



Portakal Üretim Sürecinin Termodinamik Değerlendirilmesi; Yeni Bir Yaklaşım

Hasan Yıldızhan^{1*}

¹ Barış AB Proje Danışmanlığı, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0272-980X)

(İlk Geliş Tarihi 3 Şubat 2019 ve Kabul Tarihi 1 Mart 2019)

(DOI: 10.31590/ejosat.521449)

ATIF/REFERENCE: Yıldızhan, H. (2019). Portakal Üretim Sürecinin Termodinamik Değerlendirilmesi; Yeni Bir Yaklaşım. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 96-102.

Öz

Günümüzde çevrenin kirlenmemesi ve doğal kaynakların tüketilmemesi için sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla ilgili çalışmalar artmaktadır. Son yıllarda sürdürülebilir tarım uygulamaları için geliştirilen kümülatif ekserji tüketimi ile ilgili analiz çalışmaları artmıştır. Kümülatif ekserji tüketimi yaklaşımı, mahsul üretim süreçlerinde kullanılan girdilerin tasarruf potansiyelini tespit etmek ve böylece mahsullerin üretim süreçlerini iyileştirmede önemli bir metottür. Bu çalışmanın amacı portakal üretim sürecini, kümülatif ekserji tüketimi yaklaşımıyla değerlendirmektir. Bu çalışmada, portakal üretim süreci için kümülatif enerji tüketimi, kümülatif ekserji tüketimi ve kümülatif CO₂ emisyon değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Portakal üretim sürecinde tarım ilacının kullanımından dolayı gerçekleşen kümülatif enerji ve ekserji tüketimleri ile kümülatif CO₂ emisyonu çok fazla bulunmuştur. Sonuçlar, portakal üretim sürecinde çiftçilerin tarım ilacı kullanırken optimum düzeyde uygulama yapmaları önemli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Portakal üretimi, Tarım ilacı, Kümülatif ekserji tüketimi.

Thermodynamic Evaluation of Orange Production Process; a New Approach

Abstract

Nowadays, studies on sustainable agricultural practices are increasing in order not to pollute the environment and not to consume natural resources. In recent years studies on cumulative exergy consumption developed for sustainable agricultural practices have increased. The cumulative exergy consumption approach is an important method in determining of saving potential of inputs used in crop production processes and thereby improving the production processes of crops. The aim of this study is to evaluate the orange production process with cumulative exergy consumption approach. Cumulative energy consumption, cumulative exergy consumption and cumulative CO₂ emission values were calculated and evaluated. The results on the cumulative energy, exergy consumption and cumulative CO₂ emissions due to the use of pesticide application during the orange production process were found to be very high. As a result it should be noted that in the process of orange production, it is important for farmers to make optimum use when using pesticides.

Keywords: Orange production, Pesticides, Cumulative exergy consumption.

* Sorumlu Yazar: Barış AB Proje Danışmanlığı, Adana, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0272-980X, hasanydhn@hotmail.com

1. Giriş

Fosil yakıtların sonlu olması, maliyetlerinin sürekli artması ve çevre kirliliğine sebep olmaları gibi olumsuz özellikleri nedeni ile tarımda ağırlıklı olarak fosil esaslı enerji kaynaklarıyla üretim yapılması sürdürülebilir bir yöntem değildir (Taşkın ve Vardar, 2016). Çözüm yöntemi olarak tarımda fosil esaslı girdilerin kullanımının terk edilmesi veya azaltılması, bunun yerine yenilenebilir esaslı girdilerin kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte tarımda enerji etkinliğinin artırılması, enerji kaynaklarının kullanımında tasarruf yapılmasını sağlamaktadır. Bu durum da tarım uygulamalarından kaynaklanan çevresel sorunların azaltılmasını teşvik etmektedir. Enerjinin etkin kullanılması, aynı iş çıktısı değişmeden enerji kullanımının azaltılması olarak gerçekleşir (Öztürk ve ark., 2010). Çiftçilerin tarım uygulamalarında enerji kaynaklarını gelişi güzel tüketmek yerine enerji kaynaklarını bilinçli olarak tüketmeleri gerekmektedir. Böylece tarımda etkin enerji kullanımı sağlanmış olacaktır.

Günümüzde çevrenin kirletilmemesi ve doğal kaynakların tüketilmemesi için sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla ilgili çalışmalar artmaktadır. Sürdürülebilir tarım kavramı, hem bugün hem de gelecek nesiller için gerekli olan doğal kaynakların korunması ve böylece insanların ihtiyacı olan besinlerin karşılanmasıdır (Eryılmaz ve Kılıç, 2018). Sürdürülebilir tarım uygulamalarında bir çok araştırmacı yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım uygulamalarına adapte edilmesi hususunda çalışmalar yapmıştır (Bardi ve ark., 2013). Sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında üretim süreçleri için yeni değerlendirme metodu olarak kümülatif ekserji tüketim analizi yapılmaktadır (Yıldızhan, 2018; Yıldızhan ve Taki, 2018; Taki ve Yıldızhan, 2018; Yıldızhan, 2017). Kümülatif ekserji tüketimi, sistem sınırları çerçevesinde bir ürünün hammaddeden son haline gelene kadar tüm süreç boyunca tüketilen ekserjilerin toplamı olarak tarif edilmektedir (Szargut, 2005). Kümülatif ekserji tüketiminin azaltılması daha az doğal kaynakların kullanılması anlamına gelmektedir (Hoang ve Prasada, 2010).

Bu çalışmanın amacı portakal üretim sürecini kümülatif ekserji tüketimi yaklaşımıyla değerlendirmektir. Çalışmada, portakal üretim süreci için kümülatif enerji tüketimi, kümülatif ekserji tüketimi ve kümülatif CO₂ salınım değerleri hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, portakal üretim sürecinin geliştirilmesi için kullanılan girdilerin etkileri yorumlanmıştır. Bu çalışma mahsul üretim süreçlerinin geliştirilmesine yönelik yapılan araştırmalara önemli literatür katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

Tarımda her birim operasyon kapsamında kütle, enerji ve ekserji denge denklemleri; Kümülatif enerji tüketimi (CEnC), Kümülatif ekserji tüketimi (CExC) ve kümülatif karbondioksit emisyonunu (CCO₂E) belirlenmesi için kullanılır. Söz konusu denge denklemleri aşağıda verilmiştir (Dincer ve ark., 2004; Balkan ve ark. 2005; Wall, 2003; Ozilgen ve Sorgüven, 2011).

Kütle dengesi:

$$\Sigma m_{in} = \Sigma m_{out} \quad (1)$$

Enerji dengesi:

$$\Sigma (mh)_{in} - \Sigma (mh)_{out} = W - Q \quad (2)$$

Ekserji dengesi:

$$\Sigma (mb)_{in} - \Sigma (mb)_{out} + \Sigma \left(1 - \frac{T_o}{T_k}\right) Q_k - W = I \quad (3)$$

Yukarıdaki denklemlerde m kütle, h entalpiyi, b kimyasal ekserjiyi, W işi, I ekserji kaybını, T_o ortam sıcaklığını, T_k kaynak sıcaklığını Q_k ısıyı ifade etmektedir.

Bir ton portakal üretimi için kullanılan girdiler ve miktarları ile ilgili veriler Mohammadshirazi ve arkadaşlarının çalışmasından alınmıştır. Belirtilen veriler Tablo 1'de verilmiştir (Mohammadshirazi ve ark., 2015).

Tablo 1. Bir Ton Portakal Üretimi için Girdi Değerleri

1. Kimyasal Gübreler	
(a) Azot (N) (kg)	7.94
(b) Fosfor (P ₂ O ₅) (kg)	3.92
(c) Potasyum (K ₂ O) (kg)	5.05
2. Tarımsal ilaçlar (kg)	6.92
3. Elektrik kullanımı (MJ)	242.13
4. Dizel kullanımı (L)	1.39

Çalışmada kümülatif enerji, ekserji tüketimleri ve karbondioksit salınımı için gerekli veriler ilgili çalışmalardan elde edilmiştir. (Ozilgen ve Sorgüven, 2011 ; Çengel, 2006; Berthiaume ve Bouchard, 1999; Helsel, 1992; Wittmus ve ark., 1975; Pimentel, 1991; Kongshaug, 1998; Ozilgen ve Sorgüven, 2016). Kullanılan değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Her Girdi için Belirli CEnC, CExC ve CCO₂E Değerleri

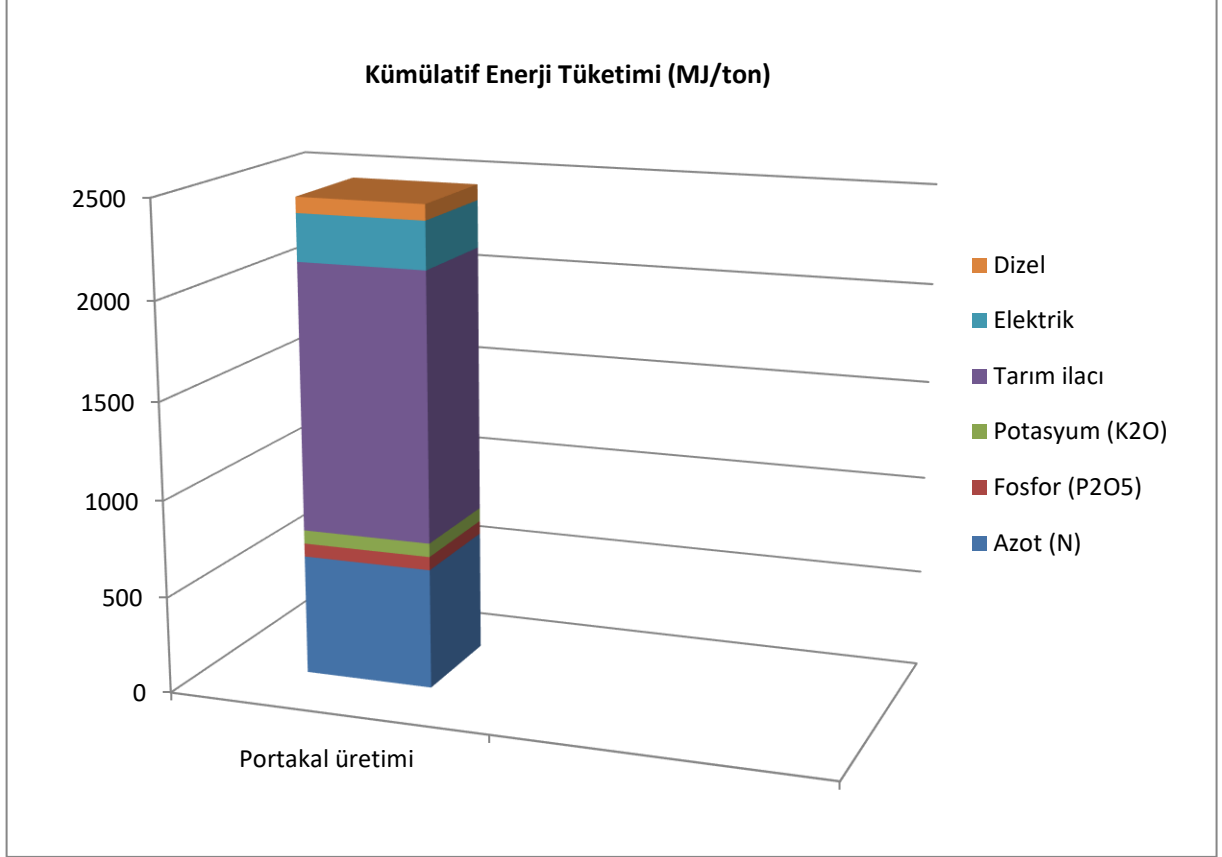
Girdiler	CEnC	CExC	CCO ₂ E
Kimyasal Gübreler			
- Azot (N)	78.2 MJ/kg (Ozilgen ve Sorgüven, 2011)	32.7 MJ/kg (Çengel, 2006)	0.09 kg/kg (Helsel, 1992)
- Fosfor (P ₂ O ₅)	17.5 MJ/kg (Ozilgen ve Sorgüven, 2011)	7.52 MJ/kg (Berthiaume ve Bouchard, 1999)	0.15 kg/kg (Helsel, 1992)
- Potasyum (K ₂ O)	13.8 MJ/kg (Ozilgen ve Sorgüven, 2011)	4.56 MJ/kg (Berthiaume ve ark., 2001)	0.51 kg/kg (Helsel, 1992)
Kimyasallar			
- Tarım ilacı	198.8 MJ/kg (Wittmus ve ark., 1975)	7.52 MJ/kg (Pimentel, 1991)	5.1 kg/kg (Kongshaug, 1998)
Dizel yakıtı	57.5 MJ/kg (Wittmus ve ark., 1975)	53.2 MJ/kg (Çengel, 2006)	0.94 kg/kg (Kongshaug, 1998)
Elektrik	1 MJ/MJ (Çengel, 2006)	4.17 MJ/MJ (Çengel, 2006)	0.14 kg/MJ (Ozilgen ve Sorgüven, 2016)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışma ile portakal üretim sürecinde, yer alan girdiler için enerji, ekserji kullanımları ve karbon dioksit salınım değerleri tespit edilmiş ve değerlendirilmiştir. Portakal üretim süreci kapsamında gerçekleşen kümülatif enerji tüketimine yönelik sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'e bakıldığında portakal üretiminde en fazla enerji kullanımı tarım ilacı ile gerçekleşmiştir. Portakal üretim sürecinde tarım ilacının kullanım değeri 1376.11 MJ/ton'dur. Tarım ilacını sırasıyla azot gübresi (621.6 MJ/ton), elektrik (242.13 MJ/ton), dizel (80.23 MJ/ton), potasyum gübresi (69.73 MJ/ton) ve fosfor gübresi (68.64 MJ/ton) takip etmektedir. Toplam kimyasal gübrelerin kullanım değeri 760 MJ/ton'dur. Portakal üretim sürecinde kimyasallardan (tarım ilacı) sonra en fazla kümülatif enerji tüketimi, kimyasal gübrelerin kullanımıyla gerçekleşmiştir. Bununla birlikte portakal üretim sürecinde toplam kümülatif enerji tüketimi 2458.44 MJ/ton olarak gerçekleşmiştir.

Mohammadshirazi ve arkadaşların çalışmasında, portakal üretim sürecinde en fazla enerji kullanımı kimyasal gübrelerde olmuştur (Mohammadshirazi ve ark. 2015). Kimyasal gübreden sonra en fazla enerji kullanımı, tarım ilacı kullanımında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak hem bu çalışmada hem de Mohammadshirazi ve arkadaşlarının çalışmasında en çok enerji tüketimi tarım ilacı ve kimyasal gübrelerin kullanımıyla gerçekleşmektedir.

Kümülatif enerji tüketimi kapsamında başka mahsul ürünleri için yapılan çalışmalarda; Yıldızhan, çileğin sera ve tarlada kümülatif enerji tüketimi için yaptığı çalışmada, tarlada 1 ton çilek üretim sürecinde en fazla enerji tüketimi kimyasal gübre ile gerçekleşirken sera şartlarında 1 ton çilek üretimi için en fazla enerji tüketimi elektrik kullanımıyla olduğunu belirtmiştir (Yıldızhan, 2018). Taki ve Yıldızhan, 1 ton salatalığın sera şartlarında üretim süreciyle ilgili yaptıkları çalışmada ise en fazla enerji tüketiminin dizel kullanımıyla gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Taki ve Yıldızhan, 2018). Yapılan diğer bir çalışmada 1 ton patates için en fazla enerji tüketiminin kimyasal gübre kullanımıyla gerçekleştiğini bildirilmiştir (Yıldızhan, 2017). Yıldızhan ve Taki (2018), 1 ton domates üretimi için yaptıkları çalışmada enerji tüketimi kapsamında, kimyasal gübre kullanımının en fazla kümülatif enerji tüketimine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, mahsule ve üretim şartlarına göre girdilerin enerji tüketim miktarlarında değişiklik gösterdiğini işaret etmektedir.



Şekil 1. 1 Ton Portakal Üretimi için Kümülatif Enerji Tüketim Sonuçları

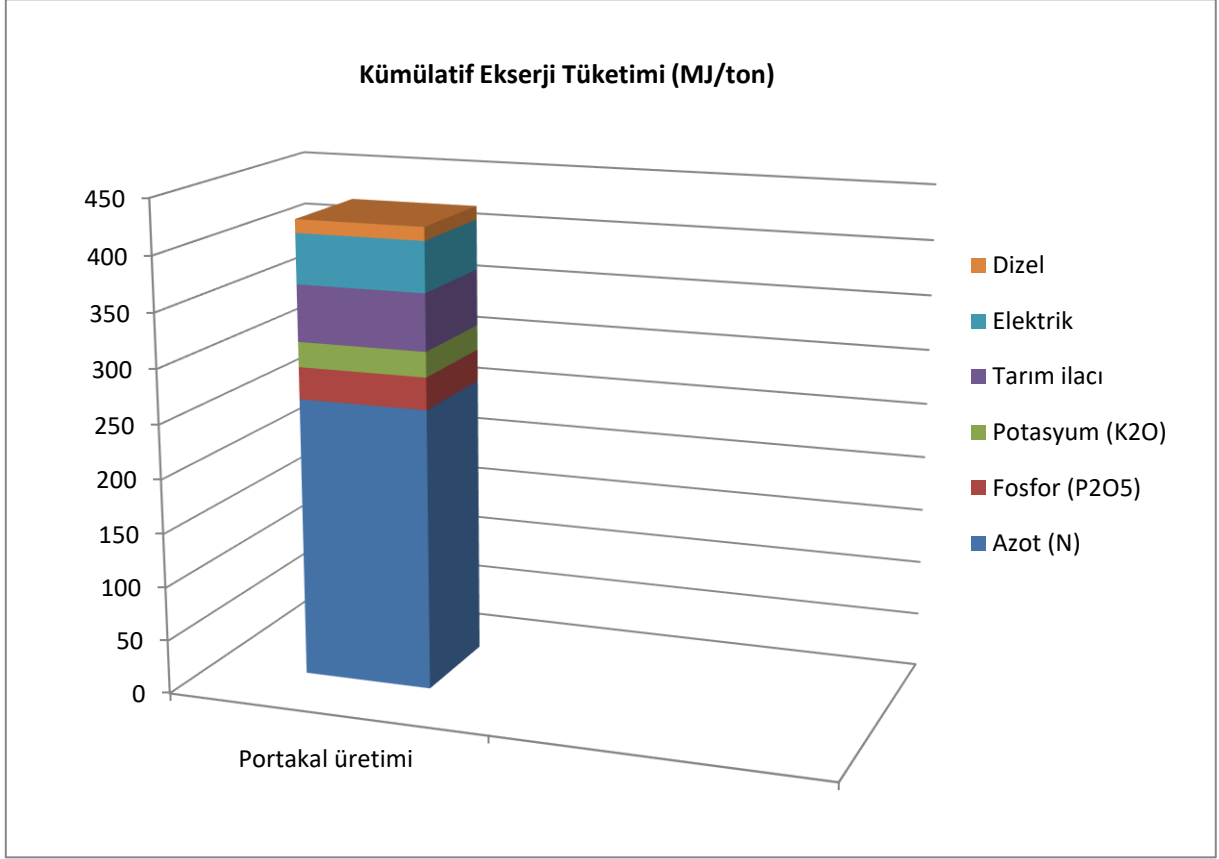
1 ton portakal üretiminde kullanılan girdilerin kümülatif ekserji tüketim değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'ye bakıldığında en fazla kümülatif ekserji tüketimi azot gübresinin kullanımında olmuştur. Azot gübresinin kümülatif ekserji tüketimi 259.92 MJ/ton'dur. Azot gübresini tarım ilacı takip etmiştir. Tarım ilacının kümülatif ekserji tüketimi 52.05 MJ/ton'dur. Diğer girdilerin kümülatif ekserji tüketimleri sırasıyla; elektrik kullanımı 46 MJ/ton, fosfor gübresi 29.49 MJ/ton, potasyum gübresi 23.04 MJ/ton ve dizel kullanımı 12.27 MJ/ton'dur. 1 ton portakal üretim sürecinde gerçekleşen toplam kimyasal gübre kullanımının kümülatif ekserji tüketimi 312.45 MJ'dur. 1 ton portakal üretimi için gerçekleşen toplam kümülatif ekserji tüketimi değeri ise 422.77 MJ'dur. Bu sonuçlar, 1 ton portakal üretiminde kimyasal gübre kullanımından dolayı kaynaklanan kümülatif ekserji tüketiminin ön planda olduğu sonucunu vermiştir. Bununla birlikte, portakal üretim süreci kapsamında, kümülatif enerji tüketiminde olduğu gibi kümülatif ekserji tüketiminde de tarım ilacının kullanımı yüksek düzeydedir.

Yıldızhan (2018), çileğin tarlada ve sera şartlarında toplam kümülatif ekserji tüketimini sırasıyla 14178.5 MJ/ton ve 8743 MJ/ton olarak tespit etmiştir. Çilek üretiminde en çok ekserji tüketiminin sera şartlarında elektrik kullanımında (6768 MJ/ton) ve tarlada ise topak (pellet) gübre (5430 MJ/ton) kullanımında gerçekleştiğini belirtmiştir (Yıldızhan, 2018). Aynı araştırmacının diğer bir çalışmasında patatesin toplam kümülatif ekserji tüketimini 1 ton üretimi için 4832.5 MJ olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada en fazla kümülatif ekserji tüketimi topak gübre (2969.57 MJ/ton) kullanımıyla gerçekleşmiştir. Çalışmada en düşük kümülatif ekserji tüketimi tarım ilaçlarının (1.32 MJ/ton) kullanımıyla gerçekleşmiştir (Yıldızhan, 2017).

Yıldızhan ve Taki (2018), Türkiye'nin farklı bölgeleri için domates üretim süreçlerinin kümülatif ekserji tüketimlerini analiz etmişlerdir. En fazla kümülatif ekserji tüketimi Güney Marmara bölgesinde ve tarla üretim koşullarında 1075 MJ/ton olarak gerçekleşmiştir. Aynı çalışmada Antalya'da sera üretim koşullarında 731 MJ/ton ve Tokat'ta tarla üretim koşullarında 592 MJ/ton olarak tespit edilmiştir. Güney Marmara bölgesinde domates üretim sürecinde en fazla kümülatif ekserji tüketimi sulamada (598 MJ/ton) gerçekleşmiştir. Tüm bölgelerde tarım ilaçlarının kümülatif ekserji tüketim değerleri düşük düzeydedir (Yıldızhan ve Taki,

2018). Taki ve Yıldızhan (2018), sera koşullarında salatalık üretim sürecinin toplam kümülatif ekserji tüketimini 4648 MJ/ton olarak tespit etmişlerdir. En fazla kümülatif ekserji tüketimi dizel (1981 MJ/ton) kullanımında olmuştur. Dizeli, doğal gaz (1820 MJ/ton) kullanımı takip etmiştir (Taki ve Yıldızhan, 2018).

Portakal üretim sürecinde kümülatif ekserji tüketimi kapsamında kimyasal gübre ile beraber tarım ilacının kullanımı ön plandadır. Bu sonuç önceki çalışmalardan farklıdır. Önceki çalışmalarda, farklı mahsullerin üretim süreçleri kapsamında tarım ilacının kullanımı düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Sonuç olarak mahsullerin cinsi ve üretim koşullarına göre kümülatif ekserji tüketim değerleri değişmektedir.

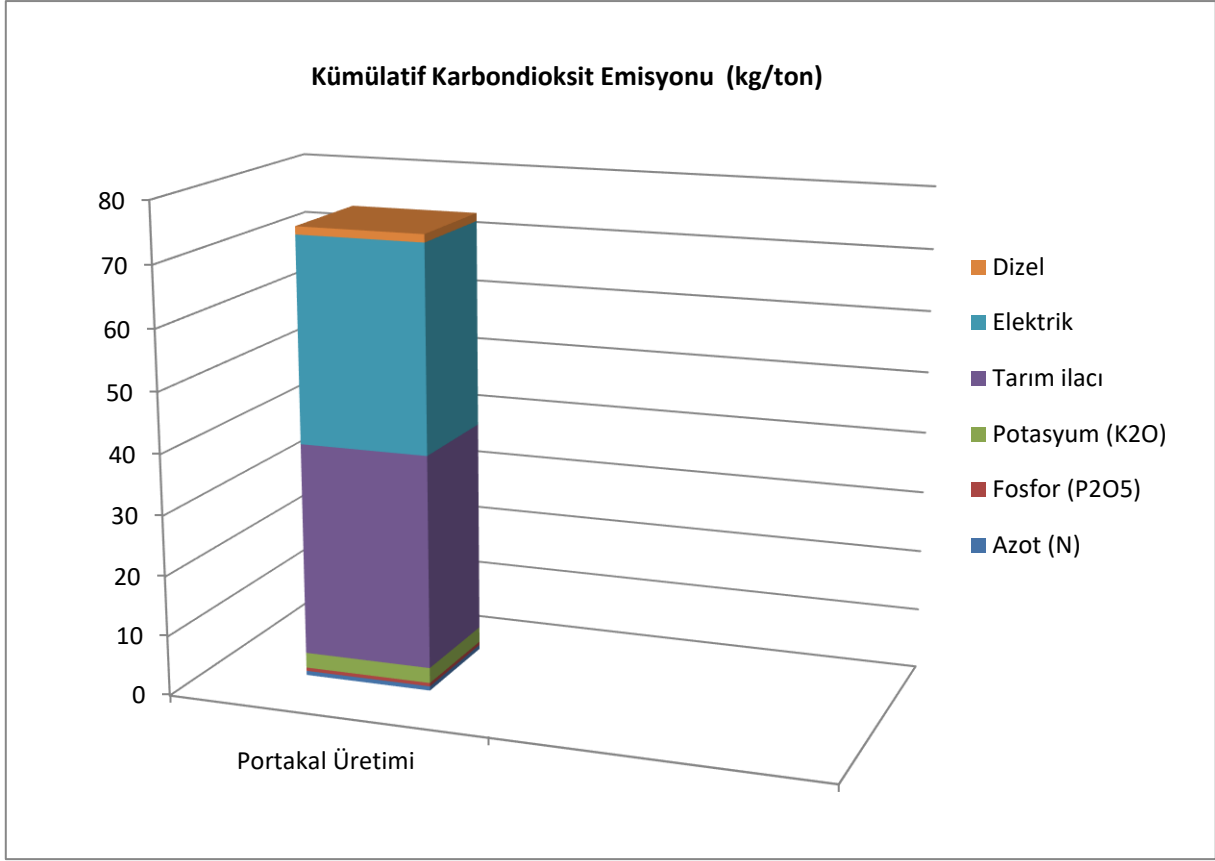


Şekil 2. 1 Ton Portakal Üretimi için Kümülatif Ekserji Tüketimi Sonuçları

1 ton portakal üretim sürecinde gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonu ile ilgili sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. Portakal üretim sürecinde en fazla kümülatif CO₂ emisyonu tarım ilacının kullanımıyla gerçekleşmiştir. Tarım ilacının kullanımından dolayı gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonu 35.3 kg/ton olarak tespit edilmiştir. Diğer girdilerin kullanımından dolayı gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonları; elektrik kullanımının 33,89 kg/ton, potasyum kullanımında 2.57 kg/ton, dizel kullanımında 1.31 kg/ton, azot gübreden 0.71 kg/ton ve fosfor gübreden 0.58 kg/ton olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, portakal üretimde gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonunda tarım ilacı ve elektrik kullanımı ön planda olduğunu göstermektedir.

Yıldızhan (2018), 1 ton çilek üretim için sera ve tarla koşullarında kümülatif CO₂ emisyonları sırasıyla 506.07 kg ve 243.06 kg olarak tespit etmiştir. 1 ton çilek üretimi için sera koşullarında elektrik kullanımında (227.22 kg) ve tarla koşullarında sulamadan (112.51 kg) dolayı en fazla kümülatif CO₂ emisyonuna sebep olduğunu belirtmiştir (Yıldızhan, 2018). Yıldızhan (2017), bir ton patates üretim sürecinde gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonunu 67.3 kg olarak tespit etmiştir. Aynı çalışmada en fazla kümülatif CO₂ emisyonunun, sulamadan (27.89 kg/ton) kaynaklandığı belirtmiştir.

Yıldızhan ve Taki (2018), domates üretim sürecinin Türkiye'de farklı bölgeler için yapmış oldukları çalışmada en fazla kümülatif CO₂ emisyonunun Güney Marmara bölgesinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Güney Marmara'da sulamadan dolayı en fazla CO₂ emisyonu olmuştur. Güney Marmara'yı, Tokat (26.25 kg/ton) ve Antalya (25.42 kg/ton) takip etmiştir. Tokat ve Antalya'da en fazla CO₂ emisyonuna sebep olan girdiler sırasıyla; sulama ve elektrik kullanımından dolayı gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, Antalya'da domates üretimi sera koşullarında gerçekleşmiştir. Taki ve Yıldızhan (2018), sera koşullarında salatalık üretiminde gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonunu 175 kg/ton olarak tespit etmişlerdir. En fazla CO₂ emisyonuna sebep olan girdinin ise doğal gaz kullanımıyla gerçekleştiğini belirtmişlerdir.



Şekil 3. 1 Ton Portakal Üretimi için Kümülatif Karbon Dioksit Salınım Sonuçları

4. Sonuç

Kümülatif ekserji tüketimi yaklaşımı, mahsul üretim süreçlerinde kullanılan girdilerin tasarruf potansiyelini tespit etmek ve böylece mahsullerin üretim süreçlerini iyileştirmede önemli bir metottür. Ayrıca, kümülatif ekserji tüketim analizinin sürdürülebilir tarım uygulamalarının analizinde kullanılması faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada portakal üretim süreci için kümülatif enerji ve ekserji tüketimleri ile kümülatif CO₂ emisyon değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın sonuçları benzer metot kullanılarak yapılan farklı mahsullerin analiz sonuçlarıyla kıyaslanmıştır.

Çalışmada bir ton portakal üretim süreci için gerçekleşen toplam kümülatif enerji kullanımı 2458.44 MJ tespit edilmiştir. Portakal üretim sürecinde en fazla kümülatif enerji tüketimi tarım ilacının kullanımında gerçekleşmiştir. Tarım ilacının kümülatif enerji tüketim değeri 1376.11 MJ/ton olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 1 ton portakal üretimi için gerçekleşen toplam kümülatif ekserji tüketim değeri ise 422.77 MJ olarak bulunmuştur. En fazla kümülatif ekserji tüketimi, azot gübresinin kullanımıyla gerçekleşmiştir. Azot gübresinin kullanımıyla gerçekleşen kümülatif ekserji tüketimi 259.92 MJ/ton'dur. Azot gübresini tarım ilacı takip etmiştir. Tarım ilacının kümülatif ekserji tüketimi 52.05 MJ/ton'dur.

Bir ton portakal üretim süreci için gerçekleşen toplam kümülatif CO₂ emisyonu 74.36 kg olarak tespit edilmiştir. Portakal üretim sürecinde en fazla CO₂ emisyonuna sebep olan girdi tarım ilacının kullanımında olmuştur. Tarım ilacının kullanımından dolayı gerçekleşen kümülatif CO₂ emisyonu 35.3 kg/ton olarak tespit edilmiştir. Tarım ilacından sonra en fazla kümülatif CO₂ emisyonuna sebep olan girdi ise elektrik kullanımındır. Elektrik kullanımından kaynaklanan kümülatif CO₂ emisyonu 33.89 kg/ton olarak tespit edilmiştir.

Literatürde benzer çalışmalarla kıyaslandığında portakal üretim sürecinde diğer mahsullere kıyasla tarım ilacının kullanımı ön plandadır. Portakal üretim sürecinde tarım ilacının kullanımından dolayı gerçekleşen kümülatif enerji ve ekserji tüketimleri ile kümülatif CO₂ emisyonu çok fazladır. Sonuç olarak, portakal üretim sürecinde çiftçilerin tarım ilacı kullanırken optimum düzeyde uygulama yapmaları önemlidir. Bu sebeple portakal üretim sürecinde çiftçilerin gelişi güzel kullanımından ziyade, tavsiyeye uygun ve reçeteli ilaç kullanması gerekmektedir. Bu durum hem insan sağlığı açısından hem de doğal denge açısından önem arz etmektedir.

Mahsullerin üretim süreçleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu durum üretilen mahsullerin kimyasal yapılarıyla doğrudan ilişkilidir. Bundan sonraki çalışmalar için araştırmacılara, mahsullerin kimyasal yapılarıyla ilgili olarak kullanılan girdiler arasındaki ilişkileri değerlendirecek çalışmaların yapılması tavsiye edilir.

Kaynakça

- Balkan, F., Çolak, N., Hepbaşlı, A., 2005. Performance Evaluation of A Triple Effect Evaporator with Forward Feed Using Exergy Analysis. *International Journal Energy Resources*, 29: 455-470.
- Bardi, U., Asmar, T., Lavacchi, A., 2013. Turning Electricity into Food: The Role of Renewable Energy in the Future of Agriculture, *Journal of Cleaner Production*, 53: 224-231.
- Berthiaume, R., Bouchard, C., 1999. Exergy Analysis of the Environmental Impact of Paving Material Manufacture. *Trans CSME*, 23(1B): 187-196.
- Berthiaume, R., Bouchard, C., Rosen, M.A., 2001. Exergetic Evaluation of the Renewability of a Biofuel. *Exergy An International Journal*, 4: 256-268.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A., 2006. In: Thermodynamics an engineering approach. fifth ed.
- Dincer, I., Hussain, M.M., AL-Zaharnah, I., 2004. Energy and Exergy Use in Public and Private Sector of Saudi Arabia. *Energy Policy*, 32: 1615-24.
- Eryılmaz, G.A., Kılıç, O., 2018. Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4): 624-631.
- Helsel, Z.R., 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. In: Fluck RC, editor. 6. Energy in farm production. New York: Elsevier, 177-201.
- Hoang, D.S., Prasada, R., 2010. Measuring and Decomposing Sustainable Efficiency in Agricultural Production: A Cumulative Exergy Balance Approach. *Ecological Economics*, 69: 1765-1776.
- Kongshaug, G., 1998. Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in Fertilizer Production. Paper presented at IFA Technical Conference, Marrakech. Morocco September-1 October, 28.
- Mohammadshirazi, A., Akram, A., Rafiee, S., Kalhor, E.B., 2015. On the Study of Energy and Cost Analyses of Orange Production in Mazandaran Province. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 10: 22-28.
- Ozilgen, M., Sorgüven, E.O., 2016. Biothermodynamics. CRC Press.
- Ozilgen, M., Sorgüven, E., 2011. Energy and Exergy Utilization, and Carbon Dioxide Emission in Vegetable Oil Production. *Energy*, 36: 5954-5967.
- Öztürk, H.H., Yaşar, B., Eren, Ö., 2010. Tarımda Enerji Kullanımı ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı, [http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ce30eeb956b8bbd_ek.pdf]. Erişim tarihi: 20.10.2018
- Pimentel, D., 1991. Ethanol Fuels: Energy, Security, Economics, and The Environment. *Journal Agriculture Environment Ethics*, 4: 1-13.
- Szargut, J., 2005. Exergy Method: Technical and Ecological Applications. WIT Press, Southampton, Boston
- Taki, M., Yıldızhan, H., 2018. Evaluation The Sustainable Energy Applications for Fruit and Vegetable Productions Processes; Case study: Greenhouse Cucumber Production. *Journal of Cleaner Production*, 199: 164-172.
- Taşkın, O., Vardar, A., 2016. Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1): 179-184.
- Wall, G., 2003. Exergy Tools. *Proc Inst Mech Eng*, 125-136.
- Wittmus, H., Olson, L., Lane, D., 1975. Energy Requirements for Conventional Versus Minimum Tillage. *Journal Soil Water Conservation*, 3: 72-75.
- Yıldızhan, H., 2018. Energy, Exergy Utilization and CO₂ Emission of Strawberry Production in Greenhouse and Open Field. *Energy*, 143: 417-423.
- Yıldızhan, H., Taki, M., 2018. Assessment of Tomato Production Process by Cumulative Exergy Consumption Approach in Greenhouse and Open Field Conditions: Case Study of Turkey. *Energy*, 156: 401-408.
- Yıldızhan, H., 2017. Thermodynamics Analysis For A New Approach to Agricultural Practices: Case of Potato Production. *Journal of Cleaner Production*, 166: 660-667.