

**Parçalama Makinelerinin Tasarımında Kullanılmak Üzere Farklı Budama Artıklarının Bazı Kesme Özelliklerinin Belirlenmesi**

Determination of Some Cutting Properties of Different Pruning Wastes for Use in the Design of Shredding Machines


F. Göksel PEKİTKAN<sup>1\*</sup>, Murad ÇANAKÇI<sup>2</sup>, Abdullah SESSİZ<sup>3</sup>, Reşat ESGİCİ<sup>4</sup>


**Öz**


Bağ ve bahçelerde budama, bakım ve hasat işlemleri sonucu büyük miktarlarda ortaya çıkan budama artıkları üreticiler için sorun haline gelmektedir. Bu sorunu gidermek amacıyla budama artıklarının parçalanarak toprağa karıştırılması, böylece erozyonun engellenmesi, toprak organik madde içeriğinin artırılması, buna bağlı olarak tarımsal verimin artırılarak daha çevreci ve sürdürülebilir çözüm yöntemleri giderek önem kazanmaktadır. Parçalama işlemi, bu amaç için geliştirilmiş dal parçalama/öğütme makinalarıyla gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla söz konusu makinaların daha etkin ve verimli bir şekilde parçalama işlemini yapabilmesi için parçalanacak artıkların kesme özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Bu amaçla yapılan çalışma kapsamında, budama artıklarının parçalanması için kullanılacak bir makinanın tasarımında dikkate alınması gereken kesme kuvveti ve enerji değerleri 7 farklı bitki türü için (Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum), 2 farklı nem düzeyinde ve kesme ekseninde, çap değerleri de göz önüne alınarak kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak kesme ekseninin değiştirilmesi tüm çeşitlerde kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerini önemli oranda etkilemiş olup, yatay eksen için bulunan değerler, dikey eksen için bulunan değerlere göre oldukça yüksek olmuştur. Örneklere ait nem ve çap durumlarındaki değişimler ve etkileri incelenecek olursa, Çalı, Çam, İğde ve Şeftali çeşitlerine ait nem oranları sırasıyla % 34.5, % 30.1, % 28.6 ve % 35.6 oranları arasında düşürülmüş olsalar bile, bu nem oranlarının kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmamıştır. Andız, Ateşdikeni ve Zakkum çeşitlerinde ise diğer çeşitlerin aksine nem durumlarının değişimi ele alınan parametreler üzerinde önemli derecede etkili olmuştur. Çalışmada elde edilen bu sonuçlardan, denemeye alınan çeşitlerin budama artıklarının etkin ve verimli şekilde parçalanması için geliştirilecek bir makinanın tasarımında yararlanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Dal parçalama, Kesme kuvveti, Kesme eksen, Toprak ıslahı, Enerji verimliliği

<sup>1\*</sup>Sorumlu Yazar/Corresponding Author: F. Göksel Pekitkan, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: pekitkan@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0002-7791-7963

<sup>2</sup>Murad Çanakçı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. E-mail: mcanakci@akdeniz.edu.tr  ORCID: 0000-0002-1985-8387.

<sup>3</sup>Abdullah Sessiz, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: asessiz@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0002-3883-0793.

<sup>4</sup>Reşat Esgici, Dicle Üniversitesi Bismil Meslek Yüksekokulu, Diyarbakır, Türkiye. E-mail: resgici@dicle.edu.tr  ORCID: 0000-0003-3875-5647.

**Atıf/Citation:** Pekitkan, F.G., Çanakçı, M., Sessiz, A., Esgici, R. Parçalama Makinelerinin Tasarımında Kullanılmak Üzere Farklı Budama Artıklarının Bazı Kesme Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 390-403.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2022

---

## **Abstract**

Pruning residues that occur in large quantities as a result of pruning, maintenance and harvesting processes in vineyards and orchards become a problem for producers. In order to solve this problem, more environmentally friendly and sustainable solution methods are gaining importance by shredding the pruning residues and mixing them into the soil, thus preventing erosion, increasing the soil organic matter content, and accordingly increasing the agricultural yield. Shredding process is carried out with branch shredding/grinding machines developed for this purpose. Therefore, it is important to know the cutting properties of the residues to be shredded so that these machines can work more effectively and efficiently. For this purpose, the cutting force and energy values to be considered in the design of a machine to be used for shredding pruning residues were determined for 7 different plant species (Juniperus Drupacea, Pyracantha Coccinea, Shrub, Pine, Oleaster, Peach and Oleander), at different moisture levels and in the cutting axis, considering the diameter values. The effects of these variables were researched on cutting force, strength, energy and specific energy consumption. As a result, changing the cutting axis significantly affected the cutting force, strength, energy and specific energy consumption values in all varieties, and the values found for the horizontal axis were quite high compared to the values found for the vertical axis. When the changes in the moisture content and diameter of the samples and their effects were examined, although the moisture values of Shrub, Pine, Oleaster and Peach cultivars were reduced (respectively % 34.5, % 30.1, % 28.6, % 35.6), these moisture rates did not have a statistically significant effect on the cutting force, strength, energy and specific energy consumption. The variation of moisture content of Juniperus Drupacea, Pyracantha Coccinea and Oleander cultivars had a significant effect on the cutting parameters. These results obtained in the study can be used in the design of a machine to be developed for the effective and efficient shredding of the pruning residues of the tested varieties.

**Keywords:** Branch shredders, Cutting force, Cutting axis, Soil remediation, Energy efficiency

## 1. Giriş

Dünyada ve ülkemizde bağ ve bahçe faaliyetleri yoğun olarak yapılmaktadır. Bu faaliyetler ile birlikte budama, bakım ve hasat işlemleri sonucunda fazla miktarlarda tarımsal artık meydana gelmektedir. Tarımsal artıkların üretim alanından uzaklaştırılması ve değerlendirilmesi büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu yüzden etkili çözüm yolları ile artıkların yararlı hale getirilebilmesi üretimde önemli ölçüde avantaj sağlayacaktır. Bitkisel artıklar önemli derecede organik madde kaynağı olmakla birlikte içermiş oldukları bitki besin maddeleri yönünden de önemli bir potansiyele sahiptirler (Çıtak ve ark., 2006; Öngören, 2021). Ayrıca çevresel kaygıların ve sürdürülebilir tarım kavramının her geçen gün önem kazanmasıyla birlikte, tarımsal uygulamaların hem verimi artırıcı hem de çevreye daha duyarlı yapılabilmesi yönünde birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların arasında bahçe tarımındaki budama artıklarının söz konusu hassasiyetleri de göz önüne alarak çeşitli şekillerde değerlendirilmesini kapsayan çalışmalar da vardır. Budama işlemi sonucu ortaya çıkan bu artıklar genel olarak bahçe dışında yakılmakta, boş ve kullanılmayan alanlara bırakılmakta veya makineler ile parçalanıp farklı amaçlar için değerlendirilmektedir (Çanakçı ve ark., 2018). Budama artıklarının yakılması veya boş alanlara bırakılmasının çevreye olumsuz etkileri bulunmakta, bu nedenle söz konusu artıkların hızlı, etkili, çevreci ve mümkün olabilecek en az maliyetle değerlendirilmesi daha da önem kazanmaktadır. Tarımsal artıkların değerlendirilmesi halinde, enerji açısından ekonomik bir girdi sağlanabilecek, çevre açısından da sürdürülebilir kaliteli bir çevrenin sağlanması dolayısıyla kırsal gelişime de katkısı olabilecektir (Aybek ve ark., 2015). Ülkemizde de budama artıklarının yerinde parçalanmasından sonra direkt olarak toprağa karıştırılması üreticiler tarafından daha tercih edilir bir uygulama haline gelmiştir. Bu amaçla parçalama işlemi için genellikle gücünü traktörün kuyruk milinden alan doğrama makineleri, parçalanmış materyalin toprağa karıştırılması için de toprak işleme makineleri kullanılmaktadır (Çanakçı ve ark., 2019). Özellikle geleneksel toprak işleme uygulamaları sonrası erozyona oldukça duyarlı hale gelen toprağı koruma çalışmalarının büyük bir kısmı da erozyonun önlenmesi ve bitki artıklarının tekrar toprağa kazandırılmasıyla toprağın kimyasal yapısının korunması ve iyileştirilmesi, ayrıca tarımsal faaliyetler sonucu bozulan toprak fiziksel yapısının korunması ve geri kazanılmasına dayanmaktadır (Kocabıyık ve Kayışoğlu, 2005; Kayışoğlu ve ark., 2007). Bu uygulamadaki esas amaç parçalanmış artıkların toprağa karıştırılmasıyla erozyonun engellenmesi, toprak organik madde içeriğinin artırılması, dolayısıyla hem tarımsal verimin artırılması hem de bu artıkların yakılarak ortadan kaldırılması gibi çevreye zararlı uygulamaların önüne geçerek daha çevreci bir yaklaşım sergilemektir.

Budama artıklarının parçalanması için kullanılacak makinelerin daha etkin çalışabilmeleri ve enerjiyi daha verimli kullanabilmeleri açısından parçalanacak materyalin kesme özelliklerinin bilinmesi büyük öneme sahiptir. Bitkinin kesme özelliklerine göre tasarlanan ve imal edilen dal parçalama makinelerinin kullanımı insan iş gücünün azaltılması ve etkin kullanılması açısından faydalı örnek oluşturmaktadır. Dal parçalama makineleri ile artıkların parçalanması sonucunda çevrenin korunması, artık yönetimi ve üretimde sürdürülebilirlik gibi faydalar sağlanmaktadır. Aynı zamanda mekanik yöntemler ile zamanın etkin kullanımı sonucu arazi işlerinin zamanında yapılmasına olanak sağlamaktadır. Benzer durum, Öngören (2021) tarafından farklı üzüm çeşitlerinin budama artıklarının parçalanmasında kullanılan bir makinenin performansının değerlendirilmesine yönelik yaptığı çalışmada da ifade edilmiştir. Sessiz ve ark. (2018), bağ çubuklarının kesme işleminde kullanılabilecek bir makinenin tasarımında temel parametreler olan kesme kuvveti, kesme gerilmesi ve enerji gereksinimini belirlemiştir. Çalışmada, 8 farklı üzüm çeşidi için sürgün çapına ve neme bağlı olarak kesme özelliklerinin değişimi incelenmiş ve istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bitkinin kesme özelliklerinin sürgün kesit alanıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Çeşitler arasında kesme özellikleri bakımından önemli farklılıklar saptanmıştır. Çalışma sonucunda, budama ve benzeri kesme işlerinde bir makina tasarımında mutlaka üzüm çeşidinin kesme özelliklerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Aynı şekilde Pekitkan ve ark. (2019) tarafından yapılan benzer bir diğer çalışmada ise Şire, Öküzgözü ve Boğazkere üzüm çeşitlerinin bıçak tipi, kesme açısı ve kesme hızına bağlı olarak asmaların sürgün kesme özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, her üç çeşit için kesme özellikleri, bıçak tipi, kesme açısı ve yükleme durumuna göre değişiklikler göstermiştir. Kesme kuvveti ve enerji gereksinimi her çeşit ve bıçak tipi için ayrı olmuştur. İnceleme sonucunda; genel olarak tırtıklı ağza sahip bıçaklarda kesme kuvveti ve enerji değerinin düz-ince ağza sahip olan bıçak tipine göre daha yüksek olduğu, bıçak kesme açısı arttıkça kesme kuvveti ve kesme enerjisinin azaldığı ve kesme hızlarının artışının kesme kuvveti, kesme gerilmesi, kesme enerjisi ve spesifik kesme enerjisini hafif bir şekilde arttırdığı belirtilmiştir.

Bu nedenle söz konusu makinaların tasarım aşamasında bu parametrelerin belirlenmesi gerekir (Ghahraei ve ark., 2011; Nesvadba ve ark., 2004; Özdemir ve ark., 2015; Sessiz ve ark., 2019; Esgici ve ark., 2019; Eliçin ve ark., 2019; Pekitkan ve ark., 2020). Uygun olmayan ekipmanlar, makine kapasitesinin azalmasına, makinenin kısa zamanda yıpranmasına, arızalara ve yakıt tüketiminin artmasına neden olur. Ayrıca elde edilen veriler uygulamalar esnasındaki motor yük değerlerini ve yakıt tüketimlerini belirlemek için de kullanılabilir (Rotz ve Muhtar, 1992).

Bu çalışmanın amacı, 7 farklı bitkiye (Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum) ait budama artıklarının daha etkin ve verimli bir şekilde parçalanması için kullanılacak bir makinenin tasarımında göz önüne alınması gereken kesme kuvveti ve enerji değerlerinin belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

Denemelerde kesme özellikleri belirlenen Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum çeşitlerine ait budama artıkları 2019 yılında Antalya ilindeki üretim alanlarından temin edilmiştir. Materyallerin nem kayıplarını önlemek için de 5°C'ye ayarlı bir buzdolabında 1 ay boyunca muhafaza edilmiştir. Kesme testleri, budama artıklarının 2 farklı nem düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Budama artıklarının kesme özelliklerini belirlemek için öncelikle mevcut durumdaki nem durumları ASABE (2006) standartlarına göre 105°C'de 24 saat etüvde kurutma yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Budama artıklarına ait ölçülen nem içerikleri Andız çeşidi için %48.2, %26, Ateşdikeni için %42.2, %25.5, Çalı için %33.4, %21.9, Çam için %50, %34.9, İğde için %40.5, %28.9, Şeftali için %41.1, %26.5, Zakkum için %51, %39 olmuştur.

Kesme testlerinde Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Llyod LRX marka 2500 N kuvvet ölçme sensörüne sahip olan biyolojik malzeme test cihazı ve NEXYGEN Data Analysis yazılımı kullanılmıştır.

Testler, budama artıklarının 5 mm s<sup>-1</sup> hızda, düz kenarlı bıçakla 4 cm'lik aralıklarla yatay eksen ve kesilen bu materyallerin yine düz kenarlı bıçakla dikey eksen kesilmesi şeklinde yürütülmüştür. Her çeşit, kesme eksen ve nem için kesme işlemi 15 kez tekrarlanmıştır. Her kesme işleminden önce kesilen materyalin çap değeri ölçülüp kaydedilmiştir. Çap değerleri dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve kesit alanından yola çıkılarak kesme kuvveti ve kesme enerjisi değerleri hesaplanmıştır. 2 farklı nem düzeyinde gerçekleşen kesme işlemlerinde ölçülen çap değerleri Andız çeşidi için 11.73 – 13.53 mm, Ateşdikeni için 8.29 – 9.72 mm, Çalı için 8.64 – 8.92 mm, Çam için 11.27 – 12.32 mm, İğde için 9.86 – 9.97 mm, Şeftali için 9.45 – 10.47 mm, Zakkum için 13.43 – 13.49 mm olmuştur.

Testlerde elde edilen maksimum kesme kuvveti değerlerinden yola çıkılarak Eşitlik (1) yardımıyla kesme gerilmesi hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986; Sessiz ve ark., 2018):

$$G_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (\text{Eş.1})$$

Burada;

$G_{\max}$  : Maksimum kesme gerilmesi (MPa),

$F_{\max}$  : Maksimum kesme kuvveti (N),

A : Kesit alanını (mm<sup>2</sup>) ifade etmektedir.

Özgül enerji tüketimi ise Eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmıştır;

$$E_{\text{öet}} = \frac{Et}{A} \quad (\text{Eş.2})$$

Burada;

$E_{\text{öet}}$  : Özgül enerji tüketimi (J mm<sup>-2</sup>)

Et : Maksimum kesme enerjisini (J) ifade etmektedir.

Elde edilen sonuçların istatistiki açıdan karşılaştırılması için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Denemeler varyans analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak tesadüfi parsel deneme desenine göre planlanmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Alınan örneklerin kesme testleri sırasındaki ortalama nem ve çap durumları *Tablo 1*'de verilmiştir.

**Tablo 1. Kesme testleri yapılan örneklerle ait nem ve çap değerleri**  
Table 1. Moisture contents and diameter values of the samples

Budama artıkları	Nem ve çap değerleri	1.		2.		Değişim (%)
			VK (%)		VK (%)	
Andız	Nem (%)	48.2	5.8	26	5.1	46.2
	Çap (mm)	11.73	14.1	13.53-12.90	7.9-7.1	15.4-10
Ateşdikeni	Nem (%)	42.2	1.3	25.50	5.9	39.5
	Çap (mm)	9.72	7.8	8.29	19.8	14.6
Çalı	Nem (%)	33.4	1.1	21.90	4.8	34.5
	Çap (mm)	8.92	7.4	8.64	14.0	3.1
Çam	Nem (%)	50	0.7	34.90	14.9	30.1
	Çap (mm)	11.27	12.7	12.32	10.0	9.4
İğde	Nem (%)	40.5	2.8	28.90	9.3	28.6
	Çap (mm)	9.97	15.7	9.86	12.6	1.1
Şeftali	Nem (%)	41.1	0.3	26.50	5.9	35.6
	Çap (mm)	9.45	8.2	10.47	21.9	10.9
Zakkum	Nem (%)	51	1.9	39.00	1.7	23.6
	Çap (mm)	13.49	7.4	13.43	5.8	0.5

Kesme testleri yapılan Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 1, 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

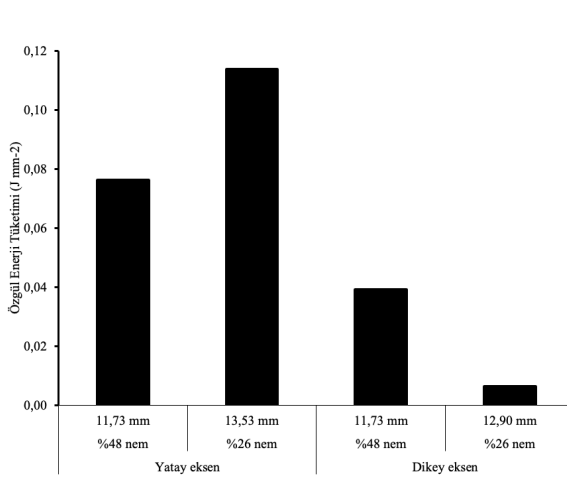


Figure 1. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Juniperus Drupacea variety

Şekil 1. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

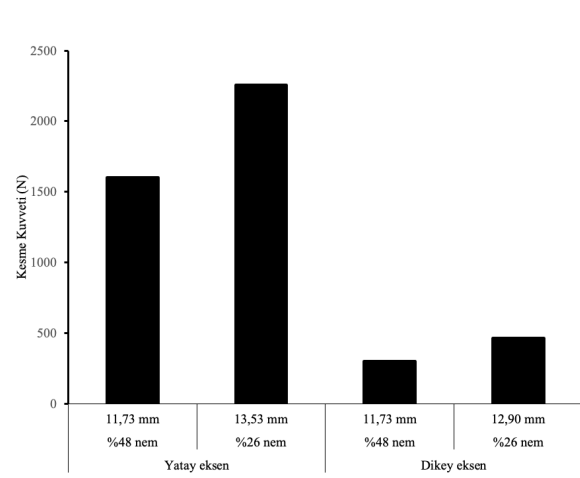


Figure 2. Average cutting force values obtained from pruning residues of Juniperus Drupacea variety

Şekil 2. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

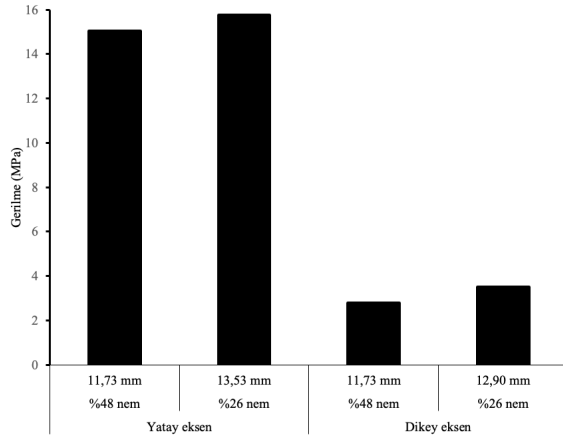


Figure 3. Average strength values obtained from pruning residues of *Juniperus Drupacea* variety

Şekil 3. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

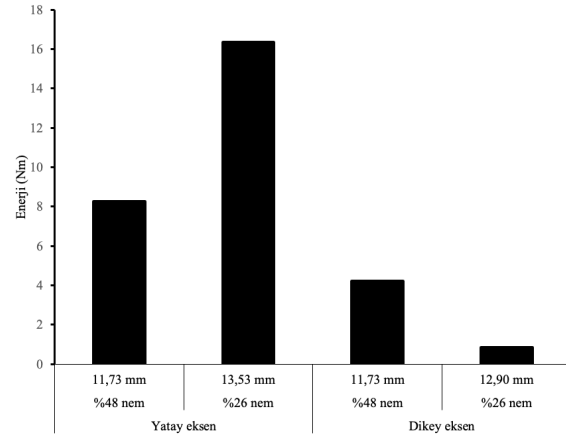


Figure 4. Average energy values obtained from pruning residues of *Juniperus Drupacea* variety

Şekil 4. Andız çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Şekil 2’de görüldüğü gibi kesme testlerinde elde edilen en büyük kesme kuvveti değeri yatay ekseninde 2. nemde (2255.47 N), dikey ekseninde ise yine 2. nemde (466.59 N) bulunmuştur. Gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine bakıldığında en büyük değerler yatay ekseninde 2. nemde sırasıyla 15.77 MPa, 16.34 Nm, 0.114 J mm<sup>-2</sup> olarak bulunmuştur. Dikey ekseninde yapılan kesme testlerinde ise gerilme değeri 2. nemde daha yüksek bulunurken, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri 1. nemde daha yüksek bulunmuştur. Yapılan istatistik analizlerde kesme ekseninin kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine etkisi önemli bulunurken (sırasıyla F=367.70, F= 1097.77, F= 79.57, F= 145.10), çap durumunun etkisi önemsiz olmuştur (sırasıyla F=0.18, F= 0.14, F= 0.55, F= 0.55) (p<0.05). Nem durumunun kesme kuvveti ve gerilmeye olan etkisi önemsizken (sırasıyla F= 0.85, F= 3.76), enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine olan etkisi önemli bulunmuştur (sırasıyla F= 5.27, F= 14.96) (p<0.05).

Kesme testleri yapılan Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 5, 6, 7 ve 8’de verilmiştir.

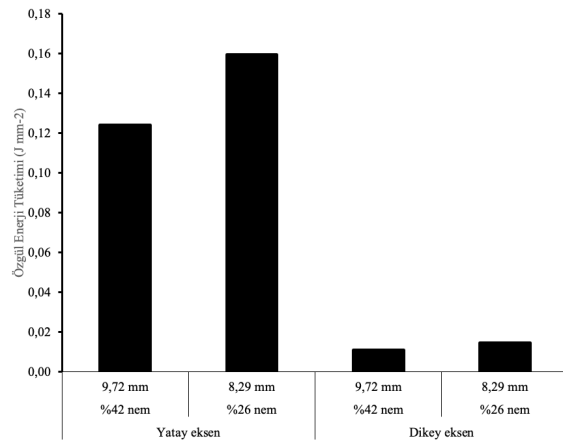


Figure 5. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 5. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

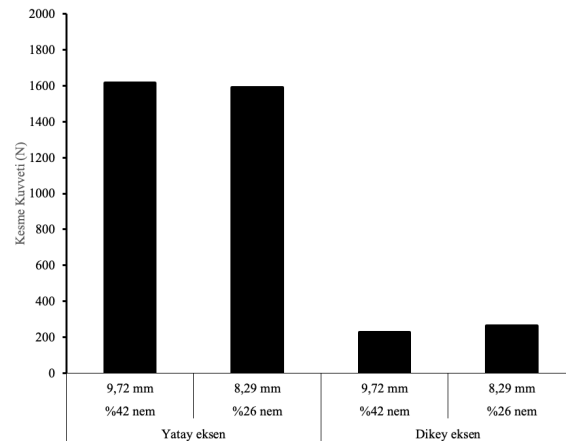


Figure 6. Average cutting force values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

Şekil 6. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

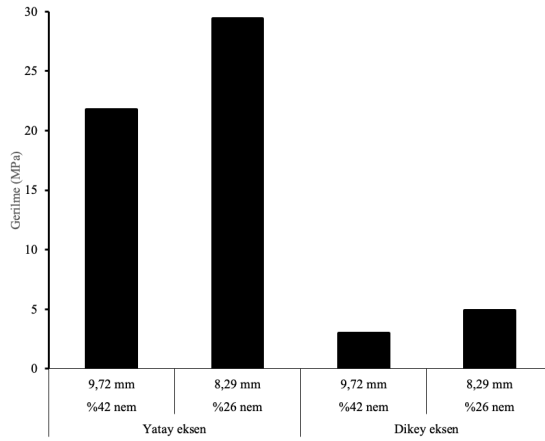


Figure 7. Average strength values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

**Şekil 7. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri**

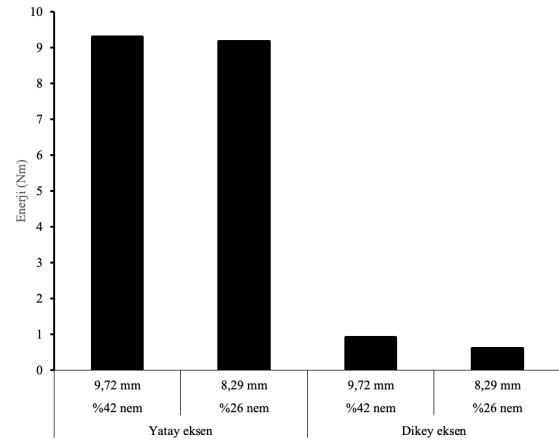


Figure 8. Average energy values obtained from pruning residues of *Pyracantha Coccinea* variety

**Şekil 8. Ateşdikeni çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri**

Ateşdikeni çeşidinde yapılan kesme testlerinde elde edilen en büyük ortalama kesme kuvveti değeri yatay ekseninde, 1. nemde (1616.17 N), dikey ekseninde ise 2. nemde (1592.23 N) bulunmuştur. Yapılan istatistik analizlerde kesme ekseninin kesme kuvvetine etkisi önemli bulunurken ( $F=344.32$ ), çap ve nem durumunun etkisi önemsiz olmuştur (sırasıyla  $F=0.41$ ,  $F=0.56$ ) ( $p<0.05$ ). Gerilme ve özgül enerji tüketimi değerlerine bakıldığında en büyük değerler yatay ekseninde 2. nemde sırasıyla 29.39 MPa, 0.16 J mm<sup>-2</sup> olarak bulunmuştur. En yüksek ortalama enerji değeri ise yatay ekseninde, 1. nemde (9.30 Nm) bulunmuştur. Kesme kuvveti, gerilme, özgül enerji tüketiminde en küçük ortalama değerler dikey ekseninde, 1. nemde bulunmuştur (sırasıyla 228.07 N, 3.01 Mpa, 0.011 J mm<sup>-2</sup>). İstatistik analizlere göre kesme ekseninin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine olan etkisi önemli olurken (sırasıyla  $F=541.54$ ,  $F=161.08$ ,  $F=743.52$ ), nem durumunun gerilme ve özgül enerji tüketimine etkisi önemli (sırasıyla  $F=7.27$ ,  $F=4.44$ ), enerjiye olan etkisi önemsiz olmuştur ( $F=0.41$ ). Çapın ise kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (sırasıyla  $F=0.41$ ,  $F=0.17$ ,  $F=0.66$ ,  $F=0.26$ ) ( $p<0.05$ ).

Kesme testleri yapılan Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 9, 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

Çalı çeşidinden elde edilen en büyük ortalama kesme kuvveti değeri yatay ekseninde, 2. nemde (1438.37 N), dikey ekseninde ise yine 2. nemde (232.07 N) bulunmuştur. İstatistik analizler sonucu kesme ekseninin kesme kuvvetine etkisinin önemli olduğu ( $F=533.84$ ), çap ve nem durumunun etkisinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla  $F=0.34$ ,  $F=1.17$ ) ( $p<0.05$ ). En büyük gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde yapılan testlerde bulunmuştur (sırasıyla 24.44 MPa, 7.33 Nm, 0,120 J mm<sup>-2</sup>). Kesme kuvveti ve gerilmeye ait en küçük ortalama değerler dikey ekseninde, 1. nemde (sırasıyla 152.18 N, 2.42 MPa), enerji ve özgül enerji tüketimine ait en küçük değerleri ise dikey ekseninde, 2. nemde tespit edilmiştir (sırasıyla 0.31 Nm, 0.006 J mm<sup>-2</sup>). Yapılan istatistik analizlere göre kesme ekseninin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine olan etkisi önemli olurken (sırasıyla  $F=3106.71$ ,  $F=196.55$ ,  $F=1404.48$ ), nem durumunun ve çapın etkisi önemsiz olmuştur (nem için sırasıyla  $F=2.46$ ,  $F=0.50$ ,  $F=1.01$ , çap için sırasıyla  $F=0.11$ ,  $F=0.65$ ,  $F=0.22$ ) ( $p<0.05$ ).

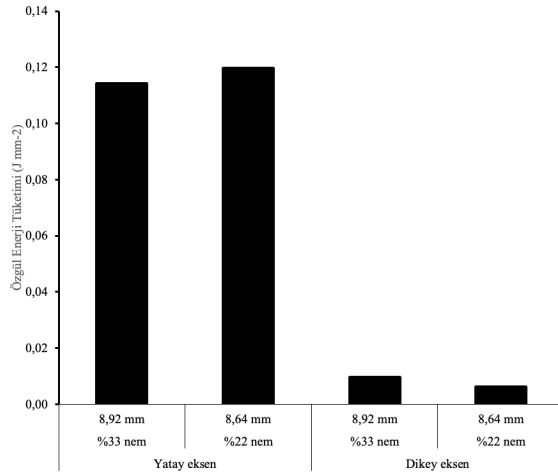


Figure 9. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Shrub variety

**Şekil 9. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri**

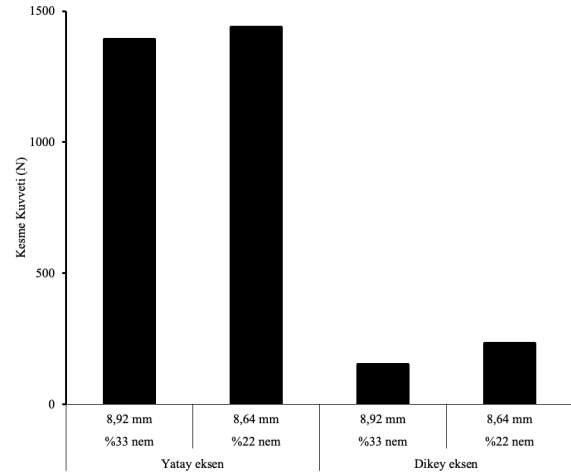


Figure 10. Average cutting force values obtained from pruning residues of Shrub variety

**Şekil 10. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri**

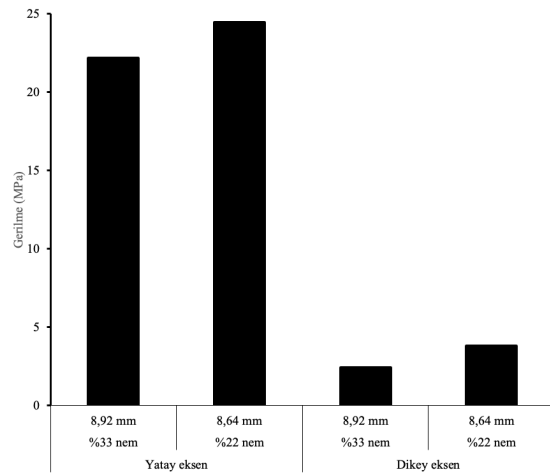


Figure 11. Average strength values obtained from pruning residues of Shrub variety

**Şekil 11. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri**

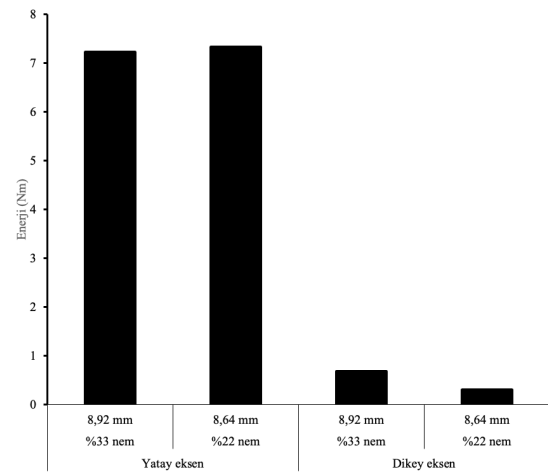


Figure 12. Average energy values obtained from pruning residues of Shrub variety

**Şekil 12. Çalı çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri**

Kesme testleri yapılan Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 13, 14, 15 ve 16'da verilmiştir.



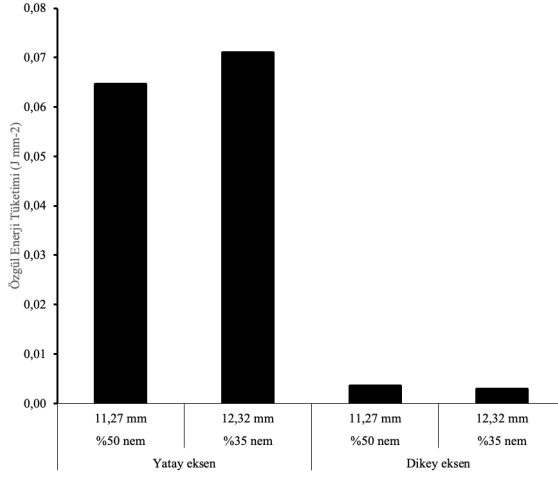


Figure 13. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 13. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

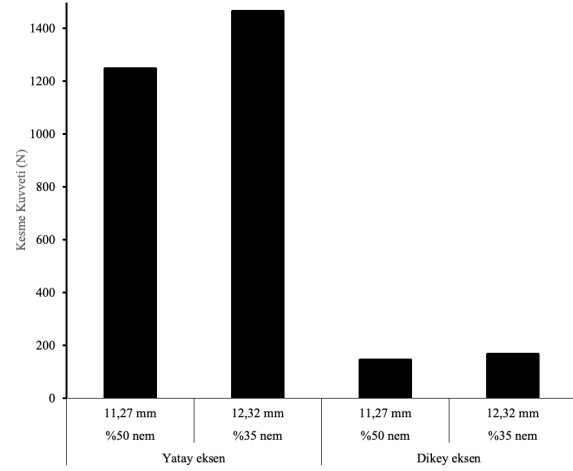


Figure 14. Average cutting force values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 14. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

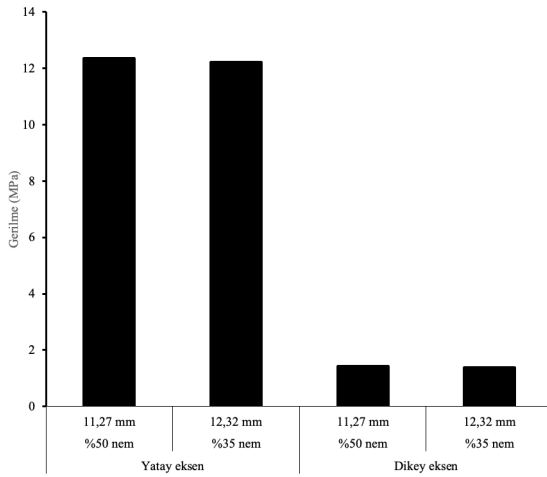


Figure 15. Average strength values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 15. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

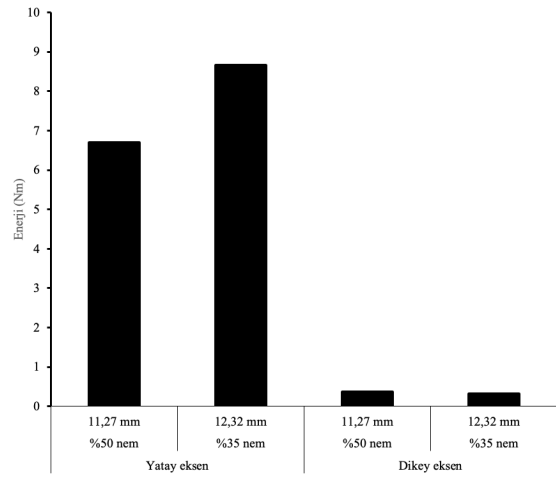


Figure 16. Average energy values obtained from pruning residues of Pine variety

Şekil 16. Çam çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Çam çeşidinde yapılan kesme testlerinde en yüksek kesme kuvveti yatay eksen, 2. nemde (1464.95 N), en düşük kesme kuvveti ise dikey eksen, 1. nemde (144.71 N) tespit edilmiştir. Kesme ekseninin kesme kuvvetine olan etkisi istatistiksel açıdan önemli ( $F= 357.67$ ), nem ve çap değerlerinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur (sırasıyla  $F= 2.46$ ,  $F= 0.409$ ) ( $p<0.05$ ). Özgül enerji tüketimi ve enerji değerlerine bakıldığında en yüksek ortalama değerler yatay eksen, 2. nemde (sırasıyla  $0.071 \text{ J mm}^{-2}$ ,  $8.67 \text{ Nm}$ ), en küçük ortalama değerler ise dikey eksen, 2. nemde yapılan kesme testlerinde (sırasıyla  $0.003 \text{ J mm}^{-2}$ ,  $0.32 \text{ Nm}$ ) tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucunda Çam çeşidindeki nem ve çap değerlerinin gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine etkisi önemsiz bulunurken (nem için sırasıyla  $F= 0.74$ ,  $F= 3.21$ ,  $F= 1.59$ , çap için sırasıyla  $F= 0.10$ ,  $F= 0.66$ ,  $F= 0.23$ ), kesme ekseninin etkisi önemli bulunmuştur (sırasıyla  $F= 3922.23$ ,  $F= 186.37$ ,  $F= 1104.80$ ) ( $p<0.05$ ).

Kesme testleri yapılan İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 17, 18, 19 ve 20'de verilmiştir.

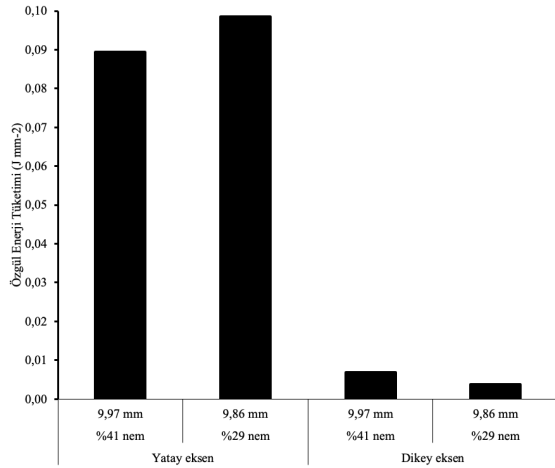


Figure 17. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 17. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

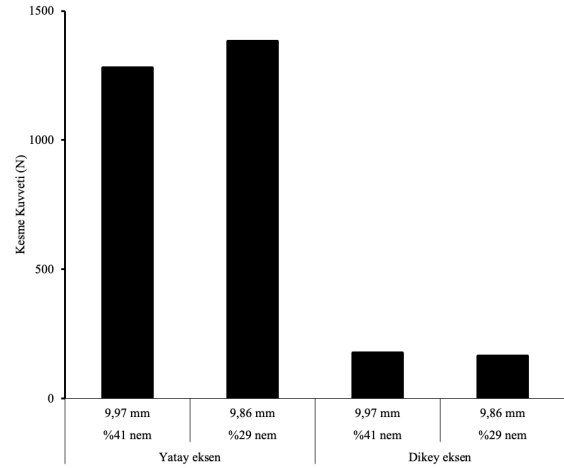


Figure 18. Average cutting force values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 18. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

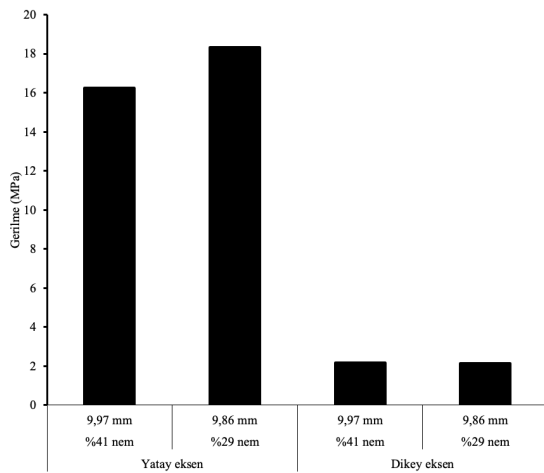


Figure 19. Average strength values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 19. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

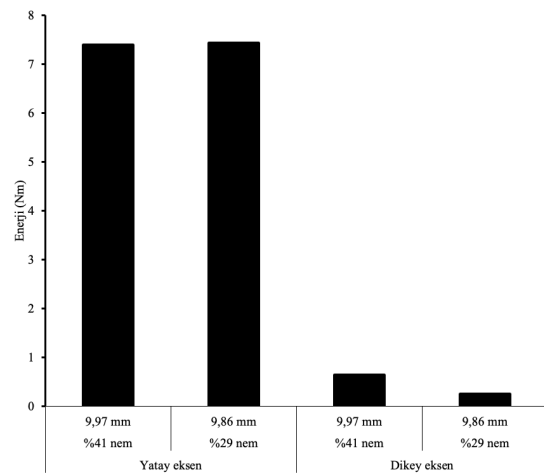


Figure 20. Average energy values obtained from pruning residues of Oleaster variety

Şekil 20. İğde çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Kesme testleri yapılan İğde çeşidinde tespit edilen en yüksek kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 1382.80 N, 18.33 MPa, 7.43 Nm, 0.099 J mm<sup>-2</sup>), en düşük kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri ise dikey ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 165.34 N, 2.15 MPa, 0.26 Nm, 0.004 J mm<sup>-2</sup>) bulunmuştur. İstatistik analizler sonucu İğde çeşidinin nem ve çap durumlarının, kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketim değerlerine etkisi önemsiz olurken (nem için sırasıyla F= 1.24, F= 2.09, F= 0.42, F= 1.30, çap için sırasıyla F= 0.26, F= 0.10, F= 0.41, F= 0.20), kesme ekseninin etkisi önemli olmuştur (sırasıyla F= 401.96, F= 1133.21, F= 151.34, F= 313.31) (p<0.05).

Kesme testleri yapılan Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 21, 22, 23 ve 24'te verilmiştir.

Şeftali çeşidinde yapılan kesme testleri sonucunda en yüksek kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay ekseninde, 2. nemde (sırasıyla 1434.43 N, 17.12 MPa, 8.65 Nm, 0.101 J mm<sup>-2</sup>), en düşük kesme kuvveti ve gerilme değerleri dikey ekseninde, 1. nemde (sırasıyla 144.05 N, 2.02 MPa), en düşük enerji ve

özgül enerji tüketimi değerleri ise dikey eksende, 2. nemde (sırasıyla 0.20 Nm, 0.003 J mm<sup>-2</sup>) bulunmuştur. Yapılan istatistik analizler sonucunda nem ve çap değerlerinin kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerine olan etkisinin önemsiz (nem için sırasıyla F= 2.88, F= 0.94, F= 2.57, F= 0.75, çap için sırasıyla F= 0.43, F= 0.06, F= 0.46, F= 0.08), kesme ekseninin ise söz konusu değişkenler üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla F= 322.05, F= 756.28, F= 273.55, F= 1403.20) (p<0.05).

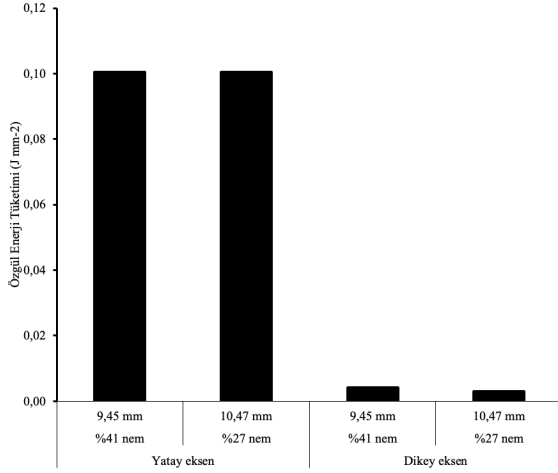


Figure 21. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 21. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri

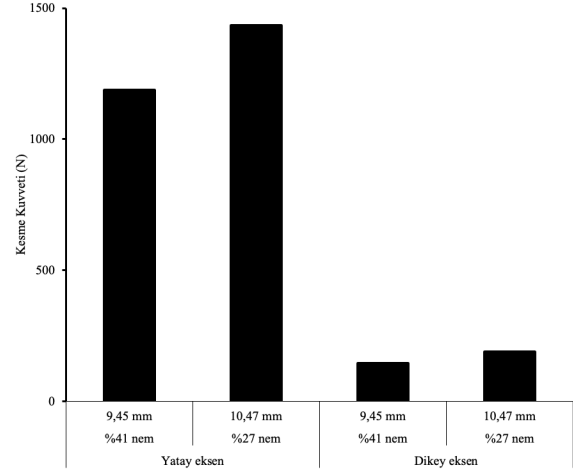


Figure 22. Average cutting force values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 22. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri

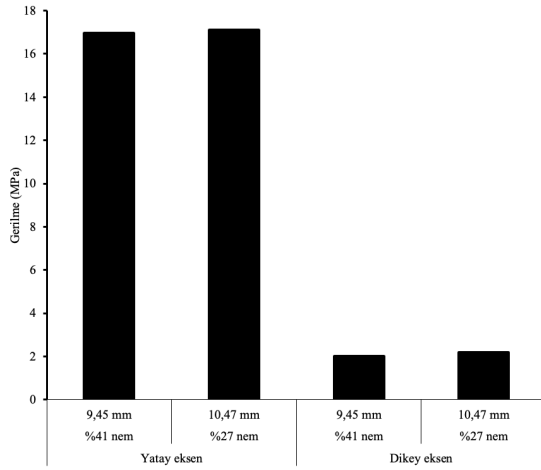


Figure 23. Average strength values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 23. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri

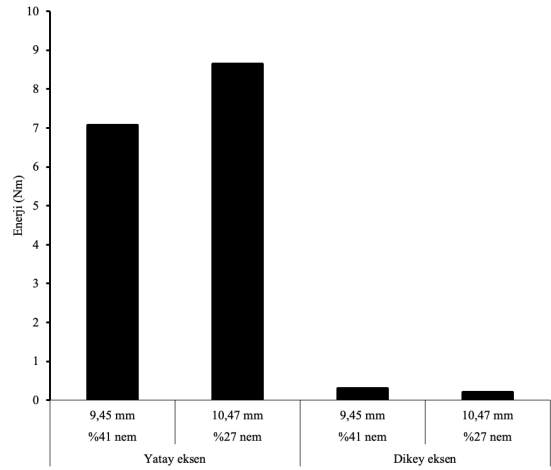


Figure 24. Average energy values obtained from pruning residues of Peach variety

Şekil 24. Şeftali çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri

Kesme testleri yapılan Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi, kesme kuvveti, gerilme ve enerji değerleri Şekil 25, 26, 27 ve 28'de verilmiştir.

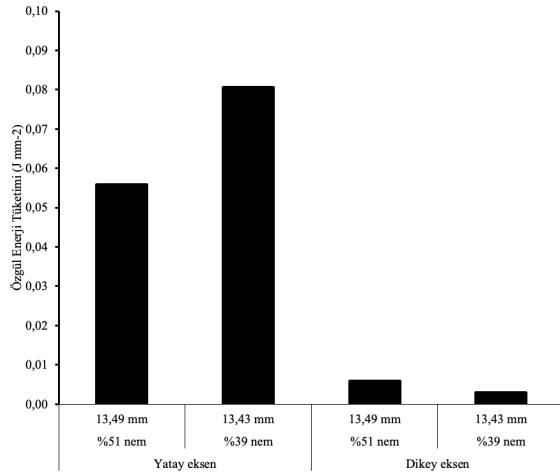


Figure 25. Average specific energy consumption values obtained from pruning residues of Oleander variety

**Şekil 25. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama özgül enerji tüketimi değerleri**

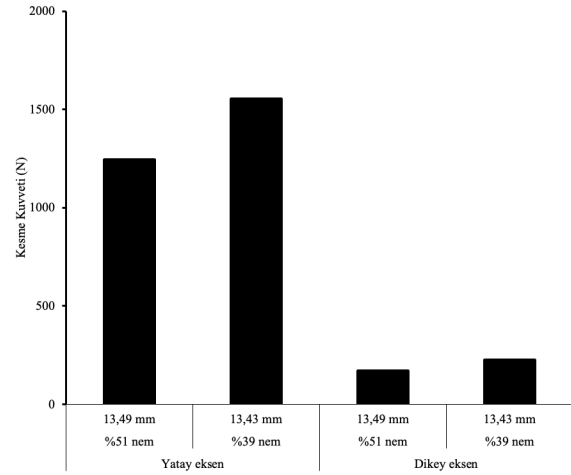


Figure 26. Average cutting force values obtained from pruning residues of Oleander variety

**Şekil 26. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama kesme kuvveti değerleri**

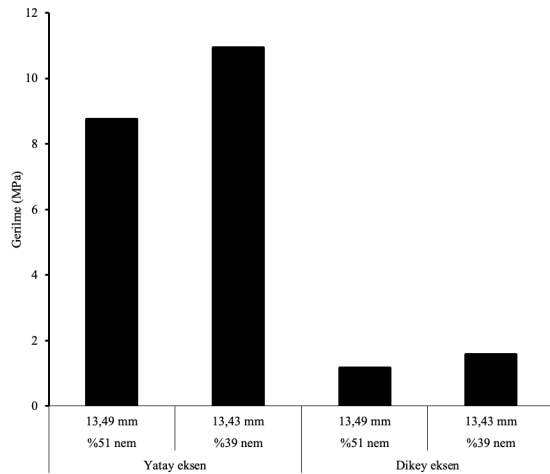


Figure 27. Average strength values obtained from pruning residues of Oleander variety

**Şekil 27. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama gerilme değerleri**

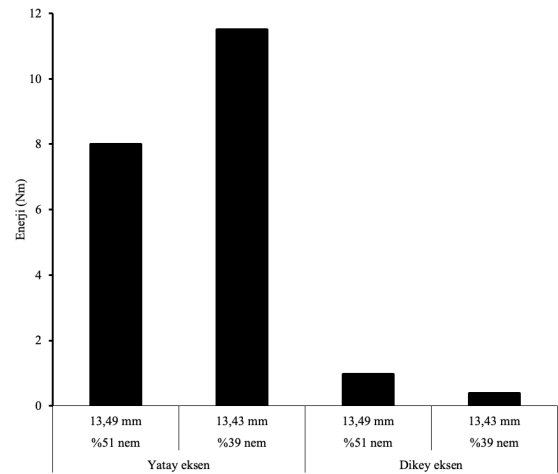


Figure 28. Average energy values obtained from pruning residues of Oleander variety

**Şekil 28. Zakkum çeşidine ait budama artıklarından elde edilen ortalama enerji değerleri**

Şekil 26'da görüldüğü gibi Zakkum çeşidinde gerçekleştirilen kesme testlerinde elde edilen en büyük kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri yatay eksende 2. nemde (sırasıyla 1553.38 N, 10.94 MPa, 11.50 Nm, 0.081 J mm<sup>-2</sup>), en düşük kesme kuvveti ve gerilme değeri ise dikey eksende, 1. nemde (sırasıyla 168.94 N, 1.17 MPa) tespit edilmiştir. Enerji ve özgül enerji tüketimi açısından ise en küçük değerler dikey eksende 2. nemde (sırasıyla 0.39 Nm, 0.003 J mm<sup>-2</sup>) bulunmuştur.

Yapılan istatistik analizlerde nem durumunun kesme kuvveti üzerine etkisi önemsiz olurken (F= 3.86), gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri üzerinde etkisi önemli olmuştur (sırasıyla F= 4.17, F= 4.87, F= 5.38). Kesme ekseninin ise kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerleri üzerine etkisi önemliyken

(sırasıyla  $F=786.71$ ,  $F=1093.94$ ,  $F=304.49$ ,  $F=441.86$ ), çapın etkisi önemsiz bulunmuştur (sırasıyla  $F=0.34$ ,  $F=0.21$ ,  $F=0.50$ ,  $F=0.30$ ) ( $p<0.05$ ).

#### 4. Sonuç

Andız, Ateşdikeni, Çalı, Çam, İğde, Şeftali ve Zakkum çeşitlerine ait budama artıklarının kesme testlerinden elde edilen sonuçlara göre kesme ekseninin değiştirilmesi, tüm çeşitlerde kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimi değerlerini önemli oranda etkilemiş olup, yatay eksen için bulunan değerler, dikey eksen için bulunan değerlere göre oldukça yüksek olmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda da kesme ekseninin etkisi bütün çeşitlerde önemli bulunmuştur. Özellikle Andız çeşidine ait örneklerin düşük nem oranında ve yatay ekseninde yapılan kesme testlerinin bir kısmı malzeme test cihazı ölçüm üst sınırı olan 2500 N'un da üzerine çıktığı için yapılamamıştır. Bu yüzden söz konusu çeşidin düşük neminde, yatay ve dikey ekseninde kesme testleri yapılan örneklerin ortalama çap değerleri birbirinden farklı olmuştur.

Alınan örneklerin kesme testleri sırasındaki nem ve çap durumlarındaki değişimler ve etkileri incelenecek olursa, Çalı, Çam, İğde ve Şeftali çeşitlerine ait nem oranları sırasıyla % 34.5, % 30.1, % 28.6 ve % 35.6 düşürülmüş olsalar bile bu nem oranlarının kesme kuvveti, gerilme, enerji ve özgül enerji tüketimine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi olmamıştır. Çeşitlerin iki farklı nem oranlarında yapılan kesme testlerinde Çalı ve İğde çeşitlerinin çap değerleri arasında büyük farklar yoktur (sırasıyla %3.1 ve %1.1). Çam ve Şeftali çeşidinde ise nem oranı düşerken, çap değerlerinin sırasıyla %9.4 ve % 10.9 oranında artış göstermesi de önemli bir fark yaratmamıştır. Bulunan bu sonuçların materyallerin çeşit özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Andız, Ateşdikeni ve Zakkum çeşitlerinde ise diğer çeşitlerin aksine nem durumlarının değişimi ele alınan parametreler üzerinde önemli derecede etkili olmuştur. Söz konusu çeşitlerden elde edilen verilerin istatistik analizi sonucunda ise çapın etkisi önemsiz bulunmuştur. Bunun sebebi olarak çeşitlerin çapları arası farkların küçük olmasından (min. % 0.5, maks. % 15.4) dolayı meydana geldiği söylenebilir. Çalışmada elde edilen bütün bu sonuçlardan, denemeye alınan çeşitlerin budama artıklarının etkin ve verimli şekilde parçalanması için geliştirilecek bir makinanın tasarımında yararlanılabilir.

## Kaynakça

- ASABE Standards (2006). S358.2: 1:1 Measurement Forages. 52nd edn. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph MI.
- Aybek, A., Üçok, S., İspir, M.A., Bilgili, M.E. (2015). Türkiye’de kullanılabilir hayvansal gübre ve tahıl sap atıklarının biyogaz ve enerji potansiyelinin belirlenerek sayısal haritalarının oluşturulması. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty (JOTAF)*, 12 (03): 109-120.
- Canakci, M., Topakci, M., Karayel, D., Unal, I., Cakir, M., Yigit, M., Ozdemir, E. (2018). Determination of the management costs for self-propelled pruning residue shredder. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 14 (2): 127-134.
- Çanakçı, M., Çakır, M., Ünal, İ., Karayel, D., Topakçı, M. (2019). Kendi yürür bir budama atığı parçalama makinası prototipinin geliştirilmesi. TÜBİTAK TOVAG Proje, Syf: 89, Proje No: 214O260.
- Canakci, M., Topakci, M., Karayel, D., Agsaran, B., Kabas, O., Yigit, M. (2019). The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (5): 1052–1059.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Öktüren, F. (2006). Bitkisel kökenli atıkların tarımda kullanılabilme olanakları. *Derim*, 23: 40-53.
- Eliçin, A.K., Sessiz, A., Pekitkan, F.G. (2019). Effect of various knife type, cutting angle and speed on cutting force and energy of grape cane. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (European Journal of Science and Technology)*, 15: 519-525.
- Esgici, R., Pekitkan, F.G., Ozdemir, G., Guzel, E., Sessiz, A. (2019). Cutting parameters of some grape varieties subject to the diameter and age of canes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (1): 167-170.
- Ghahraei, O., Ahmad, D., Khalina, A., Suryanto, H., Othman, J. (2011). Cutting tests of kenaf stems. *Transactions of the ASABE*, 54(1): 51-56.
- Kayıoğlu, B., Bayhan, Y., Taşeri, L. (2007). Effects of secondary tillage implement on some properties of soil and yield of sunflower. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 4 (1): 81-89.
- Kocabıyık, H., Kayıoğlu, B. (2005). Sap parçalama makinalarının performans ve enerji maliyetlerinin değerlendirilmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1 (3): 183-188.
- Mohsenin, N.N. (1986). *Physical properties of plant and animals materials* (2nd edition). Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Nesvadba, N., Houska, M., Wolf, W., Gekas, V., Jarvis, D., Sadd, P.A., Johns, A.I. (2004). Database of physical properties of agro-food materials. *Journal of Food Engineering*, 61: 497-503.
- Öngören, N. (2021). Bağ budama atıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın modifikasyonu ve performansının değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Özdemir G., Sessiz A., Esgici R., Elicin A.K., (2015). Cutting properties of wine grape cultivars. *Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LIX:* 151-158.
- Pekitkan, F.G., Eliçin, A.K., Sessiz, A. (2019). Effects of knives type, cutting angle and loading speed on force and energy requirement of grape cane. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 6 (2): 9552-9556.
- Pekitkan, F.G., Eliçin, A.K., Sessiz, A. (2020). Bazı yerli tip üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşitlerinin budama sürgünlerinin kesme özelliklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 33–40.
- Rotz, C.A., Muhtar, H.A. (1992). Rotary power requirements for harvesting and handling equipment. *Applied Engineering in Agriculture*, 8 (6): 751-757.
- Sessiz, A., Güzel, E., Bayhan, Y. (2018). Bazı yerli ve yabancı üzüm çeşitlerinde sürgünlerin kesme kuvveti ve enerjisinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi (Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences)*. 5 (4): 414–423.
- Sessiz, A., Elicin, A.K., Bayhan, Y. (2019). Cutting force and energy requirement of Bogazkere grape (*Vitis vinifera* L.) cane. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 63 (1): 265-270.