunsi, H., Grigolata, S., Picchio, R., Nyombi, K., Cavalli, R., (2012). Productivity and energy balance of forest plantation harvesting in Uganda. *Forestry Studies in China*, 14(4): 276-282. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/234012766_Productivity_and_energy_balance_of_forest_plantation_harvesting_in_Uganda
- Barokah, S.M., Matangaran, J.R., Santosa, G., (2017). Cost analysis of felling with chainsaw and skidding with farm tractor in KPH Saradan. *International Journal of Sciences:Basic and Applied Research*, 33(1):89-102.Erişim adresi: <https://gssrr.org/index.php/JournalOfBasicAndApplied/article/view/7205/3428>
- Behjou, F. K., Majnounian, B., Dvořák, J., Namiranian, M., Saeed, A. ve Feghhi, J. (2009). Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Forest Science*, 55(2), 96-100. Erişim adresi: <https://doi.org/10.17221/69/2008-jfs>.
- Borz, S. A. ve Ciobanu, V. (2013). Efficiency of motor-manual felling and horse logging in small-scale firewood production. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (24), 3126-3135. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/profile/Stelian-Borz/publication/259182012>.
- Bureau International des Poids et Mesures (2006). The International System of Units (SI). 8th edition. 97p.
- Calvo, A., Manzone, M., Spinelli, R., (2013). Long term repair and maintenance cost of some professional chainsaw. *Croat. J. For. Eng.*, 34(2): 265-271. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/288453722_Long_Term_Repair_and_Maintenance_Cost_of_some_Professional_Chainsaws
- Çalışkan, E., Şentürk, N. ve Acar, H.H. (2006). Kesim sürecinde birim zaman tespiti üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A56(1): 159-167: Erişim adresi: <https://atif.sobiad.com/index.jsp?modul=makale-detay&Alan=fen&Id=6UorengBu-adCBSEend>
- Campu, V.R., ve Ciubotaru, A. (2017). Time consumption and productivity in manual tree felling with a chainsaw – a case study of resinous stands from mountainous areas. *Silva Fennica*, 51(2): 1-19. Erişim adresi: <https://www.silvafennica.fi/article/1657>
- Conway, S. (1982). *Logging Practices. Principles of timber harvesting systems*. Miller Freeman Publication. Inc. Washington. Erişim adresi: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19770641812>.
- Eker, M., Şefik, M., (2019). Motorlu tırpana montajlı kabuk soyma aracının (motosoyar) geliştirilmesi ve denenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4):411-420. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjf/issue/51103/609571>
- Febo, P., Piptone, F., Peri, G. (1997). The preservation of Sicilian forests with poorly mechanized logging processes. *J. Agric. Engng. Res.*, 67: 229-233. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021863497901645>
- Hartsough, B.R., Zhang, X., Fight, R. (2001). Harvesting cost model for small trees in natural stands in the Interior Northwest. *Journal of the Forest Products*, 51(4): 54-61. Erişim adresi: <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/24621>
- Ghaffarian, M.R. ve Sobhani, H. (2007). Cost production study of motor-manually felling and processing of logs. *Forest Science*, No.3: 69-76. Erişim adresi: <https://www.semanticscholar.org/paper/Cost-production-study-of-motor-manually-felling-and-Ghaffarian-Sobhani/dc01409c118ccb70175abac0d4e669cea298ef0b>
- Ghaffarian, M.R. (2021). Review of studies on motor-manual felling productivity in eucalypt stands. *Silva Balcanica*, 22(1): 77-87. Erişim adresi: <https://silvabalcanica.pensoft.net/article/58750/>
- Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O. (2016). Investigation of timber harvesting operations using chainsaw

- considering productivity and residual stand damage: The case of Bahçe forest enterprise chief. *Journal of The Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(2):357-368. Erişim adresi: <https://forestist.org/en/investigation-of-timber-harvesting-operations-using-chainsaw-considering-productivity-and-residual-stand-damage-the-case-of-bahce-forest-enterprise-chief-13421>
- Gülen, İ. (1959). Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 9(1), 97-112. Erişim adresi: <https://doi.org/10.17099/jffiu.58548>.
- Ignea, G.H., Ghaffaryan, M.R., Borz, S.A. (2017). Impact of operational factors on fossil energy inputs in motor –manual tree felling and processing: a results of two case studies. *Annals of Forest Research*, 60(1): 161-172. Erişim adresi: <https://www.afrjournal.org/index.php/afr/article/view/705/640>
- Jourgholami, M, Majnounian, B., Zargham N. (2013). Performance, capability and costs of motor manual tree felling in Hyrcanian hardwood forest. *Croat. J. For. Eng.*, 34(2): 283-293. Erişim adresi: https://crojfe.com/site/assets/files/3963/jourgholami_283-293.pdf
- Jourgholami, M. ve Abari, M.E. (2017). Log damage and value loss following motor-manual tree harvesting in the Hyrcanian forest, Northern Iran. *Eur.J.Forest Eng.* 3(1): 35-43. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejfe/issue/30014/325110>
- Kalaycı, Ş., 2006, *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 975-9091-14-3.
- Kluender, R. A. ve Stokes, B. (1996). Felling and skidding productivity and harvesting cost in Souttiet pine forests In: CWF/IUFRO Conference, WSI 3423. Erişim adresi: https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_kluender001.pdf
- Koutsianitis, D. ve Tsioras, P.A. (2017). Time consumption and production costs of two small-scale wood harvesting systems in northern Greece. *Small-scale Forestry*, 16: 19-35. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11842-016-9340-3>
- Labelle, E.R., Bergen, M. Ve Windisch, J. (2017). The effect of quality bucking and automatic bucking on harvesting productivity and product recovery in a pine-dominated stand. *European Journal of Forest Research*, 136(4): 639-652. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-017-1061-4>
- Liepiņš, K., Lazdiņš, A., Liepiņš, J. ve Prindulis, U. (2015). Productivity and Cost-Effectiveness of Mechanized and Motor-Manual Harvesting of Grey Alder (*Alnus incana* (L.) Moench): A Case Study in Latvia. *Small-Scale Forestry*, 14(4), 493-506. <https://doi.org/10.1007/s11842-015-9302-1>.
- Lotfalian, M., Abbasi, E., Hosseini, S.A, 2016. Productivity and cost of tree bucking with a chainsaw in Caspian Forests. *Biological Forum – An International Journal*, 8(2): 16-21. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/287216005_Productivity_and_cost_of_manual_felling_wit h a chainsaw in Caspian forests](https://www.researchgate.net/publication/287216005_Productivity_and_cost_of_manual_felling_with_a_chainsaw_in_Caspian_forests)
- Magognotti, N., Spinelli, R., Acuna, M., Bigot, M., Guerra, S., Hartsough, B., Kanzian, C., Karha, K., Lindroos, O, Roux, S., Talbot, B., Tolosana, E., Zormaier, F. (2012). *Good practice guideline for biomass production studies*. COST Action FP-0902, WG 2 Operations research and measurement methodologies. Italy.
- Manavakun, N. (2014). Harvesting operations in eucalyptus plantations in Thailand. *Dissertationes Forestales*, 2014(177). Erişim adresi: <https://doi.org/10.14214/df.177>.
- Mousavi, R. (2009). Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log. *Dissertationes Forestales*, 82, 93. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org/3d00/150e59576b1917bc93a064668e3bd0c4b726.pdf>
- Mousavi, R., Nikouy, M. ve Uusitalo, J. (2011). Time consumption, productivity, and cost analysis of the motor manual tree felling and processing in the Hyrcanian Forest in Iran. *Journal of Forestry Research*, 22(4), 665-669. <https://doi.org/10.1007/s11676-011-0208-2>.

- Mujetahid, A., Gautama, I., Dayla, N., Atik, N.F. (2020). Using a types chainsaw efficiently. *Earth and Environmental Sciences*, 473, 012068: 1-9. Erişim adresi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/473/1/012068/pdf>
- Nikooy, M. (2007). *Production optimization and reduction impact on forest by preparing harvest planning in Nav, Iran*. PhD, University of Tehran, Tehran.
- OGM, 2023. Sarıyer Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı.
- Öztürk, T ve İnan, M. (2022). Odun üretim çalışmalarından sonra meşcerede kalan ağaçlardaki zararların incelenmesi (Belgrad Ormanı örneği). *Anadolu Orman Araştırma Dergisi*, 8(2): 40-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ajfr/issue/73964/1177652>
- Peterson, J.T., 1987. *Harvesting economics: Hand falling second-growth timber*. Technical Research Note TN-98. Forest Engineering Research Institute of Canada, Vancouver, Canada.
- Popovici, R., (2013). *Estimating chainsaw operating costs based on fuel, lubricants and spare parts*. Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II, 6(55):63-68. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/286393079_Estimating_chainsaw_operating_costs_based_on_fuel_lubricants_and_spare_parts
- Samset I. (1990). Some observations on time and performance studies in forestry. *Meddelelserfra Norsk Institutt for Skogforskning*, 43(5). 80 p. Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11250/2979624>.
- Sarikhani, N., 2008: *Forest utilization*. Tehran University Press, Tehran. 728 p. (in Persian).
- Sobhani, H. (1984). *A method data collection fort he evaluation of forest harvesting systems*. PhD. Thesis, Virginia Tech University, USA.
- Tunay, M., Melemez, K. (2005). Motorlu testere ile yapılan üretim çalışmaları üzerine bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B55(2): 31-41: Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jffiu/issue/18712/197347>
- Uotila, K., Saksa, T., Rantala, J. ve Kiljunen, N. (2014). Labour consumption models applied to motor-manual pre-commercial thinning in Finland. *Silva Fennica*, 48(2). <https://doi.org/10.14214/sf.982>.
- Wang, J., Long, C., McNeel, J. ve Baumgrass, J. (2004). Productivity and cost of manual felling and cable skidding in Central Appalachian hardwood forests. *Forest Products Journal*, 54(2): 45-51. Erişim adresi: https://www.fs.usda.gov/ne/newtown_square/publications/other_publications/OCR/ne_2004_wang001.pdf
- Webster, A. (2013). *Introductory regression analysis: with computer application for business and economics*. Routledge, New York. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/331472205>.
- Yıldırım, M., 1989. *Ormanlık İş Bilgisi*. İÜ Orman Fakültesi Yayın No: 404, İstanbul.
- URL-1. <https://www.husqvarna.com/tr/motorlu-testereler/365/> (Erişim tarihi: 29.02.2024)