

Budama Artıklarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Bazı Makinaların Maliyetlerinin Belirlenmesi: Akdeniz Üniversitesi Kampus Alanları Örneği

Determination of the Costs of Some Machinery Used on Valorization of Pruning Residues: A Case Study for Campus Areas of Akdeniz University

Murad Çanakcı^{1,*}  Mehmet Topakcı¹  Davut Karayel¹  Hasan Yılmaz¹  Mete Yiğit²  Derya Ortaçesme³ 

¹; Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.

²; Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye.

³; Akdeniz Üniversitesi Rektörlüğü Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Antalya, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M. Çanakcı, e-mail (e-posta): mcanakci@akdeniz.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 04.10.2024
Düzeltilme tarihi : 17.12.2024
Kabul tarihi : 19.12.2024

Anahtar Kelimeler:

Atık yönetimi
Dal parçalama makinaları
Pelet
Ağaç yongası
Maliyet hesapları

Çanakcı, M., Topakcı, M., Karayel, D., Yılmaz, H., Yiğit, M., Ortaçesme, D. "Budama Artıklarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Bazı Makinaların Maliyetlerinin Belirlenmesi: Akdeniz Üniversitesi Kampus Alanları Örneği" Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(3): 198-216

ÖZET

Bitki yetiştiriciliğinde bakım ve hasat işlemleri sonrası önemli miktarlarda artık materyal ortaya çıkmaktadır. Bu artıklar, uygun şekilde değerlendirilmediklerinde sera gazı oluşumu, çevre kirliliği, yangın tehlikesi başta olmak üzere birçok soruna neden olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda artıkların değerlendirilerek çevre korunumuna katkı sağlaması ve ilgili diğer sektörlerle entegrasyonunun sağlanarak ekonomiye kazandırılmasına yönelik faaliyetlerde artış gözlenmektedir. Uygulamaların başarıya ulaşmasında dikkate alınması gereken konulardan birisi de uygulanacak yöntemler kapsamında kullanılan makinalar ve maliyetleridir. Bu çalışmada, budama artıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bazı makinaların maliyetlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Akdeniz Üniversitesi Kampus Peyzaj Alanlarında ortaya çıkan budama artıklarının değerlendirilmesine yönelik hazırlanmış bir altyapı projesi esas alınarak ön parçalama, sınıflandırma, öğütme ve peletleme işlemlerinde kullanılan makinalar dikkate alınmıştır. Ön parçalama işlemleri için tamburlu ve çekiçli tip sabit dal parçalama makinaları, sınıflandırma için elek, öğütme için çekiçli değirmen ve peletleme için pelet makinasına ait maliyet hesapları yapılmıştır. Maliyet hesapları kapsamında, birim kullanım süresi (h) ve birim materyal kütlesi (t) başına düşen sabit ve değişken giderler belirlenmiştir. Makinalar arasında birim küttele başına düşen en fazla maliyet 3779.5 TL/t (114.5 \$/t) değeri ile pelet makinasında hesaplanmıştır. Pelet makinasını sırasıyla, 1231.7 TL/t (37.3 \$/t) değeri ile sınıflandırma makinası (elek), 1213.6 TL/t (36.8 \$/t) değeri ile çekiçli değirmen, 312.8 TL/t (9.5 \$/t) değeri ile çekiçli tip dal parçalama makinası ve 187.2 TL/t (5.7 \$/t) değeri ile tamburlu tip dal parçalama makinası izlemiştir. Çalışmada hesaplanan değerlerin belirtilen kapasitelerdeki makinalar için dikkate alınabileceği öngörülmektedir. Artıkların değerlendirilmesine yönelik farklı kapasite ve yapısal özelliklere sahip makinalar için de benzer çalışmaların yapılması önerilir.

Article Info

Received date : 04.10.2024
Revised date : 17.12.2024
Accepted date : 19.12.2024

Keywords:

Residue management
Pruning residue chopper
Pellet
Wood chip
Cost calculations

Çanakcı, M., Topakcı, M., Karayel, D., Yılmaz, H., Yiğit, M., Ortaçesme, D. "Budama Artıklarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Bazı Makinaların Maliyetlerinin Belirlenmesi: Akdeniz Üniversitesi Kampus Alanları Örneği" Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(3): 198-216

ABSTRACT

In plant cultivation, significant amounts of residual material obtain after maintenance and harvesting operations. When these residues are not regained properly, they cause many problems, especially greenhouse gas formation, environmental pollution and fire hazard. For this reason, in recent years, there has been an increase in activities aimed at utilizing residues, contributing to environmental protection and integrating them with other relevant sectors and bringing them into the economy. One of the issues to be considered in the success of the applications is the machines used within the scope of the methods to be applied and their costs. In this study, it was aimed to calculate the costs of some machines used in the valorization of pruning residues. In the calculations, based on a completed infrastructure project for Akdeniz University Campus Areas, the machinery used in the pretreatment of biomass (size reduction), sieving, grinding and pelletizing of the residues were considered. The costs related to drum and hammer type stationary shredders for pre-shredding, sieving machine for classification, hammer mill for grinding and pellet machine for pelletizing are calculated. Within the scope of cost calculations, stationary and variable expenses per unit usage time (h) and unit material mass (t) were determined. Among the machines, the highest cost per unit mass was calculated in the pellet machine with a value of 3779.5 TL/t (114.5 \$/t). The pellet machine was followed by a sieving machine (sieve), grinding machine, hammer type shredder and drum type shredder with the values of 1231.7 TL/t (37.3 \$/t), 1213.6 TL/t (36.8 \$/t), 312.8 TL/t (9.5 \$/t) and 187.2 TL/t (5.7 \$/t), respectively. It is foreseen that the values calculated in the study can be taken into account for the machines with the specified capacities. It is recommended to carry out similar studies for machines with different capacities and structural properties for the valorization of residues.

1. GİRİŞ

Budama işlemi, ağaç ve çalı formundaki bitkilerin yetiştiriciliğinde yapılan temel bakım işlemlerinden birisidir. Budama işlemlerinde; bitki taç yapısının kontrolü, en iyi çiçeklenme, verim ve kaliteli meyve elde edilmesi, şekil verme, hastalık ve zararlı kontrolü, ışık girişi ve hava sirkülasyonunun sağlanması vb. farklı amaçlar ile dallar veya yeşil aksam kesilerek bitkiden uzaklaştırılmaktadır (Özkan ve Gerçekçioğlu, 2009). Bu işlemler başlıca; bakım budamaları, şekil budamaları, meyve/çiçek verimine yönelik budamalar ve güvenlik amacıyla yapılan budamalar şeklinde gruplandırılabilir. Peyzaj ve kent ormanı alanlarındaki budama işlemlerinde estetik görünüm öne çıkıyor iken, bu işlem meyve bahçelerinde daha çok verim artışı ve kaliteli ürün elde edilmesine yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Yeri ve zamanı iyi ayarlanarak yapılan budama işlemi sağlıklı gelişme gösteren, güzel bir form kazandırılmış, verim ve kaliteli bitki yetiştiriciliğine katkı sağlar. Bu nedenle budama, genç yaşlardan itibaren ihmal edilmeden sistemli bir şekilde belirli esaslara uyularak yapılması gereken bir işlemdir (Turna, 2017). Düzenli yapılan budama işlemleri sonrasında gerek tarımsal gerekse kentsel alanlarda önemli miktarlarda bitkisel artık ortaya çıkmaktadır. Bu artıklar, yaygın olan geleneksel uygulamalarda yakılmakta ya da boş alanlarda bekletilmektedirler. Kontrolsüz bir şekilde yakılması ya da boş alanlarda bekletilmesi, artıkların geri dönüşümünü engelleyerek birçok çevresel probleme neden olmaktadır (Goncalves vd., 2011; Spinelli vd., 2014). Günümüzde, lignoselülozik özellik gösteren budama artıklarının farklı yöntemlerle değerlendirilmesi ve geri dönüşümlerinin sağlanarak ekonomiye kazandırılmasının önemi artmaktadır. Lignoselülozik materyallerin yapısında selüloz, hemiselloz ve lignin ile az miktarda kül (<10%), protein ve diğer bileşikler bulunmaktadır (Deveci vd., 2019; Yan vd., 2020). Belirtilen özellikleri nedeni ile budama artıklarının fosil yakıtlara alternatif olarak ısı, güç ve elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanımı söz konusudur (Spinelli vd., 2010; Ekinci, 2011; Velázquez-Martí vd., 2011; Fedrizzi vd., 2012; Dyjakon ve Mudryk, 2018). Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olduğu ve enerji talebinin sürekli artış eğiliminde olduğu dikkate alındığında odunsu özellik gösteren budama artıklarının ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (Çiçek vd., 2019). Artıklar ayrıca sanayi tesisleri ve inşaat sektöründe hammadde olarak kullanılabilirler (Şeflek vd., 2006; Yeniocak, 2008; Velázquez-Martí vd., 2011; Çanakcı, 2014; Çolakoğlu, 2018). Artıkların diğer bir değerlendirme yöntemi de malç, kompost vb. formlarda toprağa geri dönüşümlerinin sağlanmasıdır (Çanakcı vd., 2019).

Bitkisel artık yönetimine yönelik farklı alanlarda Dünya'da ve ülkemizde araştırmalar yürütülmektedir. Araştırmaların bir bölümünü, daha çok tarımsal alanlarda ortaya çıkan artıkların potansiyel değerlerinin belirlenmesine yöneliktir (El-Juhany, 2001, Ekinci, 2011; Bilandzija vd., 2012; Dyjakon vd., 2016; Paltseva vd., 2016; Manzanares vd., 2017; Çiçek vd., 2019). Çanakcı vd. (2020), tarafından yürütülen bir çalışmada Akdeniz Üniversitesi Merkez Kampus Alanları'ndaki budama artıklarının potansiyeli belirlenmiştir. Toplam büyüklüğü 3400 da olan kampus alanında, 13500 adet ağaç ve 85000 adet çalı formunda bitki bulunmaktadır ve yılda toplam 457.8 ton yaş budama artığı ortaya çıkmaktadır. Belirtilen artıkların kuru ağırlığı 214.9 ton'dur.

Artıkların farklı şekillerde değerlendirilebilmesine yönelik yapılan ilk işlem boyutlarının küçültülmesi amacıyla yapılan parçalama işlemidir. Bu işlem, uygulanan yöntemlerin verimliliği ve ekonomikliği açısından kritik öneme sahiptir (Hoque vd., 2007; Çanakcı, 2014)

Değerlendirme yöntemlerine göre parçalama işlemi sonrasında artıklara uygulanacak işlemler değişiklik göstermektedir. Örneğin herhangi bir işlem uygulanmadan artıklar, bahçe ya da peyzaj

alanlarına doğrudan toprak üzerine malç olarak serilebileceği gibi, bazı işlemlerde parçalama sonrası sınıflandırılmaları gerekmektedir. Sıvı ya da katı biyoyakıt, yonga levhası vb. olarak kullanılmaları durumunda ise basit ya da teknolojik altyapı gerektiren farklı işlemlerin uygulanması gereklidir. Örneğin peletleme işleminde, öğütülen hammaddenin sıkıştırılmasıyla yığın yoğunluğunda artış sağlanarak taşıma, kullanım ve depolama faaliyetlerinin maliyeti düşürülmektedir (Nguyen vd., 2015; Zhou vd., 2016; Stasiak vd., 2017). Seçilen yöntemlerin ekonomik olması artıkların değerlendirilmesinde sürekliliği sağlayacak temel unsurlardan birisidir. Bu nedenle makinalara ait çalışma parametreleri, enerji gereksinimleri ile birlikte maliyet hesaplamalarının yapılması da işletmecilik çalışmaları kapsamında önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle meyve bahçelerinde ortaya çıkan budama artıkları için belirtilen amaca yönelik yürütülen birçok çalışmaya rastlanılmaktadır (Çanakcı vd., 2010; Spinelli vd., 2010; Spinelli ve Picchi, 2010; Fedrizzi vd., 2012; Assirelli vd., 2013; Magagnotti vd., 2013; Dereli ve Çakır, 2014; Çanakcı vd., 2019; Yiğit ve Çanakcı, 2020; Öngören, 2021; Ünal vd., 2021; Sessiz ve Demirel, 2024).

Bununla birlikte peyzaj ve orman alanlarında ortaya çıkan biyokütle artıklarının değerlendirilmesinde kullanılan ve sabit olarak çalışan makinaların işletmeciliğine ait çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir. Miyata (1980), ormancılıkta kullanılan makinaların sabit ve değişken giderlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Çalışmada tomruk ve kütük gibi orman ürünleri üzerine çalışan işletmelerin verimliliğinin ve üretim maliyetlerinin değerlendirilmesinde standardizasyona ihtiyaç duyan işletmeler için bir yaklaşım sunulmuştur. Naimi vd. (2006), çalışmalarında parçalama işlemi ve parçacık boyutlarına yönelik bilgiler vermiş, parçalama makinalarının maliyetlerini hesaplamışlardır. Saatlik maliyet değerlerinin büyük kapasiteli kıyıcı tip parçalama makinaları (chippers) için 91-161 \$/h, çekiçli tip parçalama makinaları için 229-252 \$/h arasında değiştiği belirlenmiştir. Jara vd. (2016), araştırmalarında orman ürünlerinden pelet üretilmesi aşamalarının farklı senaryolar için teknik ve ekonomik analizini yapmışlardır. Yapılan hesaplamalarda; çekiçli tip parçalayıcı, yongalama makinası (chipper) ve pelet makinası için hesaplanan maliyetler sırasıyla 3.20 \$/t, 1.66 \$/t ve 10.65 \$/t'dur. Spinelli vd. (2019), çalışmalarında orman ürünlerinden elde edilen katı biyoyakıt (yonga) üretiminde kullanılan kıyıcı tip parçalayıcılar için güvenilir bir şekilde yapılacak maliyet hesaplamalarında, tamir-bakım maliyetleri hesaplamalarının zorluğuna ve belirsizliğine vurgu yapmışlardır. Bu amaçla 51 adet makinanın uzun dönem kayıtlarını incelemişlerdir. Bakım-onarım maliyetlerinin toplam maliyet değerleri içerisindeki payları %1.5-29 olmak üzere farklı düzeylerde hesaplanmıştır. Yıgımlı bakım onarım maliyeti ile makinanın satın alma bedeli arasındaki oran ortalama %32 olarak hesaplanmıştır.

Yürütülen çalışmalar incelendiğinde ülkemizde odunsu özellik gösteren budama artıklarının değerlendirilmesinde kullanılan makina maliyetlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların sınırlı düzeyde kaldığı görülmektedir. Özellikle kullanımında artış gözlenen sabit tip parçalama ve pelet makinaları konusundaki eksiklik daha belirgindir. Bu çalışmada, bitkisel artıkların değerlendirilmesi kapsamında kullanılan bazı makinaların maliyetlerinin hesaplanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, budama artıklarının değerlendirilmesine yönelik parçalama, sınıflandırma ve peletleme işlemlerinde kullanılan makinalar dikkate alınmıştır. Makinalar ile kullanıma hazır malç, yonga ve pelet üretilebilmektedir.

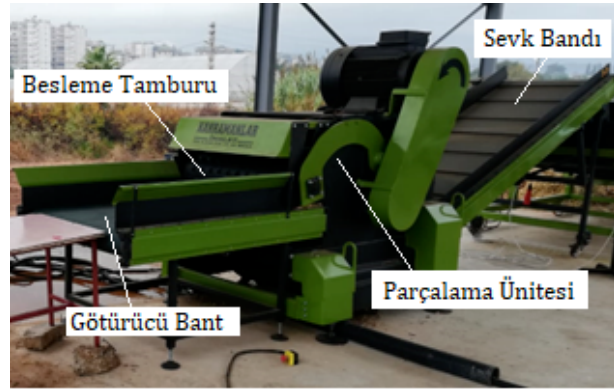
2.1. Budama Artıklarına Uygulanan İşlemler

2.1.1. Parçalama işlemi

Denemelerde Akdeniz Üniversitesi Bitkisel Artık Depolama Alanı'nda bulunan, iki farklı dal parçalama makinası kullanılmıştır. Tamburlu tip makina daha çok kalın dal, kütük vb. artıkların parçalanmasında kullanılmaktadır. Metal ve taş gibi sert yabancı maddelere karşı daha toleranslı serbest bağlantılı çekiçlerin yer aldığı çekiçli makina ise ince dal, yapraklı artıklar vb. parçalanmasında tercih edilmektedir. Makinaların beslenmesi el ile gerçekleştirilmektedir. Götürücü bandın üzerine bırakılan artıklar bant üzerinde ilerleyerek tamburlar ile parçalama ünitesine iletilmektedir. Her iki makinada parçacık boyutlarını kontrol eden ve parçalama ünitesinin alt bölümünü oluşturan elek ve parçacıkların uzaklaştırılması için sevk üniteleri yer almaktadır. Parçalama makinalarına ait resimler Şekil 1'de, makinaların teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Denemelerde kullanılan çam, kauçuk, akasya dallarının karışımından oluşan materyallere ait genel özellikler Tablo 2'de yer almaktadır.



a- Tamburlu Tip



b- Çekiçli Tip

Şekil 1. Dal parçalama makinaları

Tablo 1. Dal parçalama makinalarının teknik özellikleri

Özellik	Makina Tipi	
	Tamburlu	Çekiçli
Parçalama tipi	Kesme	Çarpma/Vurma
Parçalama aparatı	Bıçak	Çekiç
Güç kaynağı	Elektrik motoru	Elektrik motoru
Motor gücü (kW)	55	55
Parçalama aparatı sayısı	6 bıçak	36 çekiç
Besleme haznesi genişliği (mm)	520	1000
Parçalama devir sayısı (d/d)	1500	0-1800 (ayarlanabilir)
Materyal sevk ünitesi	Pnömatik sevk borusu	Bantlı götürücü

Tablo 2. Budama artıkları fiziksel özellikleri

Özellik	Makina Tipi	
	Tamburlu	Çekiçli
Nem-yaş baz (%)	35.30±0.75	35.64±0.41
Materyal yapısı	Kütük, kalın dal	Budaklı, yapraklı
Ortalama materyal kalınlığı (mm)	107±9	22±3
Ortalama materyal uzunluğu (mm)	1245±104	1285±105

2.1.2. Sınıflandırma işlemi

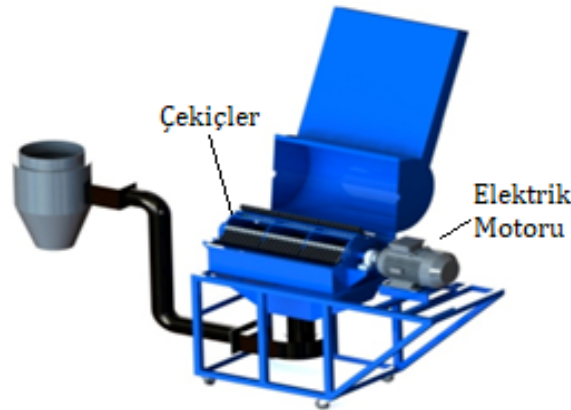
Parçalanan artıkların farklı boyutlarda sınıflandırılabilmesi için kullanılan ve iki adet vibrasyonlu elektrik motoruna (0.55 kW) sahip Akdeniz Üniversitesi Bitkisel Artık Depolama Alanı'nda bulunan titreşimli bir elek kullanılmıştır. Makina üzerinde delik çapları 4, 12 ve 20 mm olmak üzere üç farklı elek ile en alta bir sağır elek yer almaktadır. Elek, parçalama makinalarının arkasına yerleştirilebilmekte ve parçalama işlemi sonrası doğrudan beslenebilmektedir. Materyal yığın halinde ise el aletleri yardımı ile beslenebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Sınıflandırma makinası (elek)

2.1.3. Peletleme işlemi

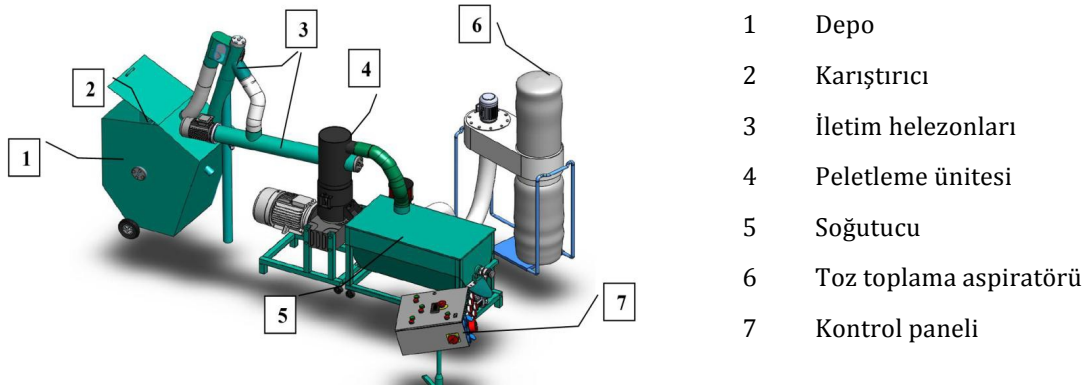
Peletleme işlemi için ön parçalama işleminden geçmiş artıkların, ayrıca öğütülerek boyutlarının daha da küçültülmesi gereklidir. Bu amaçla çekiçli değirmen kullanılmıştır. Çalışmada Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Araştırma ve Uygulama Alanı'nda bulunan çekiçli değirmen ve pelet makinası kullanılmıştır. Çekiçli değirmene ait resim Şekil 3'te, teknik özellikler Tablo 3'de verilmiştir. Peletleme işlemlerinde kullanılan makineye ait resim Şekil 4'de, makineye ait teknik özellikler Tablo 4'te görülmektedir.



Şekil 3. Çekiçli Değirmen

Tablo 3. Çekiçli değirmene ait teknik özellikleri

Özellik	Çekiçli Değirmen
Güç kaynağı	Elektrik motoru
Öğütme Genişliği (mm)	700
Çekiç Sayısı (adet)	64
Motor gücü (kW)	7.5
Devir (d/d)	1450



Şekil 4. Pelet makinası ve üniteleri

Tablo 4. Pelet makinası teknik özellikleri

Özellik	Pelet Makinası
Motor gücü (kW)	7.5
Kalıp giriş çapı (mm)	8
Kalıp çıkış çapı (mm)	6
Kalıp kalınlığı (mm)	25
Kapasite (kg/h)	~100

2.2. Makina Kapasite ve Elektrik Enerjisi Tüketim Değerlerinin Belirlenmesi

Parçalama makinaları, sınıflandırma makinası ve çekiçli değirmene ait kapasite ve elektrik enerjisi tüketimlerinin belirlenmesine yönelik üçer tekerrürlü yapılan her bir denemede çalışma süresi üç dakika olarak dikkate alınmıştır. Denemelerde parçalanan artıklar tartılmış, çalışma süresi de dikkate alınarak makinaların kapasite değerleri (kg/h) cinsinden saptanmıştır. Elektrik tüketimine bağlı güç değeri ile kapasite değeri oranlanarak kWh/t birimi ile birim enerji gereksinimi değerleri belirlenmiştir.

Parçalanan budama artıklarının peletleme öncesi öğütülmesini kolaylaştırmak için beton bir zemine serilerek kuruması sağlanmıştır. Peletleme işlemine başlamadan önce, materyal deposu yaklaşık 30 kg öğütülmüş materyal ile doldurulmuştur. Sistem çalıştırılarak materyal deposunda bulunan öğütülmüş materyal, iletim helezonlarıyla peletleme ünitesine gönderilmiştir. Peletleme ünitesinde bulunan sıkıştırma silindirlere ve pelet kalıbı arasında sürekli basınca maruz kalan öğütülmüş materyal, konik delikli kalıp çıkışında pelet formuna dönüşmüştür.

Peletleme işleminde, makinanın rejime girmesiyle çıkmaya başlayan peletler 60 saniye süresince bir kaptan toplanmıştır. Bu süre zarfında üretilen peletler tartılarak kütleleri kaydedilmiş, pelet üretim kapasitesi her bir materyal için kg/h olarak hesaplanmıştır. Pelet makinasının özgül enerji tüketim değerleri makina enerji tüketim değerlerinin üretim kapasitesine oranlanmasıyla kWh/t olarak hesaplanmıştır. Denemeler sırasında elektrik enerjisi tüketim değerleri 3 fazlı portatif enerji analizörü (ChauvinArnaux CA 8332B) yardımı ile belirlenmiştir.

Denemeler sırasında tüm makinalar el ile beslenmiştir. Besleme işlemleri; dal parçalama makinaları ve sınıflandırma makinasında iki, çekiçli değirmen ve pelet makinasında bir kişi tarafından gerçekleştirilmiştir.

2.3. Makina Maliyetlerinin Hesaplanması

Makinalara ait gider hesaplamalarında sabit ve değişken giderler dikkate alınmıştır. Hesaplamalar 2024 yılı Haziran ayındaki piyasa koşulları dikkat alınarak yapılmıştır.

Sabit giderler:

Bu çalışmada sabit giderleri oluşturan değişkenlerin tümü "sabit gider faktörü" ile hesaplanmıştır (ASABE, 2015). Sabit gider hesaplamalarında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$YSG=SGF \times SAB \quad (1)$$

- YSG : Yıllık Sabit Giderler (TL/yıl)
SGF : Sabit Gider Faktörü (ondalık)
SAB : Satın Alma Bedeli (TL)

$$SGF=\left(\frac{1-HD}{n}\right)+\left(\frac{1+HD}{2}\right) \times i +K_2 \quad (2)$$

- HD : Hurda Değeri (ondalık)
n : Makinanın Ekonomik Ömrü (yıl)
i : Yıllık Faiz değeri (Enflasyonlu ortamlarda reel faiz değeri olarak alınır) (ondalık)
K₂ : Vergi-Sigorta-Koruma Sabit Giderlerini İçeren Katsayı (ondalık)

Piyasa koşulları, talep ve makinanın durumu ile ilgili geleceğe dönük olan bu değer gerçekte olarak belirlenmesi zordur. Bu nedenle bu değer satın alma bedelinin bir oranı olarak tahmin edilmektedir. Çalışmada hurda değeri satın alma bedelinin % 20'si olarak alınmıştır (Miyata, 1980).

Ekonomik ömür, yıl veya saat ya da taşıma araçları için uzaklık (km) olarak tanımlanmaktadır. Benzer çalışmalar değerlendirilerek tüm makinalar için ekonomik ömür 8 yıl ve yıllık kullanım saati 1500 h olarak dikkate alınmıştır (Miyata, 1980; Mani vd., 2006; Naimi vd., 2006). Yıllık faiz değeri, enflasyondan arınmış reel faiz değeridir ve çalışmada bölgede önceki yıllarda yapılmış çalışmada kullanılan değerler dikkate alınarak 0.0294 değeri kullanılmıştır (Çanakcı vd., 2010; Yiğit, 2013, Çanakcı vd. 2020; Yiğit, 2023). Çalışmada vergi, sigorta ve koruma giderlerini içeren katsayı (K₂) 0.02 olarak alınmıştır (ASABE, 2015).

Değişken giderler:

Bu çalışmada makinalara ait elektrik, tamir-bakım ve işçilik giderleri hesaplanmıştır. Saatlik işgücü gideri 100 TL/h olarak dikkate alınmıştır. Çalışmada kullanılan makinalar hareketini elektrik motorundan almaktadırlar. Makinalara ait elektrik giderlerinin belirlenmesine aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$EG=ET \times BEF \quad (3)$$

- EG : Elektrik Gideri (TL/h)
ET : Saatlik Elektrik Tüketimi (kWh/h)
BEF : Birim Elektrik Fiyatı (TL/kWh)

Çalışmada birim elektrik tüketimi fiyatı 3.1 TL/kWh olarak dikkate alınmıştır (EPDK, 2024). Tamir-bakım gideri, makinaların aktif çalıştırılabilir durumda kalması için karşılanan giderlerdir. Periyodik bakım giderleri ile birlikte parça bozulması, kırılma, aşınma vb. giderleri kapsamaktadır. Bu çalışmada yıllık tamir bakım gideri satın alma bedelinin yüzdesi olarak belirlenmiştir. Bu değer sınıflandırma makinasında %2, belirli periyotlarda parça değişimi (bıçak, çekiç, kalıp vb.) gerektiren ve daha karmaşık olan diğer makinalarda ise %10 olarak alınmıştır (Mani vd., 2006). Hesaplanan değerler yıllık kullanım saatine bölünerek kullanım saati başına tamir-bakım gideri (TL/h) tespit edilmiştir.

Çalışmada hesaplanan maliyetlere ilişkin değerler, yıllık kullanım saati ve makina kapasiteleri dikkate alınarak, birim kullanım saati (TL/h) ve birim işlenen ürün başına (TL/t) düşen makina giderlerine dönüştürülmüştür. Ayrıca hesaplanan değerler, güncelliğini koruması için T.C. Merkez Bankası döviz kurları dikkate alınarak Amerikan Doları birimine (\$) dönüştürülmüştür (1\$=33 TL-Haziran 2024).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1. Makina Sabit Giderleri

Budama artıklarının değerlendirilmesinde kullanılan ve araştırmada dikkate alınan beş adet makinaya ait satın alma bedelleri, kapasite değerleri ile birlikte hesaplanan sabit gider değerler TL ve \$ birimi ile Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Makinalara ait satın alma bedelleri, makina kapasitesi değerleri ve sabit giderler

Makina	SAB		Makina Kapasitesi	Yıllık Sabit Giderler		Birim Sabit Giderler*			
	(TL)	(\$)		(t/h)	(TL/yıl)	(\$/yıl)	(TL/h)	(\$/h)	(TL/t)
<i>Tamburlu dal parç. m.</i>	1650000	50000	3.14	227081	6881	151.4	4.59	48.2	1.46
<i>Çekiçli dal parç. mak.</i>	1650000	50000	1.64	227081	6881	151.4	4.59	92.3	2.80
<i>Sınıflandırma mak.</i>	205000	6154	0.18	28213	855	18.8	0.57	102.8	3.11
<i>Çekiçli değirmen</i>	190000	5769	0.13	26149	792	17.4	0.53	138.4	4.19
<i>Pelet makinası</i>	1000000	30769	0.07	137625	4170	91.7	2.78	1253.4	37.98

* Makinaların yıllık kullanım saati 1500 saat alınmıştır.

Makinalara ait satın alma bedelleri (SAB), sabit giderlere doğrudan etkilidir. Çalışma koşullarında sabit gider faktörü 0.1376 olarak hesaplanmıştır. Tablo 5 incelendiğinde her iki dal parçalama makinasının da yıllık toplam sabit giderlerin 227081 TL/yıl olduğu görülmektedir. Bu değer pelet makinası için 137625 TL/yıl, sınıflandırma makinası ve çekiçli değirmen için sırasıyla 28213 TL/yıl ve 26149 TL/yıl olarak hesaplanmıştır.

Makinaların yıl içerisindeki kullanım sürelerinin artırılması diğer bir ifade ile makinalar ile daha çok bitkisel artık işlenmesi birim sabit giderleri azaltacaktır. Yıllık işlenen ürün miktarının hesaplanması için yıllık çalışma saatiyle birlikte makina kapasitesi değeri de bilinmelidir. Tablo 5'te görüldüğü gibi tamburlu tip dal parçalama makinası için hesaplanan kapasite değeri 3.14 t/h iken bu değer çekiçli tip dal parçalama makinası için 1.64 t/h değerindedir. Kalın dal, ağaç gövdesi ve kütük vb. daha temiz ve yoğun materyaller ile çalışılan tamburlu tip dal parçalama makinasının kapasitesinin çekiçli tip makinaya göre daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Çalışmada, makinalar iki işçi

tarafından el ile beslenmiştir. Makinaların daha yüksek kapasiteli çalıştırılması için besleme yapan işçi sayısı artırılabilir ya da besleme/yükleme işlemi için özel makinalar ile kullanılabilir.

Çekiçli değirmen ve pelet makinasının kapasite değerleri sırasıyla 0.13 t/h ve 0.07 t/h olarak hesaplanmıştır. Araştırma amaçlı kullanılan pelet makinası için belirtilen değer normal görülebilir. Ancak endüstriyel pelet tesislerinde kullanılan tüm makinaların senkronizasyonu için daha yüksek kapasiteli pelet ve öğütme makinalarının kullanılmasının gerekli olduğu söylenebilir.

Yıllık kullanım süresi 1500 saat olarak dikkate alındığında dal parçalama makinalarının sabit giderleri 151.4 TL/h olarak hesaplanmaktadır. Birim parçalanmış materyal başına sabit giderler, tamburlu tip makinada 48.2 TL/t iken, çekiçli tip makinada 92.3 TL/t değerine çıkmaktadır. Saatlik makina kapasiteleri işlenen materyal başına giderleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle makinaların yüksek kapasite ile çalışmaları önemlidir. Satın alma bedeli yüksek, kapasitesi diğer makinalara göre oldukça düşük olan pelet makinasında sabit birim giderler 91.7 TL/h ve 1253.4 TL/t olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma makinası ve çekiçli değirmen için birim sabit giderler sırasıyla 18.8 TL/h-102.8 TL/t ve 17.4 TL/h-138.4 TL/t olarak belirlenmiştir.

3.2. Makina Değişken Giderleri

Araştırmada değişken giderler için birim kullanım saati başına hesaplanan değerler Tablo 6'da, birim işlenen materyal kütlesi başına düşen değişken değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Makinalara ait saatlik değişken giderler

Makina	Elektrik Gideri		Tamir Bakım Gideri		İşgücü Gideri		Toplam Değişken Giderler	
	(TL/h)	(\$/h)	(TL/h)	(\$/h)	(TL/h)	(\$/h)	(TL/h)	(\$/h)
<i>Tamburlu dal parç. mak.</i>	126.5	3.83	110.0	3.33	200.0	6.06	436.5	13.23
<i>Çekiçli dal parç. mak.</i>	51.7	1.57	110.0	3.33	200.0	6.06	361.7	10.96
<i>Sınıflandırma mak.</i>	3.9	0.12	2.7	0.08	200.0	6.06	206.6	6.26
<i>Çekiçli değirmen</i>	22.8	0.69	12.7	0.38	100.0	3.03	135.5	4.11
<i>Pelet makinası</i>	18.2	0.55	66.7	2.02	100.0	3.03	184.9	5.60

Tablo 7. Makinalara ait birim işlenen materyal kütlesi başına düşen değişken giderler

Makina	Elektrik Gideri		Tamir Bakım Gideri		İşgücü Gideri		Toplam Değişken Giderler	
	(TL/t)	(\$/t)	(TL/t)	(\$/t)	(TL/t)	(\$/t)	(TL/t)	(\$/t)
<i>Tamburlu dal parç. mak.</i>	40.3	1.22	35.0	1.06	63.7	1.93	139.0	4.21
<i>Çekiçli dal parç. mak.</i>	31.5	0.95	67.1	2.03	122.0	3.70	220.5	6.68
<i>Sınıflandırma mak.</i>	21.1	0.64	14.9	0.45	1092.9	33.12	1128.9	34.21
<i>Çekiçli değirmen</i>	181.1	5.49	100.5	3.05	793.7	24.05	1075.3	32.58
<i>Pelet makinası</i>	249.2	7.55	910.7	27.60	1366.1	41.40	2526.0	76.55

Tablo 6'da görüldüğü gibi saatlik değişken giderler içinde en büyük paya sahip gider kalemi işgücü gideridir. İşgücü gideri iki kişi ile çalışan makinalar için 200.00 TL/h, bir kişi ile çalışan makinalar için 100.00 TL/h'dir. Toplam değişken giderler içerisinde işgücü giderinin payı; tamburlu

parçalama makinasında %46, çekiçli tip parçalama makinasında %55, sınıflandırma makinasında %97, çekiçli değirmende %74 ve pelet makinasında %54'tür. Elektrik gideri en fazla tamburlu tip dal parçalama makinasında (126.5 TL/h), en düşük ise sınıflandırma makinasında (3.9 TL/h) için bulunmuştur. Tamir-bakım gideri dal parçalama makinalarında 110.0 TL/h iken sınıflandırma makinasında 2.7 TL/h'dir. Belirtilen değerleri ile birim çalışma süresi başına en yüksek değişken değer tamburlu parçalama makinasında 436.5 TL/h, en düşük değer ise çekiçli değirmende 135.5 TL/h olarak belirlenmiştir.

Makinalara ait birim kütle başına (kg) düşen değişken gider kalemleri arasında en fazla gider pelet makinasında hesaplanmıştır. Özellikle işgücü gideri 1366.1 TL/t gibi yüksek bir değerdedir. Düşük kapasiteli bir makina kullanımının bu değeri yükselttiği söylenebilir. Tüm değişken giderler dikkate alındığında pelet makinası için toplam değer 2526.0 TL/t olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma makinası ve çekiçli değirmen için hesaplanan toplam değişken giderler sırasıyla 1128.9 TL/t ve 1075.3 TL/t'dur. Tamburlu ve çekiçli parçalama makinaları için toplam değişken gider sırasıyla yaklaşık 139.0 TL/t ve 220.5 TL/t olarak hesaplanmıştır (Tablo 7).

3.3. Makinalara Ait Toplam Giderler

Makinaların yıllık kullanım süreleri 1500 saat olarak dikkate alındığında, hesaplanan toplam giderler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8. Makinalara ait saatlik toplam giderler

<i>Makina</i>	<i>Sabit Gider</i>		<i>Değişken Gider</i>		<i>Toplam Gider</i>	
	<i>(TL/h)</i>	<i>(\$/h)</i>	<i>(TL/h)</i>	<i>(\$/h)</i>	<i>(TL/h)</i>	<i>(\$/h)</i>
<i>Tamburlu dal parçalama mak.</i>	151.4	4.59	436.5	13.23	587.9	17.82
<i>Çekiçli dal parçalama mak.</i>	151.4	4.59	361.7	10.96	513.0	15.55
<i>Sınıflandırma makinası</i>	18.8	0.57	206.6	6.26	225.4	6.83
<i>Çekiçli değirmen</i>	17.4	0.53	135.5	4.11	152.9	4.63
<i>Pelet makinası</i>	91.7	2.78	184.9	5.60	276.7	8.38

Tablo 9. Makinalara ait birim işlenen materyal kütlesi başına düşen toplam giderler

<i>Makina</i>	<i>Sabit Gider</i>		<i>Değişken Gider</i>		<i>Toplam Gider</i>	
	<i>(TL/t)</i>	<i>(\$/t)</i>	<i>(TL/t)</i>	<i>(\$/t)</i>	<i>(TL/t)</i>	<i>(\$/t)</i>
<i>Tamburlu dal parçalama mak.</i>	48.2	1.46	139.0	4.21	187.2	5.7
<i>Çekiçli dal parçalama mak.</i>	92.3	2.80	220.5	6.68	312.8	9.5
<i>Sınıflandırma makinası</i>	102.8	3.11	1128.9	34.21	1231.7	37.3
<i>Çekiçli değirmen</i>	138.4	4.19	1075.3	32.58	1213.6	36.8
<i>Pelet makinası</i>	1.253.4	37.98	2526.0	76.55	3779.5	114.5

Makinalara ait saatlik toplam giderler 152.9-587.9 TL/h arasında değişmektedir. En yüksek gider tamburlu tip parçalama makinasına ait iken en düşük gider çekiçli değirmen için saptanmıştır (Tablo 8).

Artıkların geri dönüşümünde ve sürdürülebilir uygulamalarda, birim materyal başına düşen giderler önem kazanmaktadır. Bu kapsamda makinalar için hesaplanan toplam giderler; Tablo 9’da görüldüğü gibi tamburlu tip dal parçalama makinası, çekiçli tip dal parçalama makinası, sınıflandırma makinası, çekiçli değirmen ve pelet makinası için sırasıyla 187.2 TL/t, 312.8 TL/t, 1231.7 TL/t, 1213.6 TL/t ve 3779.5 TL/t’dir. Artıkların değerlendirilmesi veya bertaraf işlemleri için artıkların en azından parçalanması, ardından isteğe göre işlem ya da işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir.

Naimi vd. (2006) tarafından parçalama makinaları saatlik toplam giderleri 91-252 \$/h olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada hesaplanan değerler ise yaklaşık 16-18 \$/h düzeyindedir. Amerika kıtasında orman ürünlerinin parçalanmasında kullanılan makinaların saatlik kullanım maliyetlerinin, bu çalışmada hesaplanan değerlere göre yüksek olmasının başlıca nedenleri yüksek motor gücü (186-521.5 kW) ve yüksek satın alma bedelleri (187692-625542 \$) olarak sıralanabilir. Saatlik maliyetlerin yanında işlenen birim materyal kütlesi başına hesaplanan maliyetlerin de dikkate alınması daha sağlıklı değerlendirme imkânı vermektedir. Örneğin Jara vd. (2016) tarafından yapılan araştırmada orman ürünlerinden saatlik 10 ton pelet üretim kapasitesine sahip makina için birim kütle başına makina maliyeti 10.65 \$/t olarak hesaplanmıştır. Belirtilen değer bu çalışmada çok daha düşük kapasiteli pelet makinası için hesaplanan değerden yaklaşık 10 kat daha küçüktür. Ürün ve makina yapısı vb. faktörlerle birlikte yüksek kapasiteli makina kullanımının kütle başına hesaplanan birim maliyet değerlerini azalttığı söylenebilir.

Değerlendirme yöntemlerinin ekonomikliği için makina giderlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin budanan dalların tamburlu dal parçalama makinaları ile parçalandığında, elde edilen parçacıklar (yonga/chips) biyokütle enerji santrallerinde doğrudan yakıt olarak kullanılabilir. Belirtilen enerji tesislerine yönelik hammadde maliyetleri hesaplamalarında bu çalışmada elde edilen 187.2 TL/t (5.7 \$/t) değeri bir fikir verebilir. Aynı materyaller doğrudan malç olarak da kullanılabilir. Ancak istenilen boyutların elde edilmesi için sınıflandırma makinasından geçirildiğinde birim makina maliyeti (187.2+1231.7=) 1419.0 TL/t (43 \$/t) değerine çıkmaktadır. Artıklardan pelet elde edilmesi için parçalama ve öğütme ile birlikte pelet makinası giderleri dikkate alındığında pelet için makina kullanım maliyeti (187.2+1213.6+3779.5=) 5180.3 TL/t (157.0 \$/t) değerine ulaşmaktadır.

Kampus özelinde yapılan bu çalışmada pelet makinasının birim maliyet değerlerinin yüksekliği dikkat çekmektedir. Bununla birlikte ülkemizde bitkisel artıkların değerlendirilmesi konusundaki artan farkındalık dikkat çekmektedir. Bu kapsamda; piyasa taleplerine göre artık özellikleri, makina kapasiteleri, işgücü ihtiyacı ve makina giderlerinin dikkate alınması ile yapılacak üretim faaliyetlerinde budama artıklarının kullanım potansiyelinin olduğu düşünülmektedir. Parçalanmış budama artıklarının doğrudan malç olarak kullanımının yanında, farklı üretim tesislerinde (biyoyakıt, kompost, toprak iyileştirici, yapı malzemesi, yonga levha vb.) hammadde olarak doğrudan ya da karışım malzemesi olarak kullanılabilmesi öngörülmektedir.

4. SONUÇ

Türkiye’de bitkisel artıkların bertaraf edilmesi konusunda farkındalık düzeyi artmaktadır. Artıkların geri dönüşümü ile farklı kazanımların yanında ekonomiye katkısı da söz konusudur. Mevcut durumda artıkların malç/yonga, biyokütle hammaddesi ve pelet gibi farklı alanlarda kullanımı mümkündür. Bu çalışmada budama meyve bahçeleri ve park-bahçe alanlarında ortaya çıkan budama

artıklarının farklı yöntemlerle değerlendirilmesine yönelik uygulanan temel işlemlerde kullanılan parçalama, sınıflandırma ve peletleme makinalarının kullanım maliyetleri hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda, malç ve biyokütle hammaddesi üretimine yönelik makina kullanım maliyetlerinin pelet üretimine göre daha düşük düzeylerde kaldığı görülmektedir. Pelet üretiminde, özellikle birim kapasiteye oranla satın alma bedeli, elektrik enerjisi ve işçilik giderlerinin yüksek olması, diğer makinalara göre toplam giderleri artırmaktadır. Çalışmada kullanılan tamburlu ve çekiçli tip parçalama makinaları için toplam birim maliyetler sırasıyla 587.9 TL/h-187.2 TL/t ve 513.0 TL/h ve 312.8 TL/t olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma makinası ve çekiçli değirmen için bu değerler sırasıyla 225.4 TL/h-1231.7TL/t ve 152.9TL/h-1213.6 TL/t'dur. Pelet makinası için birim maliyetler 276,7 TL/h-3779.5 TL/t olarak belirlenmiştir.

Sabit giderlere, satın alma fiyatı ile makinanın yıllık kullanım süresi etkilidir. İşletmelere uygun kapasiteli makina seçiminin yanında yıllık kullanım süresinin artması birim sabit giderleri azaltacaktır. Değişken giderler içinde en yüksek gider kalemi işgücü gideridir. Tüm makinaların beslenmesinin insan işgücü ile yapılması maliyetleri artırmaktadır. Günümüzde insan işgücü temininde yaşanan zorluklar ve işgücü maliyetlerinin yükselmesi dikkate alındığında belirlenen sonucun beklenen bir durum olduğu söylenebilir. Bu kapsamda, besleme ve yükleme işlemlerinin uygun makinalarla gerçekleştirilmesi durumunda işgücü giderlerinin azalması beklenmektedir.

Çalışmada kapsamında Akdeniz Üniversitesi altyapısı dikkate alınarak hesaplanan değerlerin, Türkiye koşullarında budama artıklarının geri dönüşümüne yönelik yapılacak benzer çalışmalara yardımcı olması beklenmektedir. İşletmeler amacına göre kullanacakları makina ya da makina fiyatlarını deneme koşullarını dikkate alarak değerlendirebilirler.

Teşekkür

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen FAY-2017-2802 no'lu Altyapı Projesi kapsamında yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- ASABE, (2015). Agricultural machinery management data. American Society of Agricultural and Biological Engineers Standarts. ASAE D497.7 MAR2011 (R2015)
- Assirelli, A., Acampora, A. Croce, S., Spinelli, R., Santangelo, E., Pari L. (2013). Mechanized recovery of olive pruning residues: ash contamination and harvesting losses. *Journal of Agricultural Engineering*, XLIV(s2), e124
- Bilandzija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A., Jurisic, V. (2012). Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(2), 292-298.
- Çanakcı, M. (2014). Budama atıklarının parçalanması ve mekanizasyonu. *Hasad Dergisi - Bitkisel Üretim*, 29(344), 70-78.
- Çanakcı, M., Topakcı, M., Karayel, D., Ağsaran, B. (2010). Kuyruk milinden hareketli budama artığı parçalama makinasının temel işletmecilik verilerinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, (16), 46-54.

- Çanakcı, M., Topakcı, M., Karayel, D., Yiğit, M., Yılmaz, H., Ortaçesme, D. (2020). *Akdeniz Üniversitesi Kampus Alanlarında Ortaya Çıkan Budama Artıklarının Değerlendirilmesine Yönelik Altyapı Projesi Sonuç Raporu*. Akdeniz Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi FAY-2017-2802, 62 s. Antalya.
- Çanakcı, M., Topakcı, M., Karayel, D., Agsaran, B., Kabaş, O., Yigit, M. (2019). The effect of different blades on the performance values of a pruning chopper used to improve soil properties. *Bulg J Agr Sci*, 25(5), 1052-1059.
- Çiçek, G., Sümer, S. K., Egesel, C. Ö., Say, S.M. (2019). Şeftali budama artık potansiyelinin hesaplanmasına yönelik katsayının belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)*, 7(2), 299-305.
- Çolakoğlu, B. (2018). *Tarımsal Atıkların Alternatif Kullanım Alanları Konusunda Üretici Eğilimleri*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, 107 s. Tekirdağ.
- Dereli, İ., Çakır, E. (2014). Development and determination of the field performance of stalk choppers equipped with different blade configurations. *Bulg J Agr Sci*, 20(5), 1273-1276.
- Deveci, E.Ü., Gönen, Ç., Çetin G. (2019). Mısır koçanında sülfürik asit, hidrojen peroksit ve ultrases dalga ön işlemleri ile çözünmüş şeker üretiminin optimizasyonu. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi – KSU J Eng Sci*, 22(4), 183-198.
- Dyjakon, A., Mudryk, K. (2018). *Energetic potential of apple orchards in europe in terms of mechanized harvesting of pruning residues*. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. Part of the Springer Proceedings in Energy Book Series (SPE), 593-602.
- Dyjakon, K., Boer, J. D., Bukowski, P., Adamczyk, F., Frąckowiak, P. (2016). Wooden biomass potential from apple orchards in Poland. *Drewno*, 59(198), 73-86.
- Ekinci, K. (2011). Utilization of apple pruning residues as a source of biomass energy: A case study in Isparta province. *Energy Exploration & Exploitation*, 29(1), 87-107.
- El-Juhany, L. I. (2001). Surveying of lignocellulosic agricultural residues in some major cities of Saudi Arabia. *Research Bulletin*, 100, 5-23 (In Arabic)
- EPDK, 2024. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu.
- Fedrizzi, M., Sperandio, G., Pagano, M., Pochi, D., Fanigliulo, R., Recchi, P. (2012). A Prototype Machine for Harvesting and Chipping of Pruning Residues: first test on Hazelnut Plantation (*Corylus avellana* L.). *International Conference of Agricultural Engineering, CIGR-Ageng*, July 8-12, Valencia, Spain.
- Goncalves, C., Evtugina, M., Alves, C., Monteiro, C., Pio, C., Tome, M. (2011). Organic particulate emissions from field burning of garden and agriculture residues. *Atmosph Res*, 101, 666-680. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.04.017>
- Hoque, M., Sokhansanj, S., Naimi, L., Bi, X., Lim, J. Womac, A. (2007). Review and analysis of performance and productivity of size reduction equipment for fibrous materials. ASABE Annual International Meeting, Paper Number: 076164, 17 - 20 June, Minneapolis, Minnesota. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.05.023>

<https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>

- Jara, A.A., Daracan, V.C., Devera, E.E., Acda, M.N. (2016). Techno-Financial Analysis of Wood Pellet Production In The Philippines. *Journal of Tropical Forest Science* 28(4), 517–526.
- Magagnotti, N., Pari, L., Picchi, G., Spinelli, R. (2013). Technology alternatives for tapping the pruning residue resource. *Bioresource Technology*, 128, 697–702.
- Mani, S., Sokhansanj, S., Bi X., Turhollow, A. (2006). Economics of producing fuel pellets from biomass. *Applied Engineering in Agriculture*. 22(3), 421-426.
- Manzanares, P., Ruiz, E., Ballesteros, M., Negro, M. J., Gallego F. J., López-Linares J. C., Castro, E. (2017). Residual biomass potential in olive tree cultivation and olive oil industry in Spain: valorization proposal in a biorefinery context. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 15(3), e0206.
- Miyata, E. S. (1980). Determining fixed and operating cost of logging equipment. *USDA Forest Service, General Technical Report*. NC-55. North Central Forest Experiment Station, 16 p. St. Paul-Minnesota, USA,
- Naimi, L. J., Sokhansanj, S., Mani, S., Hoque, M., Bi, T., Womac, A. R., Narayan, S. (2006). Cost and performance of woody biomass size reduction for energy production. *CSBE/SCGAB 2006 Annual Conference*, Paper No:06-107, Edmonton Alberta.
- Nguyen, Q. N., Cloutier, A., Achim, A., Stevanovic, T. (2015) Effect of process parameters and raw material characteristics on physical and mechanical properties of wood pellets made from sugar maple particles. *Biomass Bioenergy*, 80:338–49.
- Öngören, N. (2021). *Bağ budama atıklarının parçalanmasında kullanılacak bir makinanın modifikasyonu ve performansının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, 56 s, Diyarbakır.
- Özkan, Y., Gerçekçioğlu, R. (2009). Meyve Ağaçlarının Budanması. Gerçekçioğlu R., Bilgener Ş., Soylu A. (Editörler), *Genel Meyvecilik Kitabı (Bölüm 12)*, (2. Baskı, ss. 385-449). Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Paltseva, J., Searle, S., Malins, C. (2016). Biofuel production from palm residues in Indonesia. *ICCT- White Paper- International Council on Clean Transportation*. Washington, USA. 17 p. <https://theicct.org/>
- Sessiz, A., Demirel, İ. (2024). Bağ artıklarının parçalanmasında kullanılan bir makinanın bazı çalışma parametrelerine bağlı olarak güç tüketiminin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2), 112-121.
- Spinelli, R., Eliassonb, L., Magagnotti, N. (2019). Determining the repair and maintenance cost of wood chippers. *Biomass and Bioenergy* 122, 202–210.
- Spinelli, R., Lombardini, C, Pari, L., Sadauskiene, L., (2014). An alternative to field burning of pruning residues in mountain vineyards. *Ecol Eng* 70, 212-216.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Nati, C., (2010). Harvesting vineyard pruning residues for energy use. *Biosyst Eng*, 105, 316-322. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.11.011>
- Spinelli, R., Picchi, G. (2010). Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass. *Bioresource Technology*, 101, 730-735.

- Stasiak, M., Molenda, M., Bańda, M., Wiącek, J., Parafiniuk, P., Gondek, E. (2017). Mechanical and combustion properties of sawdust—straw pellets blended in different proportions. *Fuel Process Technol*, 156, 366–75.
- Şeflek, Y., Çarman, K., Özbek, O. (2006). Budama atıklarının parçalanmasında kullanılan makinanın performans değerlerinin irdelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(3), 219-24.
- Turna, İ. (2017). *Kent Ormancılığı-Budama. Ders Notu*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon. https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/silvikultur_cf4ad.pdf
- Ünal, İ., Çanakcı, M., Topakçı, M., Karayel, D., Çakır, M. (2021). Design and development of the PLC based sensor and instrumentation system for self-propelled pruning residue mulcher prototype. *Computers and Electronics in Agriculture*, 186, 106225.
- Velázquez-Martí, B., Fernández-González, E., López-Cortés, I., Salazar-Hernández, D. M. (2011). Quantification of the residual biomass obtained from pruning of trees in Mediterranean olive groves. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3208-3217.
- Yan, J., Oyedeji, O., Leal, J. H., Donohoe, B. S., Semelsberger, T. A., Li, C., Tanjore, D. (2020). Characterizing variability in lignocellulosic biomass: a Review". *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(22), 8059-8085.
- Yeniocak, M. (2008). *Bağ Budama Atıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon A. B. D., Muğla.
- Yiğit, M. (2013). *İki Farklı Budama Atığı Parçalama Makinasının Performans Değerlerinin Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Tarım Makinaları A.B.D., 63 s., Antalya.
- Yiğit, M. (2023). *Bir Budama Artığı Parçalama Makinasının Farklı Çalışma Koşullarında İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Tarım Makinaları A.B.D., 98 s., Antalya.
- Yiğit, M., and Çanakcı, M. (2020). Comparison of the technical and economic performances of two different shredders on pomegranate pruning residues. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 18(1), e0202.
- Zhou, Y., Zhang, Z., Zhang, Y., Wang, Y., Yu, Y., Ji, F. (2016). A comprehensive review on densified solid biofuel industry in China. *Renew Sustain Energy Rev*, 54, 1412–28.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

After regular pruning operations, significant amounts of woody residues emerge in both agricultural and urban areas. These residues are burned or kept in empty areas in traditional practices, which are common. Uncontrolled incineration or keeping in empty spaces causes many environmental problems by preventing the recycling of residues. Today, the importance of evaluating lignocellulosic pruning residues with different methods and recycling them and bringing them into the economy is increasing. The first process to evaluate the residues in different ways is the shredding process to reduce their size. This process is critical for the efficiency and economy of the methods applied. According to the evaluation methods, the processes to be applied to the residues after the shredding process vary.

The economical of the selected methods is one of the basic factors that will ensure continuity in the evaluation of residues. For this reason, cost calculations along with the operating parameters and energy requirements of the machines gain importance within the scope of business studies. When the studies are examined, there are many studies carried out for the stated purpose, especially for pruning residues that occur in orchards. In addition, it is seen that studies are carried out on the operation of machines that are used in the evaluation of biomass residues in landscape and forest areas and work continuously.

When the studies carried out are examined, it is seen that the studies carried out to determine the machine costs used in the evaluation of woody pruning residues in our country are limited. In particular, the shortage of stationary type shredding and pellet machines, which have an increase in use, is more pronounced. In this study, it was aimed to calculate the costs of some machines used in the evaluation of vegetable residues.

Methodology

In the study, the machines used in shredding, classification and pelletizing processes for the evaluation of pruning residues were taken into consideration. Ready-to-use mulch, chips and pellets can be produced with the machines. In the trials, two different branch shredding machines (drum and hammer type), a vibrating sieve, grinding machine and pelletizing machine were used.

In each trial conducted in three iterations to determine the capacity and electrical energy consumption of the shredding machines, the grading machine and the hammer mill, the working time was considered as three minutes. In the trials, the shredded residues were weighed, and the capacity values of the machines were determined in terms of (kg/h), taking into account the working time. By proportioning the power value and capacity value depending on electricity consumption, kWh/t unit and unit energy requirement values were determined.

In the pelletizing process, the pellets, which started to come out when the machine entered the regime, were collected in a container for 60 seconds. During this period, the pellets produced were weighed and their masses were recorded, and the pellet production capacity was calculated as kg/h for each material. The specific energy consumption values of the pellet machine were calculated as kWh/ton by rationing the machine energy consumption values to the production capacity. During the trials, electrical energy consumption values were determined with the help of a 3-phase portable energy analyzer.

Fixed and variable expenses were considered in the expense calculations of the machines.

Results and Conclusions

The purchase price (SAB) of the machines has a direct impact on fixed expenses. The fixed expense factor in operating conditions was calculated as 0.1376. It is seen that the total annual fixed expenses of both drum type and hammer type shredders are 227081 TL/year (6881 \$/year). This value was calculated as 137625 TL/year (4170 \$/year) for pellet machine, 28213 TL/year (855 \$/year) and 26149 TL/year (792 \$/year) for grading machine and hammer mill, respectively.

Considering the annual usage period as 1500 hours, the fixed costs of the branch shredding machines are calculated as 151.4 TL/h (4.59 \$/h). While the fixed costs per unit of shredded material are 48.2 TL/t (1.46 \$/t) in the drum type shredder, they increase to 92.3 TL/t (2.8 \$/t) in the hammer type machine. Hourly machine capacities directly affect the costs per material processed. For this reason, it is important that the machines work with high capacity. In the pellet machine, which has a high purchase price, and a very low capacity compared to other machines, fixed unit expenses are calculated as 91.7 TL/h (2.78 \$/h) and 1253.4 TL/t (37.98 \$/h). Unit fixed expenses for the sieving and grinding machine were determined as 18.8 TL/h (0.57 \$/h), 102.8 TL/t (3.11 \$/t) and 17.4 TL/h (0.53 \$/h), 138.4 TL/t (4.19 \$/t), respectively.

The expense item with the largest share in hourly variable expenses is labor expense. Labor expense is 200.00 TL/h (6.06 \$/h) for machines working with two people and 100.00 TL/h (3.03 \$/h) for machines working with one person. The share of labor expenses in total variable expenses; it is 46% in drum shredding machine, 55% in hammer type shredding machine, 97% in grading machine, 74% in hammer mill and 54% in pellet machine. Electricity costs were calculated for the highest drum type branch shredding machine (126.5 TL/h – 3.83 \$/h) and the lowest classification machine (3.9 TL/h – 0.12 \$/h). While the repair-maintenance cost is 110.0 TL/h (3.33 \$/h) for branch shredding machines, it is 2.7 TL/h (0.08 \$/h) for the grading machine. With the specified values, the highest variable value per unit working time was determined as 436.5 TL/h (13.23 \$/h) in the drum shredding machine and the lowest value was determined as 135.5 TL/h (4.11 \$/h) in the hammer mill.

Among the variable expense items per unit mass (kg) of the machines, the highest expense was calculated in the pellet machine. In particular, labor expense is as high as 1366.1 TL/t (41.40 \$/t). It can be said that the use of a low-capacity machine increases this value. Considering all variable expenses, the total value for the pellet machine was determined as 2526.0 TL/t (76.55 \$/t). The total variable expenses calculated for the grading machine and the hammer mill are 1128.9 TL/t (34.21 \$/t) and 1075.3 TL/t (32.58 \$/t), respectively. The total variable expense for drum and hammer shredding machines was calculated as approximately 139.0 TL/t (4.21 \$/t) and 220.5 (6.68 \$/t) TL/t, respectively.

Total expenses calculated for machines within the scope; it is 187.2 TL/t (5.7 \$/t), 312.8 TL/t (9.5 \$/t), 1231.7 TL/t (37.3 \$/t), 1213.6 TL/t (36.8 \$/t) and 3779.5 TL/t (114.5 \$/t) for drum type branch shredding machine, hammer type branch shredding machine, grading machine, hammer mill and pellet machine, respectively.

Fixed costs are affected by the purchase price and the annual usage period of the machine. In addition to the selection of machines with the appropriate capacity for the enterprises, the increase in the annual usage time will reduce the unit fixed costs. Among the variable expenses, the highest expense item is labor expense. The feeding of all machines with human labor increases the costs. Considering the difficulties experienced in the supply of human labor and the increase in labor costs today, it can be said that the determined result is an expected situation. In this context, it is expected that labor costs will decrease if feeding and loading operations are carried out with appropriate machines.

It is expected that the values calculated by considering the infrastructure of Akdeniz University within the scope of the study will help similar studies to be carried out for the recycling of pruning residues in Türkiye conditions. Businesses can evaluate the prices of the machine or me or machine they will use according to their purpose, considering the trial conditions.

Yazarların Biyografisi



Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Murad ÇANAKCI, 1995 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1996-2005 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimini tamamlamıştır. Aynı dönemde Akdeniz Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Murad ÇANAKCI 2005-2007 yıllarında Tarım ve Orman Bakanlığı'nda çalışmıştır. Murad ÇANAKCI 2008 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Murad ÇANAKCI tarımsal mekanizasyon işletmeciliği, tarımsal artıkların değerlendirilmesi ve sera üretim mekanizasyonu konuları üzerinde çalışmaktadır.

İletişim

mcanakci@akdeniz.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-1985-8387>



Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI, 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1996-2005 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimini tamamlamıştır. Aynı dönemde Akdeniz Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Mehmet TOPAKCI 2005-2006 yıllarında Tarım ve Orman Bakanlığı'nda çalışmıştır. 2006 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Mehmet TOPAKCI akıllı tarım teknolojileri, toprak işleme ve tarımsal artıkların değerlendirilmesi konuları üzerinde çalışmaktadır.

İletişim

mtopakci@akdeniz.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-5049-9511>



Davut KARAYEL

Prof. Dr. Davut KARAYEL, 1995 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1996-2005 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimini tamamlamıştır. Aynı dönemde Akdeniz Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Davut KARAYEL 2007-2008 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmıştır. 2011 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Davut KARAYEL tarımsal üretimde ekim, dikim ve gübreleme makinaları konuları üzerinde çalışmaktadır.

İletişim

dkarayel@akdeniz.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-6789-2459>



Hasan YILMAZ

Dr. Hasan YILMAZ, 2011 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 2013-2022 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimini tamamlamıştır. Hasan YILMAZ tarımsal artıklardan pelet üretimi, torefikasyon ve yakıt özelliklerinin belirlenmesi konuları üzerinde çalışmaktadır.

İletişim

<https://orcid.org/0000-0003-3791-6437>

ORCID Adresi

hasanyilmaz@akdeniz.edu.tr



Mete YİĞİT

Dr. Mete YİĞİT, 2009 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 2010-2023 yıllarında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda yüksek lisans ve doktora öğrenimini tamamlamıştır. Mete YİĞİT tarımsal artıkların değerlendirilmesi ve görüntü işleme konuları üzerinde çalışmaktadır. Mete YİĞİT, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim
ORCID Adresi

meteyigit@akdeniz.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-6500-2002>



Derya ORTAÇEŞME

Öğr. Gör. Derya Ortaçeşme, 1992 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nden lisans derecesi ile mezun olmuştur. 1992-1996 yıllarında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimini tamamlamıştır. Akdeniz Üniversitesi Rektörlüğü Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'nda Park Bahçeler Şube Müdürü olarak görev yapmaktadır.

İletişim
ORCID Adresi

ortacesmed@akdeniz.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0003-3312-5822>