

## RENDELEME İŞLEMİNDE AĞAÇ MALZEMELERİN ENERJİ TÜKETİM MALİYETLERİNE ETKİSİ

**Levent GÜRLEYEN ve Serkan SUBAŞI\***

Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp, Düzce.

\*Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp, Düzce.

[lgurleyen@hotmail.com](mailto:lgurleyen@hotmail.com), [serkansubasi@duzce.edu.tr](mailto:serkansubasi@duzce.edu.tr)

(Geliş/Received: 17.03.2008 ; Kabul/Accepted: 23.01.2009)

### ÖZET

Mobilya endüstrisinde kullanılan farklı ahşap malzemeler, işleme esnasında makine ve kesicileri farklı zorlamalara maruz bırakılmaktadırlar. Buradan hareketle, bu çalışmada sert ağaç malzemelerin, yatay (alt) freze makinesine ve kesici türlerine karşı gösterdiği zorlamaların enerji tüketim maliyetine etkisi incelenmiştir. Deneylerde, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*quercus borealis* L.), adi dişbudak (*fraxinus excelsior* L.) ve yalancı akasya (*robinia pseudoacacia* L.) odunları olmak üzere 4 sert ağaç kullanılmıştır. Yatay freze makinesi ve kesicilerin zorlanmasının enerji tüketim maliyetine etkisi, farklı ahşap malzeme türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızlarına göre belirlenmiştir.

Sonuç olarak; aynı işlemlerin uygulandığı ağaç malzemelerde en fazla enerji maliyeti sapsız meşe odununda görülürken, bunu sırası ile yalancı akasya, adi dişbudak ve Doğu kayını takip etmiştir. Motor devir sayısı ve sürücü sevk hızları düşük devirde tutularak yapılan rendeleme işleminde, enerji tüketim maliyetinin azaldığı ve ağaç malzemenin makine ve kesicilere karşı daha az direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Ağaç malzemelerin her biri, özgül ağırlık ( $r^{12}$ ) ve Brinell sertlik değerlerine göre ( $H^{\parallel}$ ), enerji tüketim maliyeti bakımından oransal farklılıklar göstermişlerdir. Ayrıca elde edilen regresyon model denklemleri ile motor devir sayısı ve sürücü sevk hızına bağlı olarak, her bir ağaç türündeki enerji tüketim maliyetlerinin %3 hata olasılığı ile önceden tahmin edilmesinin mümkün olduğu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında, bilgisayar teknolojisi kullanılarak talaş kaldırma mekanizmasında büyük iyileştirmelerin yapılabileceği gibi ekonomiye de fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç malzeme, direnç, zorlanma, enerji tüketimi, devir sayısı, sevk hızı.

## THE COMPULSIONS WHICH THE HARD TREE MATERIALS SHOW AGAINST TO THE CUTTERS AND MACHINE IN PLANNING PROCESS

### ABSTRACT

The cutters and machines used in processing have to be exposed to different compulsions by different wooden materials used in furniture industry. Therefore, in this article, the compulsions of hard wooden materials against to the horizontal (bottom) fraiser machine and cutter type have been studied. In the experiments, four types of hard tree have been used as East Beech (*Fagus orientalis* L.), stemless oak (*quercus borealis* L.), ordinary ash (*fraxinus excelsior* L.) and deceitful locust wooden. The compulsions value of horizontal fraise machine and cutters have been determined according to variable wooden material type, motor revolution number and driver dispatch speeds.

As a result; the most amount of compulsion has been observed on stemless oak and followed by deceitful locust, ordinary ash and east beech tree respectively by applying the same processes. It is determined that in planning processes which lower motor revolution and lower driver dispatch speed applied, the consumption of current and the compulsion of wooden materials against to machine and cutters are reduced. Each type of tree materials have been showing proportional diversities by considering their different consumption of current depending on their specific gravities ( $r^{12}$ ) and Brinell hardness values ( $H^{\parallel}$ ). The realized regression model equations have been proving that depending on motor revolution speed and driver dispatch speed values, the current values of each

wooden material can be forecasted with a 3% error in a reasonable way. Depended on the results, it is considered that it can be possible to get recovery and also to provide benefit for economy in wood shavings mechanic by using computer technology.

**Keywords:** Wooden material, resistance, compulsion, energy consumption, revolution number, dispath speed.

## 1. GİRİŞ (INTRUCTION)

Endüstrileşmenin hızla yaşandığı günümüzde daha az fire ile çalışabilmek için, yeni teçhizatlar, yeni gereçler ve yeni işleme metotları her geçen gün biraz daha artmaktadır. Bilim adamları ve mühendisler, ağacın kendisi kadar ondan çıkarılan çeşitli maddelerin ve girdilerin daha verimli kullanılabilmesi için araştırma geliştirme programları üzerinde devamlı çalışmaktadırlar [1-3].

Orman ürünleri endüstrisinde, bu ürünlerin imalatında kullanılan en önemli biçimlendirme yöntemlerden birisi de rendeleme işlemidir. Ürünlerin meydana getirildiği süreç içerisinde, freze makinesi, planya makinesi, kalınlık makinesi vb. çeşitli makineler kullanılmaktadır. Üretimdeki rendeleme işlemi yapan bu makinelerin, kendilerinden beklenen fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için, tasarımının ve imalatının amacına uygun olarak yapılması gerekir [4].

Kerestenin kaliteli olarak işlenebilmesi için ise, bu rendeleme makine ve kesicilerini tanımak, bunları uygun bir şekilde tasarlamak ve tasarlanan bu makine ve aletleri tekniğine uygun bir şekilde kullanabilmek gerekmektedir [5]. Bunun için, işlenecek olan ağaç malzeme, ağaç işleme teknikleri, yonga oluşumu, kesici alet geometrisi, motor devir sayısı, kesme hızı, sevk (besleme) hızı, talaş derinliği, kesme açılı kullanılabilecek kesicinin cinsi ve ömrü gibi parametreler hakkında temel bilgi birikimine sahip olmak gerekir [6]. Aynı zamanda ağaç malzemelerin işlenmesinde ürün kalitesini düşürmeden üretimin girdilerini ve dolayısı ile maliyeti azaltmak için yukarıda belirtilen işleme parametrelerinin optimum bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu unsurlara bağlı olarak, rendeleme esnasında oluşan zorlama ve kesme kuvvetlerinin de önemli bir etkisi görülmektedir [7].

Rendeleme işlemi yapılan makinelerde üretim kalitesi göz önünde bulundurularak, enerji sarfiyatı en aza indirgenip, optimum güç harcanabilmesi için bu tür makinelerdeki zorlanmalara etki eden tüm faktörlerin çok iyi belirlenmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda ağaç malzemenin işlenmesi gerekmektedir [8]. Bu faktörlere etki eden önemli bir unsur da, her biri farklı özelliklerde olan ağaç malzemelerin makine ve kesicilere karşı göstermiş olduğu zorlamalardır. Bunun için her bir ağaç malzemenin, rendelemede etkili olan faktörlere göre işlenmesi ve tercih edilmesi gerekmektedir.

Yapılan araştırma ve taramalar sonucunda, farklı ahşap malzemelerin değişik faktörlere dayalı göstermiş

oldukları zorlamaların tespit edilmesine ilişkin daha önceden yapılmış literatür çalışmalarına rastlanamamış, ancak farklı metal malzemeler üzerinde yapılan benzer çalışmalar olduğu tespit edilmiştir.

Stephensen, çalışmasında bağımsız kesme kuvveti modelleri girdilerinden farklı olarak, spesifik akma gerilmesi ve sürtünme için sistematik bir model geliştirmiştir. Almış olduğu sonuçlar, geometrik kayma gerilmesi ile gerinim ölçümleri arasında anlamlı hiçbir fiziksel ilişkinin olmadığını, geometrik gerilme ile gerinim oranı ölçümleri arasında zayıf bir ilişki olduğunu ve malzeme özellikleri ile kesme hızı, talaş açısı gibi girdi değişkenleri arasında ise güçlü bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir [9].

Şeker, talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetlerin, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki ettiğini bildirmiştir. Aynı zamanda metaller ve metal alaşımlarının işlenmesinde kullanılan takımların kesici kenarlarının yeterince keskin olmasına rağmen, talaş kaldırma sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça zorlandığı gözlenmiştir. Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde kesme kuvvetleri ve gerilme değerlerinin önceden tahmin edilmesine yardımcı olan bilgisayar paket programları (Ansys, Franc2d) ile talaş kaldırma mekaniğinde çok büyük iyileştirmelerin sağlandığı belirtilmiştir [10].

Yardımoğlu ve Boyar, talaş kaldırmada gerekli olan enerjiyi belirten, özgül kesme enerjisini deneysel olarak araştırarak kesme kuvvetlerini ölçmeye çalışmışlardır. Genel olarak, kuvvet bileşenlerinin ilerleme hızı ile doğru orantılı olduğunu ve talaş derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetlerinin arttığını gözlemişlerdir. Ayrıca kesme hızının artışı ile özgül kesme enerjilerinin de azaldığını göstermişlerdir [11].

Cook, Loewen ve Shaw, "Takım Tezgahları Dinamometreleri" ismini verdikleri çalışmalarında torna, freze ve taşlama tezgahlarında oluşan kesme kuvvetlerini ölçebilecek, "gerinim ölçer tipi" dinamometre tasarımı ve imalatını yapmışlardır. Rastgele bir kuvvet uygulandığında, bu kuvvet dört ring tarafından da karşılandığını ortaya koymuşlardır [12].

Hamid ve Ali, dik metal - kesme deneylerinin büyük bir bölümünü alüminyum 2014-T6 için HSS ve sementit karpit takımlar kullanarak; devir sayısı, ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi geniş bir kesme değişkenleri yelpazesi üzerinde yapmışlardır. Takım - iş parçası temasından sonraki ilk birkaç devir süresince, geçici dinamik kuvvet davranışını kaydederek zaman ve

frekans analizleri yapmışlar ve deneylerin bir çoğunda kesme şartlarına bağlı olarak 1,5-2 devir seviyelerinde, kesme ve itme kuvvetlerinin denge durumuna ulaştıklarını göstermişlerdir [13].

Malkoçoğlu [14] farklı kesim açıları ve sevk hızlarında çeşitli ağaçların yüzey düzgünlükleri ve işlenme özelliklerini araştırmıştır. Sevk hızı ve kesim açısı azaldıkça ağaç malzemelerin makinede işlenmesinin daha kolay olduğu, buna paralel olarak yüzey düzgünlüklerinin arttığı görülmüştür.

Malkoçoğlu ve Özdemir [15] yaptığı çalışmada Doğu Karadeniz bölgesinde yetişen bazı sert ve yumuşak ağaçların makinelerde işlenme özelliklerini araştırmış ve bütün ağaç türlerinde düşük kesim açılarında en iyi yüzey düzgünlüğünü elde edildiğini belirlemiştir. Ancak bazı ağaç türlerinin yüksek sevk hızı, bazı türlerin ise düşük sevk hızında yüzey düzgünlüğü ve makinede işleme performanslarının arttığı görülmüştür.

Aguilera ve Martin [16] kayın ve ladin ağaçlarının kesme kuvvetleri, güç gereksinimleri ve yüzey düzgünlüklerini araştırmıştır. Ayrıca her iki ağaç türü için farklı kesme derinlikleri, kesme hızları ve besleme oranlarında güç tüketim miktarları ve yüzey düzgünlükleri ölçülmüştür. Kesme açısı, kesme hızı kesme derinliği ve ağaç malzeme yoğunluğuna bağlı olarak kesme kuvvetlerinin önemli derecede değiştiği, güç tüketim miktarlarının da aynı faktörlere bağlı olarak değiştiği ve aralarında güçlü bir korelasyon olduğu belirtilmektedir.

Bu çalışmada, makine (motor) ve kesicilerin, ağaç malzemelerin işlenmesi esnasında maliyete etki eden farklı zorlanmalara maruz kaldığı varsayılmıştır. Bunun için, sert ağaç malzeme grubundan örnek olarak seçilen Doğu kayını, sapsız meşe, adi dişbudak ve yalancı akasya olmak üzere dört çeşit ağaç malzemenin, yatay (alt) freze makinesine ve buna bağlı bulunan kesicilere karşı gösterdiği zorlamalar, motorun çektiği akım değerleri üzerinden tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen akım değerleri harcanan elektrik enerjisine dönüştürülerek, enerji tüketim maliyetleri hesaplanmıştır. Yatay freze makinesi ve kesicilerin enerji tüketim maliyetlerinin, farklı ağaç malzeme türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk (ilerleme) hızlarındaki değişimi incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METHOD (MATERIALS AND METHODS)

### 2.1. Materyal (Materials)

Deneylerde, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*quercus petraea* L.), adi dişbudak (*fraxinus excelsior* L.) ve yalancı akasya (*robinia pseudoacacia* L.) odunları denemelerde kullanılmak üzere, Ankara Siteler piyasasındaki 1. sınıf malzemelerden rasgele seçim (randomly selected) yöntemi ile temin edilmiştir. Numuneler, ağaç malzemenin diri odun kısımlarından

elde edilmiştir. Deney örneklerinin rendelenmesinde, sürücülü bir yatay freze makinesinden faydalanılmıştır. Akımı ölçmek için ise ampermetre kullanılmıştır.

Kullanılan yatay freze makinesi, 2900, 6000 ve 10000 dev/dak.'da ayarlanabilir olan motor devir sayılarına sahip, sürücü takılabilme özelliğinde bir makinedir. Freze makinesine ait motor güç bilgileri ise Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Yatay freze makinesine ait motor güç bilgileri (The motor powers information of horizontal fraise machine)

CENGİZ			Tip:CM112M-2	
3 Motor			Nc	127375
A	V	380	A	8,03
5,5	HP	4	Kw	2884d/d
120:8	CosPO,89		50Hz	
TP4 4-10, 41- B3			S1 Rot: N	
TS 737- 3067			1 51	

Sürücü, üç tekerlekli ve 4,08m/dak., 6,3m/dak. ve 12,48m/dak. sevk hızlarında ayarlanabilir özelliktedir. Freze ve sürücüye ait tüm ayarların ise düzgün ve hassas olmasına dikkat edilmiştir.

Ağaç malzemenin rendelenmesinde 85 mm çapında ve 50 mm genişliğindeki alüminyum freze topu üzerinde, sıkışmış karbon çeliğinden üretilmiş, körelmeye karşı daha dayanıklı, çift taraflı 40° kama açısına sahip olan sert metal jilet bıçağı kullanılmıştır. Kesicilerin yeni ve bilenmiş olmalarına özen gösterilmiştir. Kullanılan freze topu ve kesici takımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Ağaç malzemelerin rendelenmesi esnasında elektrik devresinden kaç amper geçtiğini (elektrik akım şiddetini) ölçmek için ampermetre kullanılmıştır. Devreden geçen akım şiddetinin değerini doğrudan doğruya hızlı ve hassas bir şekilde amper olarak okunabilecek şekilde bölümlendirilmiş kadranlı, hassas analog göstergeli 8A ve 12 A 'lik iki ayrı ampermetre kullanılmıştır. Alıcıdan geçen akım, aynı zamanda ampermetreden de geçtiğinden alet, alıcı (yük veya cihaz) ile arka arkaya seri bağlama yapılarak yerleştirilmiştir. Ampermetrenin elektrik



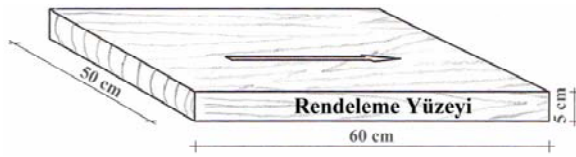
**Şekil 1.** Jilet bıçaklı freze topu (Razor blade fraise ball)

devresinden geçen akımı doğru olarak ölçüm yapıp yapmadığı ve ölçtüğü akımı değiştirmede kontrol edilmiştir.

## 2.2. Metod (Method)

### 2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması (Preparation of the specimens)

Deney örneklerini, makineye sürücü ile rahat verebilmek ve titreşimsiz hassas bir rendeleme yapabilmek için ağaç malzemeler yan yana yapıştırılarak, numune 500 mm.'ye kadar geniş tutulmuştur. Numunelerin boyu 600 mm., kalınlığı ise 50 mm. ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney örneğine ait görünüş Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Deney örneği (Test sample)

Araştırmada kullanılan Şekil 2'deki ağaç malzeme ölçülerine kaba tolerans verilerek, yeterli miktarda taslak parçalar hazırlanmıştır. Hazırlanan taslak parçalar TS 2471 esaslarına göre bağıl nemi  $65 \pm 3$  ve sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C olan kapalı ortamda ağırlıkları değişmez hale ulaşmaya kadar bekletilmiştir [17]. Kurutulan %12 denge rutubetteki taslak parçalar, daha sonra son ölçülerinde ebatlanarak, lif yönüne paralel ve teğet yönde rendeleme yapılmak üzere deneye hazır hale getirilmiştir. Ayrıca, deneylerde kullanılan ağaç malzemelerin yoğunlukları hesaplanmıştır.

### 2.2.2. Akım ölçüm testi (The test of current measure)

Yaklaşık %12 rutubetteki taslak parçalar, 2900

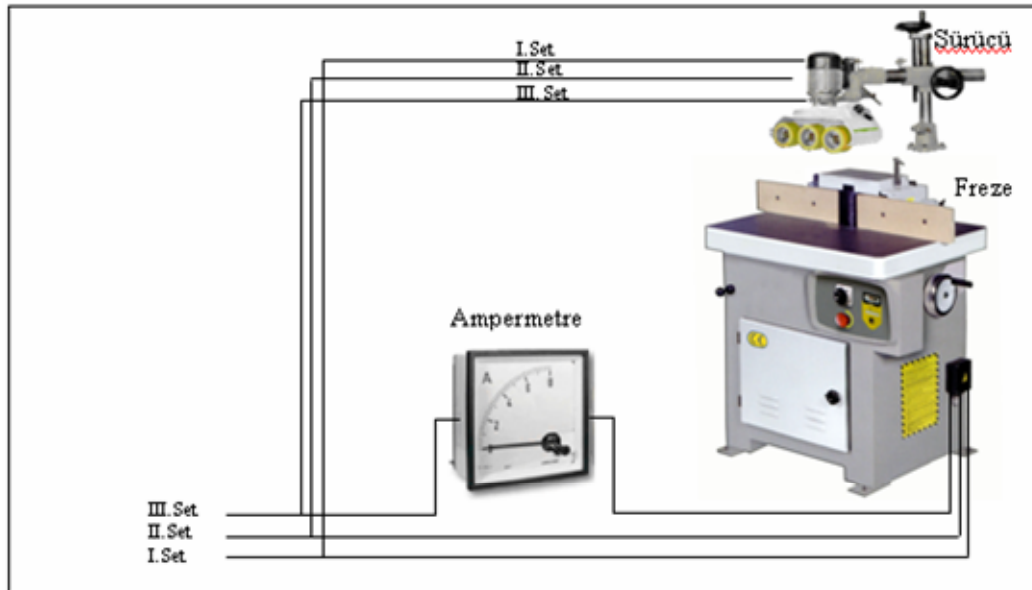
dev/dak., 6000 dev/dak. ve 10000 dev/dak. motor devir sayılarında işlenirken, sevk hızları sürücü ile ayarlanmış ve 4,08 m/dak., 6,30 m/dak., 12,48 m/dak. olmak üzere üç değişik sevk hızında, 2 mm talaş kaldırma derinliğinde makineye verilmiştir. Sürücünün elektriği, motordan önce fazlardan alınarak motorun çektiği akımı etkilememesi sağlanmıştır. Motora gelen üç fazında aynı olduğundan, analog ampermetre tek faz üzerine bağlanarak deney düzeneği hazırlanmıştır. Makine ilk çalıştırıldığında ve kesicilerin ağaç malzemeyi rendelemeye başladığında motorun yüksek akım çekmesi sonucu hassas göstergeli ve yüksek akım ölçebilen iki arı ampermetre kullanılmıştır. Rendelenen deney numunesinin sevk sırasında, motor ivmesi ve ampermetrede gözlenen kadrandaki değer sabit hale geldiğinde (rendelemede 500 mm.'ye gelindiğinde) ölçüm değeri alınmıştır. Önce yüksek akıma göre tasarlanmış olan (kaba ölçüm yapılabilen) 12 A'lık bir ampermetre ile işleme başlanmıştır. Daha sonra önceden hazırlanan bir anahtar düzeneği ile ampermetre devreden çıkartılarak, hassas ölçüm yapabilen diğer 8 A'lık başka bir ampermetre devreye sokularak ölçüm değeri alınmıştır. Deney düzeneği Şekil 3'de gösterilmiştir.

Ampermetrenin titreşimini engellemek için ölçümün yapıldığı masanın üzerinde titreşimi engelleyici yalıtkan malzemeler kullanılarak, cihaz, toz ve kir kaynaklarından etkilenmeyecek şekilde yerleştirilmiştir.

Ölçüm değerinin güvenilirliği için, her bir deney numunesi 5 kez rendeleme işlemine tabi tutulmuştur.

### 2.2.3. Ağaç malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi (Determine of mechanical and physical properties of wooden materials)

Deneyde kullanılan ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla TS



Şekil 3. Deney düzeneği (Test Mechanism)

2470 standardına uygun olarak alınan numuneler üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Ağaç malzemelerin özgül ağırlık değerleri TS 2472, Brinell sertlik değerleri ASTM D2240, liflere paralel basınç dayanımları ise TS 2595 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [18-21].

#### 2.2.4. Enerji Tüketim Maliyetlerinin Hesaplanması (Calculation of Energy Consumption Costs)

Farklı ağaç türü, sürücü sevk hızı ve motor devir sayılarında gerçekleştirilen rendeleme işlemlerinde elde edilen akım değerleri aşağıdaki formül (1) kullanılarak harcanan elektrik gücü belirlenmiştir [11].

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Formülde;

P= Harcanan elektrik gücü (kW),

V= Cihazın besleme gerilimi (V),

I= Cihazın çektiği elektrik akımı (A),

$\phi$  = Güç katsayısını (0,95) ifade etmektedir.

Elektrik gücü verileri kullanılarak aşağıdaki formül (2) yardımı ile bir saatte harcanan elektrik enerjisi miktarları hesaplanmıştır [22].

$$W = P \cdot t \quad (2)$$

Formülde;

W= Harcanan elektrik enerjisini (kWh),

P= Harcanan elektrik gücü (kW),

t = zamanı (1 saat) ifade etmektedir.

Elde edilen harcanan elektrik enerjisi değerleri "Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi" TEDAŞ tarafından sanayi kuruluşları için açıklanan 2008 yılı elektrik birim fiyatı olan 11,482 Ykr ile çarpılarak "Elektrik enerjisi tüketim maliyetleri" (Ykr/kWh) hesaplanmıştır [23].

#### 2.2.5. Verilerin Değerlendirilmesi (Evaluation of the Data)

Sert ağaç malzemelerin rendelenmesindeki makine ve kesicilerin enerji tüketim maliyetlerinin belirlenmesinde ağaç malzeme türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızının etkilerini belirlemek üzere her gruptan 5'er adet olmak üzere toplam 180 (4x3x3x5) adet ölçüm yapılarak elde edilen değerler istatistiksel işlemlere tabi tutulmuştur.

Verilerin istatistik analizinde elde edilen enerji tüketim maliyeti değerleri üzerinde, ağaç malzeme, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı türünün etkilerini belirlemek amacıyla çok yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları karşılaştırabilmek amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Ayrıca her bir ağaç malzeme türünde motor devir sayısı ve sürücü sevk hızına bağlı olarak çoklu lineer regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Rendeleme işlemi yapılan farklı sert ağaç malzemelerin farklı motor devir sayısı ve sürücü sevk hızlarındaki ortalama enerji tüketim maliyetlerine ait açıklayıcı istatistikler Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca

**Tablo 2.** Farklı ağaç türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızlarında elde edilen enerji maliyetlerine ait açıklayıcı istatistikler (The descriptive statistics related to the effects of different wooden materials to the motor revolution number and driver dispatch speed)

Ağaç Türü	Motor Devir Sayısı (dev/dak)	N	Sürücü Sevk Hızı (m/dak)					
			I. (4,08)		II. (6,30)		III. (12,48)	
			Ort. Enerji Maliyeti (Ykr/kWh)	Std. Sapma	Ort. Enerji Maliyeti (Ykr/kWh)	Std. Sapma	Ort. Enerji Maliyeti (Ykr/kWh)	Std. Sapma
Sapsız meşe	I. (2900)	5	26,8633	1,2122	30,3506	0,3830	31,9950	0,1470
	II. (6000)	5	32,6046	0,2506	34,1214	0,2905	41,9040	1,5524
	II. (10000)	5	36,1486	0,0000	38,6293	0,2506	49,0486	2,0906
	Toplam	15	31,8722	4,0151	34,3671	3,5150	40,9825	7,3710
Yalancı akasya	I. (2900)	5	26,3105	0,2940	30,3506	0,1453	34,6034	0,1453
	II. (6000)	5	29,4150	0,2506	32,9590	0,2506	39,6925	0,8681
	II. (10000)	5	35,6666	0,2897	36,7298	0,1453	50,0410	0,8082
	Toplam	15	30,4640	4,0358	33,3465	2,7161	41,4456	6,6792
Adi dişbudak	I. (2900)	5	25,1622	0,2506	29,2874	0,6308	30,9318	0,2905
	II. (6000)	5	28,5786	0,1453	31,5414	0,0000	39,5366	0,1268
	II. (10000)	5	33,5118	0,1268	37,9206	0,2506	41,4078	0,3024
	Toplam	15	29,0842	3,5517	32,9165	3,8018	37,2921	4,7277
Doğu kayını	I. (2900)	5	24,7370	0,9509	27,1610	0,1453	34,1214	0,1470
	II. (6000)	5	27,6430	0,0000	29,4150	0,0000	34,3766	0,2506
	II. (10000)	5	30,6341	0,1268	33,7670	0,1470	40,3021	0,3869
	Toplam	15	27,6714	2,5443	30,1144	2,8402	36,2667	2,9669

ağaç türlerinde motor devir sayısı ve sürücü sevk hızına bağlı olarak meydana gelen enerji tüketim verilerine ait grafik Şekil 4'te görülmektedir.

DeneySEL çalışmalar sonucunda elde edilen enerji tüketim maliyetleri üzerinde Ağaç malzeme türü faktörünün dört seviyesi (Meşe, Dişbudak, Kayın, Akasya), Motor devir sayısı faktörünün üç seviyesi (2900, 6000 ve 10000 dev/dak) ve Sürücü sevk hızı faktörünün ise üç seviyesinde (4.08, 6.30 ve 12.48 m/dak) gerçekleştirilen çok yönlü varyans analizi sonucunda **Ağaç Türü \* Sürücü Sevk Hızı \* Devir Sayısı** interaksiyonunun istatistik olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $p \leq 0,01$ ) (Tablo 3).

Enerji tüketim maliyeti değerleri bakımından ağaç türleri arasında gözlenen farkların Sürücü sevk hızı ve Motor devir sayısına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Benzer şekilde, Sürücü sevk hızları arasında gözlenen farkların ağaç türü ve Motor devir sayısına, Motor devir sayıları arasında gözlenen farklarında Sürücü sevk hızı ve ağaç türüne bağlı olarak değişmektedir.

Ağaç malzeme türü - Motor devir sayısı - Sürücü sevk hızı üçlü etkileşimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

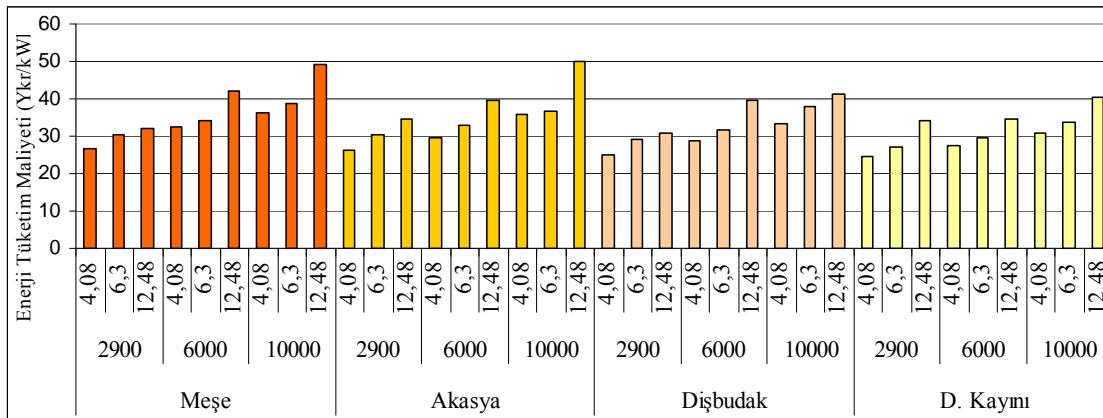
Bu sonuçlara göre, makine ve kesicileri en az enerji tüketim maliyetine sahip olan 2900 dev/dak. motor devir sayısında ve 4.08 m/dak. sürücü sevk hızında rendelenen Doğu kayını (24,73 Ykr/kWh) ve adi dişbudak (25,16 Ykr/kWh) odunu olduğu tespit edilmiştir. En fazla enerji tüketim maliyetine sahip olan ise 10000 dev/dak. motor hızı ve 12.48 m/dak. sürücü sevk hızı ile yalancı akasya (50,04 Ykr/kWh) odunu olduğu ortaya çıkmıştır. Aynı işleme özelliklerinde rendelenmesine rağmen ağaç malzemelerin her biri, motoru farklı zorlamalara maruz bırakarak, farklı elektrik akımları çekmesine sebep olduğu görülmüştür. Bu durum, ağaç malzeme türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu göstermekte ve literatürle de uyum sağlamaktadır [9].

Farklı ağaç malzeme türleri, motor devir sayıları ve sevk hızlarında yapılan rendeleme işleminde enerji tüketim maliyetleri bakımından farklılık olup olmadığını görebilmek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre enerji tüketim maliyetlerinin, ağaç malzeme türlerine bağlı olarak  $p \leq 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, ağaç malzeme türleri arasında makine ve kesicilere karşı en az enerji tüketim maliyeti Doğu kayınında (31,35 Ykr/kWh) gözlenirken, bunu sırası ile adi dişbudak (33,09 Ykr/kWh), yalancı akasya (35,08 Ykr/kWh) ve sapsız meşe (35,74 Ykr/kWh) odunu takip etmiştir. Çekilen farklı akım değerlerinden anlaşıldığı üzere her ağaç malzemenin farklı enerji tüketim maliyetlerini ortaya çıkardığı görülmüştür. Bu durumun, her malzemenin farklı fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkisinden kaynaklandığı söylenebilir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, enerji tüketim maliyetlerinin motor devir sayısına bağlı olarak  $p \leq 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklı olduğu anlaşılmıştır. Motor devir sayıları arasında en az enerji tüketim maliyeti 2900 dev/dak.'da (29,32 Ykr/kWh) gözlenirken, bunu sırası ile 6000 dev/dak. (33,48) ve 10000 dev/dak. (38,65) takip etmiştir. Bu sonuçlardan, devir sayısı arttırıldığında ağaç malzemenin rendelemeye karşı gösterdiği direncinin de arttığı, buna bağlı olarak enerji tüketim maliyetlerinin de arttığı söylenebilir. Bu durumun birim zamandaki her dişe isabet eden iş miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir [10].

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, enerji tüketim maliyetlerinin sürücü sevk hızlarına bağlı olarak  $p \leq 0,05$  anlamlılık düzeyinde farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre en az enerji tüketim maliyeti sırası ile 4.08 m/dak.'da 29,77 Ykr/kWh, 6,30 m/dak.'da 32,68 Ykr/kWh ve 12,48 m/dak.'da 38,98 Ykr/kWh olarak gerçekleşmiştir. Sonuçta, sürücü sevk hızı arttırıldığında rendelemeye karşı malzemenin gösterdiği direncin de arttığı, bunun için ise makinenin daha fazla akıma ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır. Bunun sonucunda enerji tüketim



Şekil 4. Motor devir sayısı ve sürücü sevk hızına bağlı olarak meydana gelen enerji tüketim maliyetleri (The cost of energy consumption related to the motor revolution number and driver dispatch speed)



**Tablo 3.** Varyans analizi sonuçları (The results of varyans analysis)

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-testi	Anlamlılık düzeyi ( $p \leq 0,05$ )
Düzeltilmiş Model	126,441	35	3,613	529,299	0,000 *
Intercept	4097,716	1	4097,716	600373,586	0,000 *
Ağaç Malzeme Türü	10,667	3	3,556	520,947	0,000 *
Sürücü Sevk Hızı	53,102	2	26,551	3890,073	0,000 *
Devir Sayısı	52,158	2	26,079	3820,963	0,000 *
Ağaç Türü * Sürücü Sevk Hızı	1,277	6	0,213	31,187	0,000 *
Ağaç Türü * Devir Sayısı	3,088	6	0,515	75,401	0,000 *
Sürücü Sevk Hızı * Devir Sayısı	2,777	4	0,694	101,709	0,000 *
<b>Ağaç Türü*Sürücü Sevk Hızı*Devir Say.</b>	<b>3,373</b>	<b>12</b>	<b>0,281</b>	<b>41,182</b>	<b>0,000 *</b>
Hata	0,983	144	0,006825		
Toplam	4225,141	180			
Düzeltilmiş Toplam	127,424	179			

\*  $p \leq 0,05$  anlamlılık düzeyinde fark vardır.

maliyetlerinin de arttığı görülmüştür. Bu durumun, motor gücünün rendeleme esnasında sabit olmasına rağmen, sürücü sevk hızı yükseldiğinde birim zamandaki her dişe isabet eden iş miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [11]. Rendelenen ağaç malzeme yüzeylerinde görülen lif kopmaları bunu desteklemektedir.

Deneylerde kullanılan ağaç malzemelerin enerji tüketim maliyetleri ile ilişki kurabilmek üzere özgül ağırlık, brinell sertlik ve liflere paralel basınç değerleri belirlenmiştir. Belirlenen değerlerin doğruluk derecesi literatürle de karşılaştırılarak [24-26] enerji tüketim maliyetleri ile birlikte Tablo 6'da verilmiştir.

Deneylerde kullanılan ağaç malzemelerin her biri, özgül ağırlık ( $r^{12}$ ) ve brinell sertlik değerlerine göre ( $H^l$ ) enerji tüketim maliyetleri bakımından oransal farklılıklar göstermişlerdir. Bu durum, her bir ağaç malzemenin rendelemeye etki eden faktörler karşısında makine ve kesicilere karşı farklı enerji tüketim maliyetleri göstereceğini ortaya koymaktadır.

Rendeleme esnasında motor devir sayısı artırıldığında motora bağlı olan rotor mili ve kesici hareketinin sağlanabilmesi için daha fazla akım gerekmektedir. Motor devir sayısı artırıldığında, birim zamanda kesilen yonga sayısı artmakta olup, her bir kesilen yonga için harcanan güç azaldığından, motor kendi devrini (hızını) kaybetmeden hareketine devam etmeye çalışmaktadır. Olması gereken kesme kuvveti ise, ağaç malzemenin en yüksek dirençli kesme kuvvetini yenebilecek olan kesme atalet direncine bağlı kesme atalet kuvveti olmalıdır.

Kuvvet, hız ve buna bağlı etkenlerin, gücü direkt etkilediği söylenebilir [27]. Ayrıca, rendeleme işlemi yapan kesiciler sahip oldukları kama açılardan dolayı ( $40^\circ$ ) yonganın odundan yarılarak kopmasına fırsat vermeden, yüksek hızlarından ötürü şok etki yaparak düzgün bir kesme işlemi ile motorun zorlanmasını artırmadığı düşünülmektedir. Hızı düşük olan kesicilerde ise, rendeleme esnasında ağaç malzemenin

kestiği/kopardığı talaşı hızlı bir şekilde atmadığı (savurmadığı) ve rendelenmesi gereken ağaç malzeme lifleri arasında sıkışarak liflerde kopmalara sebebiyet verdiği tahmin edilmektedir. Bu durumdan ötürü koparmaya karşı motorun daha fazla akım çekmesine ve enerji tüketim maliyetinin artmasına sebep olduğu düzgün yüzeyli bir rendelenmenin de yapılamadığı düşünülmektedir. Sonuçta, yüksek motor devri ile yapılan rendelemede daha fazla güç harcadığı, ancak bunun kendi rotor mili ve bu mile bağlı olan kesicilerin hareketi için harcanan güçten kaynaklandığı, bunun yanında rendelemeye daha az bir güç gerektiği ifade edilebilir [11]. Ağaç malzemenin rendelenebilmesi için harcanılacak olan akım miktarından ziyade, asıl olan motorun yüksek devirde kendi hareketini sağlayabilmesi için ciddi bir akımın gerektiği söylenebilir.

Her bir ağaç türü için motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı göz önünde bulundurularak çoklu lineer regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda elde edilen  $r^2$  değerleri ve oluşan model denklemleri Tablo 7'de verilmiştir. Model denklemde E=Enerji tüketim maliyetini, M=Motor devir sayısını, D=Sürücü sevk hızını a,b,c ise regresyon analizi sonucunda bulunan katsayıları ifade etmektedir. Elde edilen regresyon model denklemlerine ait grafik ise Şekil 5'te görülmektedir.

Gerçekleştirilen regresyon analizi sonuçlarına göre, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı değerlerine bağlı olarak enerji tüketim maliyeti değerleri sapsız meşe için  $r^2=0,921$ , yalancı akasya için  $r^2=0,936$ , adi dişbudak için  $r^2=0,923$  ve doğu kayını için  $r^2=0,975$  olan determinasyon katsayıları ile tahmin edilebilmektedir.

Gerçekleştirilen regresyon model denklemlerine göre, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı değerlerine bağlı olarak her bir ağaç malzemenin enerji tüketim maliyetlerinin %3 hata olasılığı ile önceden tahmin edilmesinin mümkün olduğu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında, bilgisayar teknolojisi kullanı-

**Tablo 4.** Ağaç malzeme türü - motor devir sayısı - sürücü sevk hızı üçlü etkileşimine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Duncan multiple comparison test results of triple interactions of wooden material type- motor revolution number-driver dispatch speed)

Ağaç Malzeme Türü	Motor Devir Sayısı (dev/dak)	Sürücü Sevk Hızı (m/dak)	Ortalama enerji tüketim maliyetleri (Ykr/kWh)																	
			Farklı olan gruplar (p≤0,05)																	
			(Aynı sütunda olan veriler birbirinden farklı olmayan grupları ifade etmektedir)																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Sapsız meşe	2900	4.08	26,86	26,86																
		6.30			30,35	30,35														
		12.48						31,99	31,99											
	6000	4.08							32,60	32,60										
		6.30									34,12	34,12								
		12.48																41,90		
	10000	4.08												36,14	36,14					
		6.30														38,62				
		12.48																	49,04	
Yalancı akasya	2900	4.08	26,31																	
		6.30			30,35	30,35														
		12.48											34,60							
	6000	4.08			29,41	29,41														
		6.30							32,95	32,95										
		12.48																39,69		
	10000	4.08												35,66						
		6.30													36,72					
		12.48																		50,04
Adı dışbudak	2900	4.08	25,16																	
		6.30			29,28															
		12.48				30,93	30,93													
	6000	4.08			28,57															
		6.30						31,54	31,54											
		12.48																39,53		
	10000	4.08									33,51	33,51								
		6.30															37,92			
		12.48																	41,40	
Doğu kayını	2900	4.08	24,71																	
		6.30		27,16	27,16															
		12.48											34,12	34,12						
	6000	4.08			27,64															
		6.30				29,41	29,41													
		12.48											34,37	34,37						
	10000	4.08					30,64													
		6.30									33,76	33,76	33,76							
		12.48																40,30		

arak talaş kaldırma mekanizmasında büyük iyileştirmelerin yapılabileceği gibi ekonomiye de fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

Aguilera ve Martin [16]'in kesme açısı, kesme hızı kesme derinliği ve ağaç malzeme yoğunluğuna bağlı olarak kesme kuvvetlerinin önemli derecede değiştiği, güç tüketim miktarlarının da aynı faktörlere bağlı

**Tablo 5.** Ağaç malzeme türleri arasında gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları (Duncan test results carried out among wooden material type)

Faktörler	N	Farklı Olan Gruplar (p≤0,05) Enerji tüketim maliyeti (Ykr/kWh)				
		1	2	3	4	
Ağaç Malzeme Türü	Doğu kayını	45	31,3508	-	-	-
	Adı dışbudak	45	-	33,0976	-	-
	Yalancı akasya	45	-	-	35,0854	-
	Sapsız meşe	45	-	-	-	35,7406
Motor Devir Sayısı (dev/dak)	2900	60	29,3229	-	-	-
	6000	60	-	33,4823	-	-
	10000	60	-	-	38,6506	-
Sürücü Sevk Hızı (m/dak.)	4.08	60	29,7729	-	-	-
	6.30	60	-	32,6861	-	-
	12.48	60	-	-	38,9967	-



**Tablo 6.** Ağaç malzemelerin enerji tüketim maliyetleri ile özgül ağırlık, brinell sertlik ve liflere paralel basınç değerleri arasındaki ilişkisi (The relation of among wooden material, specific gravity, Brinell hardness and compressive strength)

Ağaç Malzeme Türü	Özgül ağırlık $r^{12}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Brinell Sertlik ( $H^l$ ) (Kg/mm <sup>2</sup> )	Liflere Paralel Basınç Direnci (Kg/cm <sup>2</sup> )	Enerji tüketim maliyeti (Ykr/kWh)
Doğu kayını	0,66	5,60	644	31,3508
Adi dişbudak	0,69	6,50	520	33,0976
Yalancı akasya	0,76	7,82	730	35,0854
Sapsız meşe	0,69	6,60	650	35,7406

olarak değiştiği ve aralarında güçlü bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Araştırmada motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı ile enerji tüketim maliyetleri arasında güçlü bir ilişkinin olduğu ve bu sonucun literatürle paralellik gösterdiği görülmüştür.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATION)

Bu çalışmada, sert ağaç malzeme grubundan olan Doğu kayını, sapsız meşe, adi dişbudak ve yalancı akasya odunlarının rendelenme esnasında makine (motor) ve kesicilere karşı göstermiş olduğu zorlamaları, motorun çektiği akım değerleri üzerinden tespit edilmiştir. Elde edilen akım değerlerinden yararlanılarak rendeleme işlemindeki enerji tüketim maliyetleri hesaplanmıştır. Kullanılan yatay freze makinesi ve kesicilerin enerji tüketim maliyetlerindeki değişim, ağaç malzeme türlerine, motor devir sayılarına ve sürücü ilerleme hızlarına göre değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, aynı işlemlerin uygulandığı sert ağaç malzemelerden en az enerji tüketim maliyetinin Doğu kayını odununda olduğu gözlenirken, bunu sırası ile adi dişbudak, yalancı akasya ve meşe odunu takip etmiştir. Deneylede kullanılan ağaç malzemelerin, bu sıralama göz önünde bulundurularak endüstride tercih edilmesi durumunda, elektrik sarfiyatı ve makine / motor yıpranma unsurları bakımından avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Motor devir sayısı artırıldığında, ağaç malzemenin rendelemeye karşı gösterdiği dirençten ötürü daha fazla bir güç harcandığı, ancak bunun makinenin kendi rotor mili ve bu mile bağlı olan kesicilerinin hareketi için gereken güçten kaynaklandığı, bunun yanı sıra rendelemeye daha az bir güç gerektiği ifade edilebilir.

Ağaç malzemenin rendelenebilmesi için harcanılacak olan akımdan ziyade, gerçekte motorun yüksek devirde kendi hareketini sağlayabilmesi için ciddi bir akıma gerek duyduğu söylenebilir. Makine motorunun lüzumsuz akım çekerek elektrik maliyetini artırmaması ve kesicilerin gereksiz yere kirlenmemesi için

gereğinden fazla motorların yüksek devirlerde kullanılmaması önem arz etmektedir.

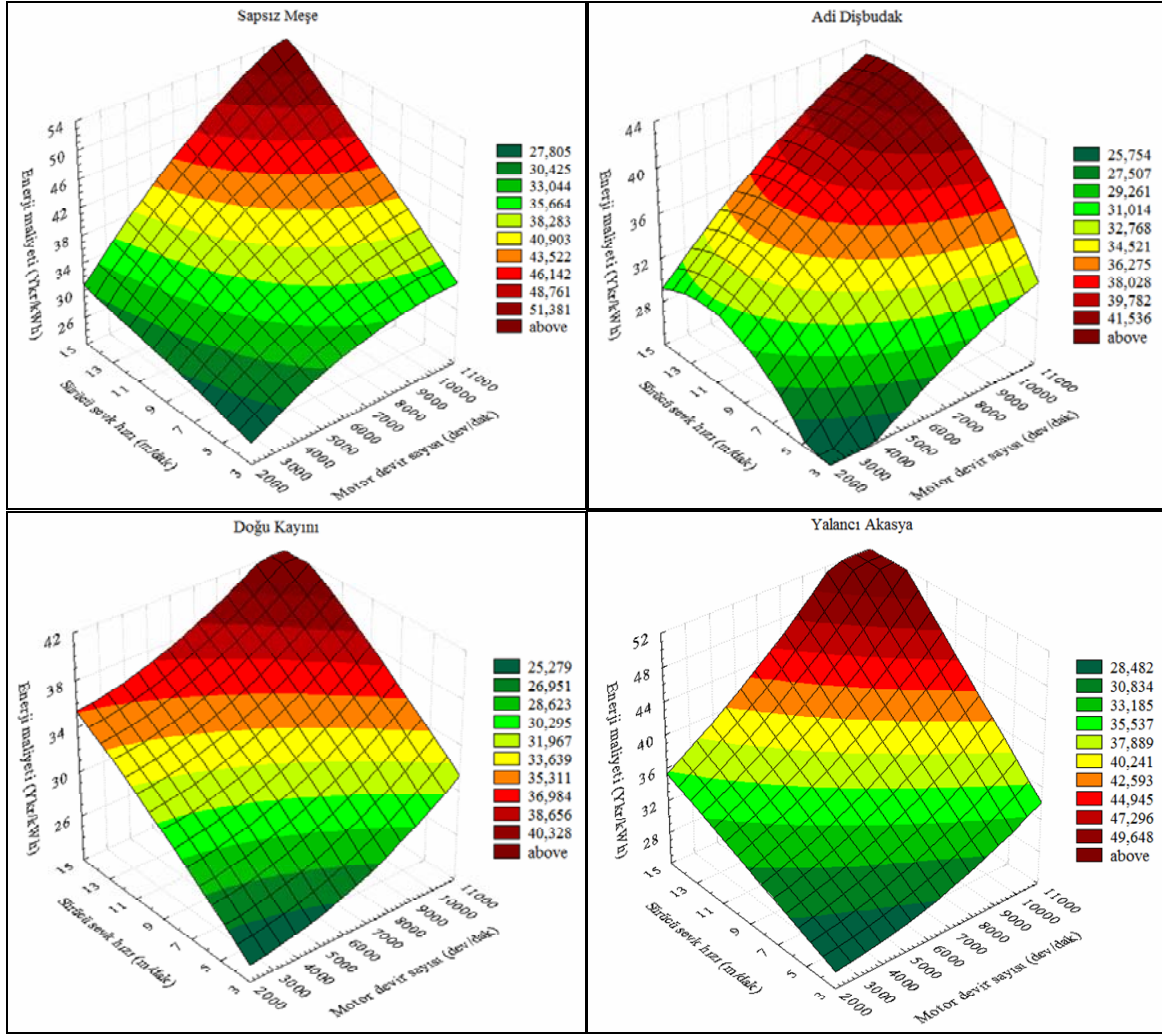
Sürücü sevk hızı artırıldığında rendelemeye karşı malzemenin gösterdiği direncin de arttığı, bunun için ise makinenin daha fazla akıma ihtiyaç duyduğu ve enerji tüketim maliyetini arttırdığı ortaya çıkmıştır. Sonuçta, sürücü sevk hızı artırıldığında rendelemeye karşı malzemenin gösterdiği direncin de arttığı, bunun için ise makinenin daha fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duyduğu ortaya çıkmıştır. Bu gibi bir durumla karşılaşılması için, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızının, tercih edilen ağaç malzemeye ve istenilen yüzey kalitesine göre senkronize bir şekilde çalıştırılması ve aşırı zorlanmalara maruz kalınmayacak sürücü sevk hızlarında rendeleme yapılması önerilmektedir. Bu durum, ağaç malzeme türü, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir.

Deneylede kullanılan ağaç malzemelerin her biri, özgül ağırlık ( $r^{12}$ ) ve brinell sertlik değerlerine göre ( $H^l$ ) enerji tüketim maliyetleri bakımından oransal farklılıklar göstermişlerdir. Bu durum, her ağaç malzemenin rendelemeye etki eden faktörler karşısında makine ve kesicilere karşı farklı enerji tüketim maliyetlerinin ortaya çıkacağını göstermektedir. Gerçekleştirilen regresyon model denklemlerine göre, motor devir sayısı ve sürücü sevk hızı değerlerine bağlı olarak her bir ağaç malzemenin enerji tüketim maliyetlerinin %3 hata olasılığı ile önceden tahmin edilmesinin mümkün olduğu ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar ışığında, bilgisayar teknolojisi kullanılarak talaş kaldırma mekanizminde çok büyük iyileştirmelerin yapılabileceği gibi ekonomiye de fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.

Özellikle seri üretim yapan büyük ölçekli işletmelerde, enerji tüketim maliyetlerine göre avantaj gösteren ağaç malzemelerin, elde edilen sonuçlar ışığında tercih edilerek, elektrik enerjisinden, makine, motor ve kesici yıpranma maliyetlerinden önemli derecede tasarruf edebilecekleri düşünülmektedir.

**Tablo 7.** Her bir ağaç türünde gerçekleştirilen çoklu lineer regresyon analizi sonuçları (The results of multiple linear regression carried out each wooden type)

Ağaç Türü	Model Denklemi (Y=a+bX +cZ)	Determinasyon Katsayısı ( $r^2$ )
Sapsız meşe	E=17.367+0.001608*M+1.082*D	0.921
Yalancı akasya	E=15.828+0.001475*M+1.308*D	0.936
Adi dişbudak	E=18.029+0.001280*M+0.919*D	0.923
Doğu kayını	E=18.005+0.000888*M+1.017*D	0.975



Şekil 5. Elde edilen regresyon model denklemlerine ait grafik (The graphic of regression model equations)

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. D. Williams, R. Morris, Machining and Related Mechanical Properties of 15 B.C. Wood Species, **Forintek Canada Grp. Vancouver**, B.C, Special Ruplication No. Sp-39, 1998, p. 31.
2. M. Cantin, Machining Properties of Sixteen Wood Species from Eastern Canada, **Dept. of Forestry, Pub. No.: 1111**, Eastern Canadian Woods, Ottawa Forest Products Lab., 31pp.
3. T. Lihra, S. Ganey, Machining Properties of Eastern Species and Composite Panels, **Forintek Canada Corp.** Western Region, 2665 East Mall, Canadian Forest Service, Project No.: 2306, 1999, p. 62.
4. R.E. Hernandez, C. Bustos, Y. Fortin, J. Beaulieu, Wood machining properties of White spruce from plantation forests, **Forests Products J.** 51 (6) (2001) 82–88.
5. Korkut, İ., Dönertaş, M. A., Şeker, 1999, U., Üç boyutlu dinamometre tasarımı ve imalatı, **ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi**, Yıl 2, Sayı 1-2: 115-129.
6. İlhan, R., vd., 1990, Ağaç İşlerinde Kesme Teorisi ve Mobilya Makineleri, **Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü**, Ankara.
7. Mustafa Günay, 2003, Talaş Kaldırma İşlemlerinde Kesici Takım Talaş Açısının Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara
8. Hammond, J.J., Donnelly, E.T., Harrod, W.F. vd., 1969, Ağaç İşleri Teknolojisi, **ajans-Türk Matbaacılık Sanayi**, Ankara
9. Kurt, A., 2001, “Doğrusal hareketle talaş kaldıran vargel tezgahında kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için bir dinamometre tasarımı ve imalatı, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
10. Şeker, U., 2000, Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları**, Ankara
11. Yardımoğlu, B., Boyar, L., 1992, Talaşlı imalatta takıma gelen kuvvetlerin deneysel incelenmesi, **5. Ulusal Makine ve İmalat Kongresi**, Ankara
12. Korkut, İ., 1996, Tornalama esnasında oluşan kuvvetlerin, gerilmelerin bilgisayar yardımıyla ölçülebilmesi amacıyla gerinim ölçer esasına dayalı bir dinamometre tasarımı ve imalatı,

- Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara.
13. Hamid, A. A., Ali, Y., 1995 Experimental determination of dynamic forces during transient orthogonal cutting, **Journal of Material Processing Technology**, 55 (3-4): 162-170.
  14. Malkoçoğlu, “Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions”, **Building and Environment**, 42 (2007) 2562–2567
  15. Malkoçoğlu, T. Özdemir, “The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey”, **Journal of Materials Processing Technology**, 173 (2006) 315–320.
  16. Aguilera, P. Martin, Machining qualification of solid wood of *Fagus Silvatica* L. and *Picea Excelsa* L. cutting forces, power requirements and surface poughness, **Holz Als Roh-Und Werkstoff**, 59 (2001) 483– 488.
  17. TS 2471., 1976, Odunda Fiziksel ve Mekanik Testler İçin Rutubet Miktarının Tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
  18. TS 2470, Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1976.
  19. TS 2472, Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1976.
  20. ASTM D 2240 Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness, **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, 2000.
  21. TS 2595 Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1977.
  22. Yağımlı, M., Aker, F., Alternatif Akım Devreleri&Problem Çözümleri, **Beta Yayınevi**, 2002, İstanbul.
  23. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi TEDAŞ 2008 yılı elektrik tarifeleri, [http://www.tedas.gov.tr/tarifeler\\_xls/2008\\_trf/2008%20tarifesi.xls](http://www.tedas.gov.tr/tarifeler_xls/2008_trf/2008%20tarifesi.xls)
  24. Örs, Y., Keskin, H., 2001, Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, Ders Kitabı, **Kale Ofset Matbaacılık**, S:160-167, Ankara
  25. Bektaş, İ., Güler, C., 1999, Andırın Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Doğu Kayını İle Karşılaştırılması, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Araştırma Fonu Proje Raporu**, Proje No:1998/1-6, Kahramanmaraş
  26. Berkel, A., 1970, Ağaç Malzeme Teknolojisi, **İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları**, Yayın No:1448/147, İstanbul
  27. <http://ormanendustri.blogspot.com/2006/11/03/pa-nel-kesme-metodolojisi/>