



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAFRAN (*Crocus sativus* L.) BİTKİSİ ÜRETİMİNİN ENERJİ KULLANIM
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE TARIMSAL YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRME**

GİZEM AYVA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
EYLÜL 2019



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAFRAN (*Crocus sativus* L.) BİTKİSİ ÜRETİMİNİN ENERJİ KULLANIM
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE TARIMSAL YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRME**

GİZEM AYVA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
EYLÜL 2019
T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAFRAN (*Crocus sativus* L.) BİTKİSİ ÜRETİMİNİN ENERJİ KULLANIM
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE TARIMSAL YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRME**

GİZEM AYVA

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dr. Öğr. Üyesi Ömer EREN danışmanlığında hazırlanan bu tez **11/09/2019** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer EREN
Başkan

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK
Üye

Prof. Dr. Yurtsever SOYSAL
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

11/09/2019

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.



İMZA

Gizem AYVA

ÖZET

SAFRAN (*Crocus sativus* L.) BİTKİSİ ÜRETİMİNİN ENERJİ KULLANIM ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE TARIMSAL YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Türkiye için ekonomik olarak önemli olan Safran (*Crocus sativus* L.) bitkisi üretiminde kullanılan enerji girdi-çıktıları ve çevresel emisyonlar belirlenerek, üretimin enerji etkinliğinin ve çevresel etkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Safran üretimindeki enerji girdi ve çıktılarına bağlı olarak, yapılan üretimin enerji kullanım etkinliği, enerji verimliliği, özgül enerji, enerji üretkenliği ve net enerji üretimi değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir. Safran üretiminde ki çevresel etkiler ise tarımsal yaşam döngüsü değerlendirme yöntemine göre saptanmıştır. Çevresel etki kategorileri CML-IA Baseline modeline göre belirlenmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen bulgulara bağlı olarak, mevcut üretimin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri verilmiştir.

Safran üretiminde, 4,81 kg/ha stigma verimi için, enerji verimliliği 0,0015, özgül enerji 13580,28 MJ/kg, enerji üretkenliği 0,000007 kg/MJ ve net enerji üretimi -65226,12 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Stigma ve soğan verimleri (4638,15 kg/ha) birlikte hesaplandığında, enerji verimliliği 0,98, özgül enerji 14,08 MJ/kg, enerji üretkenliği 0,07 kg/MJ ve net enerji üretimi -1239,69 MJ/ha olarak belirlenmiştir. Safran stigma üretimi amacıyla safran yetiştirilmesinin tarımsal yaşam döngüsü etki değerlendirmesine göre, en fazla çevresel etkinin % 75,77 oranıyla, deniz canlılarının zehirlenmesine sebep olduğu ve yaşam döngüsü yorumlanmasına göre de % 86,79 oranıyla en fazla yerel etkiye neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, küresel ısınma değeri (iklim değişikliği) de, 63,52 kg CO₂-eş/kg_{safran} (305,53 kg CO₂-eş/ha) olarak hesaplanmıştır.

2019, 45 sayfa

Anahtar Kelimeler: Safran, Enerji Kullanım Etkinliği, Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Hatay, Türkiye

ABSTRACT

DETERMINATION OF ENERGY USE EFFICIENCY AND AGRICULTURAL LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SAFFRON (*Crocus sativus* L.) CROP PRODUCTION

In this study; energy input-output and environmental emission of saffron (*Crocus sativus* L.) crop production and its energy efficiency and environmental effects were determined to produce the saffron crop. Energy efficiency of production, energy output/input ratio, specific energy, energy productivity and net energy yield were determined in regard to energy input-output of saffron production. Environmental effects of saffron production were assessed with agricultural life cycle assessment. Environmental effects categories were obtained with CML-IA Baseline methods. to improve the current saffron production.

The results showed that the average stigma yield in saffron was 4,81 kg per ha. The energy output/input ratio was found to be 0,0015, if stigma is only taken into account. The specific energy was 13580,28 MJ/kg, while the energy productivity and net energy yield was found to be of the order of 0,000007 kg/MJ and -65226,12 MJ/ha, respectively for the saffron stigma. When stigma and onion yields (4638,15 kg/ha) were calculated together, energy output/input ratio was determined as 0,98. The specific energy was 14,08 MJ/kg, while the energy productivity and net energy yield was found to be of the order of 0,07 kg/MJ and -1239,69 MJ/ha, respectively for the saffron stigma+onion. Environmental effects causes the marine aquatic toxicity in percent 75,77 depend on the agricultural life cycle effect assessment of saffron production and local effects in percent of 86,79 its agricultural life cycle interpretation. Also, the value of global warming (climate change) was calculated as 63,52 kg CO₂-eq/kg_{saffron} (305,53 kg CO₂-eq/ha).

2019, 45 pages

Keywords: Saffron, Energy Use Efficiency, Agriculture Life Cycle Assessment, Hatay, Turkey

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer EREN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan HMKÜ Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, Altınözü Tarım Bilimleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi ve Aromatik Bitkiler bölümü öğretim görevlisi Dr. Hasan ASİL beye, isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese ve özellikle sevgili annem ve babama içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	6
3.1. Materyal.....	6
3.1.1. Deneme Alanı	6
3.1.2. Safran (<i>Crocus sativus</i> L.) Bitkisinin Üretimi.....	7
3.1.3. Tarım Makinaları	10
3.1.4. Yakıt Ölçer.....	10
3.1.5. SimaPro Programı.....	10
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi	11
3.2.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (TYDD)	12
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
4.1. Enerji Kullanım Etkinliği	15
4.1.1. Tarımsal Enerji Girdileri.....	16
4.1.2. Tarımsal Enerji Çıktıları	19
4.1.3. Enerji Kullanım Etkinliği.....	20
4.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	23
4.2.1. Tarımsal Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi	23
4.2.2. Yorumlama	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
5.1. Enerji Kullanım Etkinliğine İlişkin Sonuçlar ve Öneriler	39
5.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine İlişkin Sonuçlar ve Öneriler	40
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Safran (<i>Crocus sativus</i> L.) bitkisi	2
Şekil 3.1. Deneme alanı	6
Şekil 3.2. Dikim yapılan parselin genel görünüşü	8
Şekil 3.3. Dikimden sonra soğan yatağının genel görünüşü	8
Şekil 3.4. Dikimden 30 gün sonra safran bitkisinin genel görünüşü	9
Şekil 3.5. İlk hasat edilen safran bitkisinin genel görünüşü.....	9
Şekil 3.6. Çiçeklerinden ayrılmış safran bitkisi stigmaları	9
Şekil 3.7. ARER marka yakıt ölçer	10
Şekil 3.8. Sistem sınırı	13
Şekil 4.1. Safran üretiminde doğrudan - dolaylı enerji girdileri ve yüzdelik dağılımı ...	16
Şekil 4.2. Safran üretiminde yenilenebilir - yenilenemeyen enerji girdileri ve yüzdelik dağılımı	16
Şekil 4.3. Safran üretiminde tarımsal enerji girdilerinin yüzdelik dağılımı.....	17
Şekil 4.4. Kültürel uygulamalar sırasında insan işgücü enerjisi tüketimi	18
Şekil 4.5. Süreçlerin abiyotik bozunmaya etkisinin yüzdelik dağılımı.....	24
Şekil 4.6. Süreçlerin abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) etkisinin yüzdelik dağılımı...25	
Şekil 4.7. Süreçlerin küresel ısınmaya (100 yıl) etkisinin yüzdelik dağılımı	26
Şekil 4.8. Süreçlerin stratosferdeki ozon azalmasına etkisinin yüzdelik dağılımı	27
Şekil 4.9. Süreçlerin insan zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı	28
Şekil 4.10. Süreçlerin temiz su canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı29	
Şekil 4.11. Süreçlerin deniz canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı	30
Şekil 4.12. Süreçlerin kara canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı	31
Şekil 4.13. Süreçlerin fotokimyasal oksidasyona etkisinin yüzdelik dağılımı	32
Şekil 4.14. Süreçlerin asitleşmeye etkisinin yüzdelik dağılımı.....	33
Şekil 4.15. Süreçlerin ötrofikasyona etkisinin yüzdelik dağılımı	34
Şekil 4.16. Etki değerlendirmesi sonucunda elde edilen normalleştirme değerlerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması	35
Şekil 4.17. Küresel etkilerin yığılmış tablosu	36
Şekil 4.18. Bölgesel etkilerin yığılmış tablosu.....	37
Şekil 4.19. Yerel etkilerin yığılmış tablosu.....	38
Şekil 4.20. Etkilerin yorumlanması.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme Alanının Toprak Özellikleri.....	6
Çizelge 3.2. Araştırmanın Yürütüldüğü Deneme Alanında Safran Yetiştirme Dönemine İlişkin İklimsel Veriler ve Uzun Yıllık Ortalama Değerler.....	7
Çizelge 3.3. Safran Üretimi İçin Kültürel Uygulamalar ve Bakım İşlemleri.....	8
Çizelge 3.4. Üretim İşlemlerinde Kullanılan Traktöre Ait Teknik Özellikler (Anonymous, 2019).....	10
Çizelge 3.5. Safran Üretiminde Girdi ve Çıktıların Enerji Eşdeğerleri	12
Çizelge 3.6. Safran Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği Göstergeleri (Öztürk, 2010).....	12
Çizelge 3.7. Varsayımlar	13
Çizelge 3.8. Diğer Envanter Verileri.....	13
Çizelge 3.9. CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri	14
Çizelge 4.1. Safran Üretiminde Tarımsal Enerji Girdileri ve Çıktıları	15
Çizelge 4.2. Safran Üretiminde Tarımsal Enerji Çıktıları.....	19
Çizelge 4.3. Safran Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği Gösterge Değerleri	20
Çizelge 4.4. 1 kg _{safran} Üretimi TYDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri.....	23
Çizelge 4.5. Süreçlerin Abiyotik Bozunmaya Etkisi	23
Çizelge 4.6. Süreçlerin Abiyotik Bozunmaya (Fosil Yakıtlar) Etkisi.....	24
Çizelge 4.7. Süreçlerin Küresel Isınmaya (100 yıl) Etkisi.....	25
Çizelge 4.8. Süreçlerin Stratosferdeki Ozon Azalmasına Etkisi.....	26
Çizelge 4.9. Süreçlerin İnsan Zehirlenmesine Etkisi	27
Çizelge 4.10. Süreçlerin Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi	28
Çizelge 4.11. Süreçlerin Deniz Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi	29
Çizelge 4.12. Süreçlerin Kara Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi	30
Çizelge 4.13. Süreçlerin Fotokimyasal Oksidasyona Etkisi	31
Çizelge 4.14. Süreçlerin Asitleşmeye Etkisi	32
Çizelge 4.15. Süreçlerin Ötrofikasyona Etkisi	33
Çizelge 4.16. 1 kg _{safran} Üretimi TYDD'si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri.....	34

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

TEG	:	Tarımsal Enerji Girdisi (MJ/ha)
$R(i)$	:	i girdisinin uygulama miktarı (birim _{girdi} /ha)
$E_{eş}(i)$	:	i girdisinin ve çıktısının enerji eşdeğeri (MJ/birim _{girdi})
TEÇ	:	Tarımsal Enerji Çıktısı (MJ/ha)
$Y(i)$	:	i çıktısının verimi (kg/ha)
TYDD	:	Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi



1. GİRİŞ

Tarımsal üretim sistemlerinde enerji kullanımı, sistemin karlılığı ve çevresel sorunlarla doğrudan ilgili olduğu için sürdürülebilir üretim sistemlerinde önemli bir konudur (Kehagias ve ark., 2015). Tarımsal üretim sisteminin yönetimi, girdi-çıktı enerji analizi gibi bitkinin enerji dengesini belirleyen kapsamlı bir planla sağlanır. Tarımsal sektörlerde insan işgücü, elektrik, tohum, gübre, dizel yakıt vb gibi çeşitli girdiler tüketilmektedir ve literatür (Khoshnevisan ve ark., 2014; Nassiri ve Singh, 2009; Özkan ve ark., 2004) çalışmalarında enerji girdilerinin oldukça verimsiz kullanıldığı da rapor edilmiştir.

Tarımsal üretim sistemlerinde çevresel etkileri azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla tarımsal girdilerin kullanımını optimize etmek önemli bir gerekliliktir.

Tarımsal üretimdeki çevresel etkileri azaltabilmek için çevresel etkileri belirlemek gerekir. Bu çevresel etkileri belirlemede tarımsal yaşam döngüsü değerlendirme (TYDD) yönteminden faydalanılmaktadır. TYDD, toprağın işlenmesinden ürünün hasat edilmesine kadar geçen süreçteki tarımsal üretim sistemindeki girdilerin çevreye etkilerinin, çevresel etki kategorileri bazında belirlenmesi ile ilgili bir yöntemdir. Dünya’da tarımsal YDD ile ilgili ilk çalışmalar, 1993 yılında Weidama tarafından tarımsal YDD ile ilgili seminerler verilerek başlamıştır. 1995-1997 yılları arasında, Avrupa komisyonunun AIR3-CT94-2028 uyumlu eylemi kapsamında, buğday üretiminde uygulanan üç farklı yetiştirme şeklinin (geleneksel, entegre ve organik) çevresel etkilerini birbirleriyle kıyaslayarak belirlemek amacıyla TYDD yönteminden faydalanmışlardır. Daha sonraları araştırmalar iyi tarım uygulamaları için genişletilerek TYDD’ler yapılmış ve ülkeler kendi destekledikleri projelerle TYDD veri tabanları oluşturmuşlardır (Eren, 2011).

Bilindiği gibi Türkiye, endemik bitkiler açısından dünyanın en zengin ülkelerinden biridir. Türkiye’deki endemik bitkilerin sayısı 3750 civarındadır. Bu bitkilerin floradaki tüm bitkilere oranı ise, yaklaşık %33’dür. Öte yandan Türkiye’de yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalan türlerin sayısı, floradaki toplam bitki türü sayısının %23 ünü oluşturmaktadır (Şaltu, 2002). Tehdit altındaki bu bitkilerden biri de önemli endemik bitkilerimizden biri olan safrandır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Safran (*Crocus sativus* L.) bitkisi

Dünyanın en pahalı baharatlarından birisi olan safran (*Crocus sativus* L.), cinsin ekonomik değere sahip tek türü olan *Crocus sativus*'tan üretilmektedir. Safran yüzyıllardan beri yetiştirilen önemli bir baharat, boya ve ilaç bitkisidir. Safran, boya sanayi, kozmetik sanayi, ilaç sanayi ve gıda sanayinde kullanılmaktadır. Kendi ağırlığının 100 bin katı kadar suyu sarı renge boyamaktadır. Hoşa giden parlak sarı renk vermesi nedeniyle kumaş ve halı ipliklerin boyanmasında kullanılmıştır. Ancak günümüzde üretimin azalması ile ve pahalı madde olması nedeniyle boyama için kullanımı azalmıştır. Kozmetik sanayisinde, parfüm üretiminde kullanılmaktadır. Safranın ülkemiz dışında gıda sanayisinde; tatlılarda, tuzlularda, et kızartmalarında, etli yemeklerinde, çorba çeşitlerinde, hamur işlerinde ve kurutulmuş meyvelerin renklendirilmesi gibi çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Safranlı besinlerin fiyatı, safransız aynı gıda çeşitlerine göre daha yüksek olmaktadır. Türkiye’de ise, eskiden beri, yalnızca zerde, aşure ve pilavda safran kullanılmaktadır. Son yıllarda lokumcular, diğer lokum çeşitlerinin içine safranlı lokumu da katarak lokum çeşitlerini zenginleştirmişlerdir (Gümüsoğlu, 2002). Safran gerek alternatif tıp gerekse modern tıpta tedavi amacı ile kullanılmaktadır. Safran ilaç sanayisinde; kalp çarpıntısı, nefes zorluğu, gut ağrıları, iştahsızlık, uykusuzluk, bronşit, sindirim bozukluğu ve iktidarsızlık gibi rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda bazı kanser rahatsızlıklarının tedavisinde, hipertansiyonda, yüksek kolesterole karşı ve saç toniklerinde de kullanılmaktadır (İpek, 2009).

Safran tarımı, Kuzey yarıkürede tropikal ve subtropikal iklim bölgelerinde yayılış göstermektedir. Safran bugün İran, İspanya, Hindistan, Yunanistan, Azerbaycan, İtalya gibi ülkelerde yetiştirilmektedir. İran, dünyada en önemli üretici ülke olup, yıllık 190 ton kadar bir üretimi vardır. Dünya ticaretinde de ihracatçı ülke olarak ilk sırada yer almaktadır (Valizadeh ve Arslan, 2014). Dünyada safran üretiminin % 80'i ve safran ticaretinin % 60'ı da İran'a aittir. Dünyada safran yetiştiren ülkeler arasında İran üretim miktarı ve kalite açısından en önde gelen ülkelerden birisidir. Türkiye'nin bazı bölgeleri safranın orijini olarak kabul edilmektedir. Türkiye safranının bir orijin bölgesi olmasına rağmen ülkemizde safran üzerine yapılan araştırmalar çok sınırlıdır. Safranın ekonomik önemi, dünyada çeşitli endüstri dallarında çok geniş kullanım alanı bulunmasından ileri gelmektedir. Bugün dünya piyasalarında safranın gramı, altının gramına eşdeğer tutulmaktadır. Safran birçok ülkede gram olarak özel kasalarda satılmaktadır. Türkiye'de safranın kilogram fiyatı 25 bin liraya kadar çıkmaktadır (Asil, 2015).

Ülkemiz literatürün de safran yetiştiriciliğinin enerji verimliği ve çevresel etkilerinin belirlenmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmadığı için ve ülkemiz açısından ekonomik olarak önemli olan Safran (*Crocus sativus* L.) bitkisi üretiminin sürdürülebilirliği açısından enerji kullanım etkinliğinin ve üretimi sırasında oluşan çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mohammadzadeh ve ark (2018) İran'ın Doğu Azerbaycan eyaletinde yaptıkları çalışmalarında, safran ve kanola üretim sistemlerini çevresel etkileri ve ekonomik yönleri ile kıyaslayarak değerlendirmişlerdir. Sonuçları değerlendirdiklerinde, kanola üretiminin safrana göre daha fazla enerji yoğunluğu olduğunu saptamışlardır. Kanola üretim sistemi için elde edilen küresel ısınma potansiyeli değerini (1671,2 kg CO₂-eş/ha) safran üretim sistemine (646,2 kg CO₂-eş/ha) göre daha yüksek olarak ve Safran üretim sistemi için elde edilen karbon ayakizi indeksi değerini de (203,3 kg CO₂-eş/kg) karbon üretim sistemine (0,43 kg CO₂-eş/kg) göre daha yüksek olarak hesaplamışlardır.

Khanali ve ark. (2017) İran'da safran üretiminin yaşam döngüsü ve çevresel etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada; küçük çiftliklerin orta ve büyük çiftlikler ile karşılaştırıldığında, çevresel etki kategorileri açısından abiyotik bozunma, asitleşme, ötrofikasyon, küresel ısınma ve fotokimyasal oksidasyon göstergelerinin en yüksek olduğunu saptamışlardır. Safran üretimi için, sera gazı (GHG) emisyon değerini de 1335 kg CO₂-eş/ha-yıl olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, büyük çiftliklerin (1 hektardan büyük) tüm etki kategorileri göz önünde bulundurularak daha iyi çevresel performansa sahip olduklarını da belirlemişlerdir.

Mohammadzadeh ve ark. (2017) İran'ın Doğu Azerbaycan eyaletinde yaptıkları çalışmalarında, buğday, arpa, havuç, domates, soğan, patates, yonca, mısır silajı, kanola ve safran bitkileri üretim sistemlerinin enerji verimliliklerini, küresel ısınma potansiyel değerlerini ve ekonomik olarak birbirleriyle kıyaslamışlardır. Soğan (87556 MJ/ha) ve patates (80869 MJ/ha) üretimlerini diğer bitkilerin üretimleri ile kıyasladıklarında enerji yoğunluklarını daha yüksek olarak hesaplamışlardır. Küresel ısınma potansiyeli değerlerini 646,24 kg CO₂-eş/ha (safran için) ile 5332,6 kg CO₂-eş/ha (soğan için) arasında belirlemişlerdir. Ekonomik değerlendirmeye göre safran üretim sistemi için 8,65 \$/ kg CO₂-eş en yüksek değer saptamışlardır.

Khanali ve ark. (2016) İran'da safran yetiştiriciliği ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, safran yetiştiriciliğinde toplam enerji tüketimini 99236 MJ/ha, enerji verimini 0,0044, enerji üretkenliğini 0,0003 kg/MJ, net enerji miktarını -98819 MJ/ha ve sera gazı (GHG) emisyon değerini de 1816 kg CO₂-eş/ha-yıl olarak hesaplamışlardır.

Sahabi ve ark. (2016) Kuzey İran’da buğday ve safran üretiminin kıyaslanmasıyla ilgili yaptıkları çalışmalarında, toplam enerji tüketimini safran için 21580 MJ/ha ve buğday içinde 32061 MJ/ha ve enerji verimini de safran için 0,0035 ve buğday içinde 2,63 olarak belirlemişlerdir.

Bakhtiari ve ark. (2015) İran’da safran üretim döngüsündeki enerji dengesini ve GHG emisyon değerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında, 5 yıllık safran üretim döngüsünde, toplam girdi ve çıktı enerjisi kullanımını sırasıyla, 163912,09 MJ/ha ve 184868,28 MJ/ha olarak hesaplamışlardır. Soğan enerjisinin en yüksek (% 23,7) enerji tüketimi olduğunu ve bunu kimyasal gübre enerjisinin (% 23,4) takip ettiğini belirlemişlerdir. Enerji kullanım verimliliği, özgül enerji, net enerji ve enerji verimliliği değerlerini sırasıyla 1,1, 13,4 MJ/kg, 20956,2 MJ/ha ve 0,1 kg/MJ olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, GHG emisyon değerini 465,1 kg CO₂-eş/ha-yıl olarak belirlemişlerdir.

Feizi ve ark. (2015) İran’ın Razavi Horasan eyaletinde yaptıkları çalışmalarında, safran üretim sisteminin enerji dengesini belirlemeye çalışmışlardır. Toplam enerji girdisini 21580,18 MJ/ha, toplam enerji çıktısını 45879,53 MJ/ha ve enerji verimini de (sadece stigma verimine göre) 0,0035 olarak hesaplamışlardır.

Shahraki ve ark. (2010) Güney Horasan’da yaptıkları çalışmalarında, safran üretiminin enerji verimliliğini saptamışlardır. Safran üretiminin enerji verimliliğinin bu bölgede çok düşük olduğunu ama kırsal kesimin önemli bir geçim kaynağı olduğunu ifade etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanı

Denemeler, Hatay ili Kırıkhan İlçesinde bulunan 1 da'lık çiftçi arazisinde gerçekleştirilmiş ve 300 m²'lik bir alanda Safran üretimi geleneksel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanı

3.1.1.1 Toprak Özellikleri

Antakya Ticaret Borsası Toprak Bitki Analiz Laboratuvarı toprak analizi sonuçlarına bağlı olarak deneme alanının toprak özellikleri, Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Toprak Özellikleri	Değerler	Sınıfı
Bünye (%)	77,00	Killi
pH	7,85	Alkali
Tuz (%)	0,032	Tuzsuz
P ₂ O ₅ (ppm)	16,43	Orta
K ₂ O (ppm)	180,00	Düşük
Organik Madde (Humus) (%)	1,96	Düşük

Deneme alanının toprağının pH değeri, safran bitkisinin yetiştirilmesi için gerekli olan ideal pH değerinden (7,0-7,5) biraz fazladır. Toprak killi bir bünyeye (tekstür) sahiptir ve organik madde içeriği (humus) % 1,96'dır. Toprağın P₂O₅ içeriği orta düzeydedir. Dolayısıyla toprağa P₂O₅ gübresi atılması gerekmemektedir. Toprağın K₂O içeriği ise düşüktür. Tuzsuz bir topraktır.

3.1.1.2 İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanında safran yetiştirme dönemine ilişkin iklimsel veriler, Meteoroloji İl Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Araştırmanın Yürütüldüğü Deneme Alanında Safran Yetiştirme Dönemine İlişkin İklimsel Veriler ve Uzun Yıllık Ortalama Değerler

Aylar	Uzun Yıllar (1940-2018)			2017-2018		
	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Yağış miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Yağış miktarı (mm)
Ekim	20,7	51,3	67,3	19,9	61,1	78,2
Kasım	14,2	64,1	103,2	14,1	69,7	108,5
Aralık	9,6	70,2	187,8	10,2	76,9	195,9
Ocak	8,3	80,2	182,9	6,0	76,6	176,8
Şubat	9,8	66,4	164,8	8,7	54,6	151,6
Mart	13,2	60,0	143,0	13,4	70,9	154,9
Nisan	17,2	64,4	109,9	16,8	63,9	108,5
Mayıs	21,2	63,8	86,5	20,7	67,5	90,2

Çizelge 3.2 incelendiğinde, denemenin yürütüldüğü dönemdeki sıcaklığın, bitkinin yetiştirme döneminde ihtiyaç duyduğu sıcaklığı karşıladığı görülmektedir. Ayrıca safran bitkisi, bir kış bitkisi olduğu için yetiştirme döneminde yağın yağmur su gereksinimini karşılamakta bundan dolayı sulamaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

3.1.2. Safran (*Crocus sativus* L.) Bitkisinin Üretimi

Safran (*Crocus sativus* L.) üretimi için yapılan kültürel uygulamalar ve bakım işlemleri Çizelge 3.3'de özetlenmiştir (Şekil 3.2 – 3.6).

Çizelge 3.3. Safran Üretimi İçin Kültürel Uygulamalar ve Bakım İşlemleri

Kültürel Uygulamalar	Uygulamanın Özelliği
Toprak işleme	Toprak, 3 soklu kulaklı pulluk ile 20-25 cm derinlikte sürülmüştür. Bu işlem sırasında Ford 6610 marka traktör kullanılmıştır.
Dikim	Ekim ayının ilk yarısında, sıra arası 30 cm, sıra üzeri 10 cm olacak şekilde, 10 cm derinliğe dikim elle 9 erkek işçiyle gerçekleştirilmiştir. Dikim normu ortalama 1667 kg/ha'dır.
Bakım	Safran bitkisinin dikiminden safran soğanının hasadına kadar geçen sürede toplam 4 kez (Kasım, Aralık, Mart ve Nisan aylarının ortalarında) yabancı ot temizliği elle gerçekleştirilmiştir. İlk temizlik işinde 5 erkek işçi çalıştırılmıştır. Diğer temizlik işleri sırasıyla 7, 9 ve 9 erkek işçi ile gerçekleştirilmiştir.
Hasat	Safran çiçeği hasadı, Kasım ayının başında başlamış ve Aralık'ın ortasında bitmiştir. Toplamda 15 kez elle ve 1 erkek işçi ile hasat edilmiştir. Daha sonra 2 kadın işçi ile ayıklanmıştır. Safran soğanı hasadı ise Temmuz ayının sonunda 2 gün boyunca 13 erkek işçi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Dikim yapılan parselin genel görünüşü



Şekil 3.3. Dikimden sonra soğan yatağının genel görünüşü



Şekil 3.4. Dikimden 30 gün sonra safran bitkisinin genel görünüşü



Şekil 3.5. İlk hasat edilen safran bitkisinin genel görünüşü



Şekil 3.6. Çiçeklerinden ayrılmış safran bitkisi stigmaları

3.1.3. Tarım Makinaları

Safran üretimi kültürel uygulamalarında tarım iş makinası olarak iş genişliği 1,10 m ve kütlesi 1220 kg olan 3 gövdeli kulaklı pulluk kullanılmıştır. Pullukla toprak işleme sırasında kullanılan traktörün teknik özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Üretim İşlemlerinde Kullanılan Traktöre Ait Teknik Özellikler (Anonymous, 2019)

Özellikler	Ford
Model	6610
Motor tipi	4 zamanlı, dizel motor
Silindir sayısı (adet)	4
Silindir hacmi (l)	4,4
Anma gücü (BG)	78,5 (58,5 kW)
Toplam kütle (kg)	2583

3.1.4. Yakıt Ölçer

Toprak işleme sırasındaki dizel yakıt tüketimi, ARER marka yakıt ölçüm sistemi ile ölçülmüştür.



Şekil 3.7. ARER marka yakıt ölçer

3.1.5. SimaPro Programı

Safran üretimi yaşam döngüsü envanterinden elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SimaPro 8 programından faydalanılmıştır. SimaPro 8 programı, bir ürünün üretim ve kullanım aşamalarında kirliliğe sebep verebilecek, yüksek enerji ve hammadde gereksinimi olan aşamaları belirlemeye ve bunların etkilerini hesaplamaya

yardımcı olan, Ecoinvent veritabanına sahip, ISO 14044-4, PAS2050 ve GHG protokolü ile uyumlu ve karbon envanterini hesaplayabilen bir programdır. Bu programın en önemli özelliklerinden birisi, Ecoinvent veritabanının sürekli olarak güncel tutulmasıdır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

3.2.1.1 Tarımsal Enerji Girdilerinin Belirlenmesi

Tarımsal enerji girdileri insan gücü, makine, yakıt, tohum, su, gübre ve ilaç enerjilerinden oluşmaktadır. Safran üretiminde tarımsal enerji girdisinin belirlenmesinde Farrel ve ark. (2006)'dan uyarlanan aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır.

$$TEG = \sum_{i=1}^n R(i) \times E_{eş}(i) \quad (3.1)$$

Burada;

TEG : Tarımsal enerji girdisi (MJ/ha)
R(i) : i girdisinin uygulama miktarı (birim_{girdi}/ha),
E_{eş}(i) : i girdisinin enerji eşdeğeri (MJ/birim_{girdi}) (Çizelge 3.5) dir.

3.2.1.2 Tarımsal Enerji Çıktılarının Belirlenmesi

Tarımsal enerji çıktısı ise birim alandan elde edilen ürün ve yan üründen oluşmaktadır. Safran üretiminde tarımsal enerji çıktısının belirlenmesinde Farrel ve ark. (2006)'dan uyarlanan aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır.

$$TEÇ = Y(i) * E_{eş}(i) \quad (3.2)$$

Burada;

TEÇ : Tarımsal enerji çıktısı (MJ/ha)
Y(i) : i çıktısının verimi (kg/ha),
E_{eş}(i) : i çıktısının enerji eşdeğeri (MJ/birim_{çıktı}) (Çizelge 3.5) dir.

Çizelge 3.5. Safran Üretiminde Girdi ve Çıktıların Enerji Eşdeğerleri

Girdiler	Birim	E _{eş} (MJ/Birim)	Referans
İnsan İşgücü			
Erkek İşgücü	h	1,96	Yousefi ve ark., 2016
Kadın İşgücü	h	1,57	De ve ark., 2001
Makina	h	62,70	Yousefi ve ark., 2016
Dizel yakıt	L	47,80	Pishgar-Komleh ve ark., 2011
Safran Soğanı	kg	13,81	Bakhtiari ve ark., 2015
Çıktılar			
Safran Soğanı	kg	13,81	Bakhtiari ve ark., 2015
Safran Stigması	kg	19,76	Bakhtiari ve ark., 2015

3.2.1.3 Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

Safran üretiminin enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesinde Çizelge 3.6’da verilen göstergelerden yararlanılmıştır.

Çizelge 3.6. Safran Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği Göstergeleri (Öztürk, 2010)

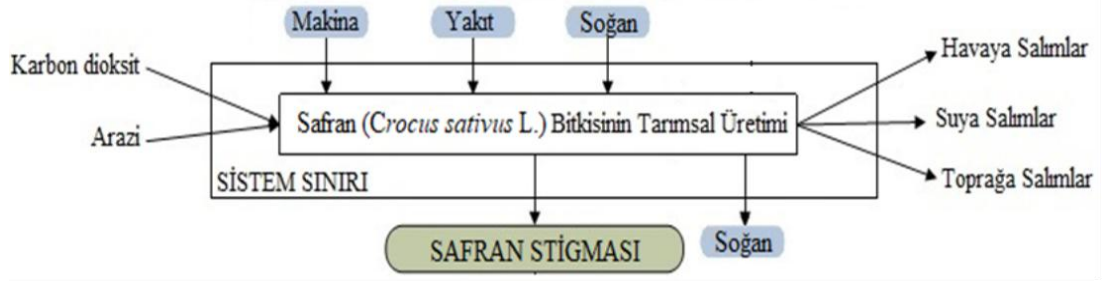
Gösterge	Tanımı	Birimi
Enerji Oranı	TEÇ/TEG	ondalık
Özgül Enerji	TEG/Y	MJ/kg
Enerji Üretkenliği	Y/TEG	kg/MJ
Net Enerji Verimi	TEÇ-TEG	MJ/ha

3.2.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (TYDD)

TYDD 4 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar:

i. Amaç ve Kapsam Tanımı

Bu çalışma safran stigması üretilmesi sırasında oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Fonksiyonel birim olarak safran üretimi için 1 kg_{safran} kabul edilmiştir. Bu amaçla Şekil 3.8’deki gibi sistem sınırı tanımlanmıştır.



Şekil 3.8. Sistem sınırı

ii. Yaşam Döngüsü Envanteri

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yapılabilmesi için envanter çıkarılması yani verilerin toplanması ve bazı varsayımlarda bulunulması gerekmektedir. Çizelge 3.7’de verilen varsayımlarda bulunulmuştur.

Çizelge 3.7.Varsayımlar

Varsayımlar	
Tarlaların eğimi	Eğimsiz
Tarlaların dikilebilirliği	Dikilebilir
Tarım çeşidi	Susuz tarım
Drenaj	Yok
Toprağın kil içeriği (%)	77,00
Toprağın humus içeriği (%)	1,96
Bitki potansiyel kök derinliği (cm)	-
Toprağın aşınım (K) faktörü	Göz ardı edildi
Gübreleme	Yapılmadı
Amonyak kayıplarını ve toprak erozyonunu önlemek için	Makine kullanılmadı

Tarım makinası envanteri olarak başlık 3.1.3’deki veriler alınmıştır. Diğer envanter verileri Çizelge 3.8’de verilmiştir

Çizelge 3.8. Diğer Envanter Verileri

Envanterler	Birim	Değerler
Ekilen alan	ha	0,03
Soğan	kg/ha	1666,67
Stigma verimi		
Taze	kg/ha	4,81
Soğan verimi	kg/ha	4633,34

iii. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü envanteri aşamasında elde edilen ham veriler, lisanslı SimaPro 8.0.5.13 Analyst bilgisayar programına aktarılacak veriler olarak, Eren (2011)'in tezinde vermiş olduğu matematiksel eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra, hesaplanan verilerin CML-IA Baseline modeline göre etki değerlendirmeleri yapılmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. CML-IA Baseline Modeline Göre Etki Kategorileri ve Karakterizasyon Birimleri

Etki Kategorisi	Karakterizasyon Birimi
Abiyotik Bozunma	kg Sb-eş
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	MJ
Küresel Isınma (100 yıl)	kg CO ₂ -eş
Stratosferdeki Ozon Azalması	kg CFC11-eş
İnsan Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş
Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş
Deniz Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş
Kara Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş
Fotokimyasal Oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş
Asitleşme	kg SO ₂ -eş
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş

iv. Yorumlama

Aşağıda verilen etkilere göre yorumlama yapılmıştır.

- Küresel Etkiler; İklim değişikliği, stratosferdeki ozon azalması ve abiyotik bozunma.
- Bölgesel Etkiler; Fotokimyasal oksidasyon ve asitleşme potansiyeli.
- Yerel Etkiler; İnsan, kara canlılarının, su canlılarının ve temiz su canlılarının zehirlenmesi ve ötrofikasyon potansiyeli.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Enerji Kullanım Etkinliği

Safran üretiminde kullanılan girdiler için hesaplanan tarımsal enerji girdisi değerleri ile çıktılar için hesaplanan tarımsal enerji çıktısı değerleri ve enerji kullanım etkinliği değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Safran Üretiminde Tarımsal Enerji Girdileri ve Çıktıları

Girdiler	Hektar (ha) Başına Miktar	Toplam Enerji Eşdeğeri (MJ/ha)	Toplam Enerji Girdisine Oranı (%)
İnsan İşgücü (h)	15075,00	29517,75	45,19
Pulluk	66,67	130,67	0,20
Elle Dikim	6000,00	11760,00	18,00
Yabancı ot temizliği	1000,00	1960,00	3,00
Stigma Hasadı	1000,00	1960,00	3,00
Ayırma	75,00	117,75	0,18
Soğan Hasadı	6933,33	13589,33	20,80
Makina (h)	133,34	8360,42	12,80
Traktör	66,67	4180,21	6,40
Pulluk	66,67	4180,21	6,40
Yakıt (L)	92,60	4426,28	6,78
Pulluk	92,60	4426,28	6,78
Soğan (kg)	1666,67	23016,71	35,24
<u>Tarımsal Enerji Girdisi (MJ/ha)</u>		<u>65321,16</u>	<u>100,00</u>
Doğrudan Enerji Girdisi ^a		33944,03	51,96
Dolaylı Enerji Girdisi ^b		31377,13	48,04
Yenilenebilir Enerji Girdisi ^c		52534,46	80,42
Yenilenemeyen Enerji Girdisi ^d		12786,70	19,58
Çıktılar			
Stigma (kg)	4,81	95,05	0,15
Soğan (kg)	4633,34	63986,43	99,85
<u>Tarımsal Enerji Çıktısı (MJ/ha)</u>	<u>4638,15</u>	<u>64081,47</u>	<u>100,00</u>
ENERJİ KULLANIM ETKİNLİĞİ		TOPLAM	STİGMA
Enerji Oranı (ondalık)		0,98	0,0015
Özgül Enerji (MJ/kg)		14,08	13580,29
Enerji Üretkenliği (kg/MJ)		0,07	0,00007
Net Enerji Üretimi (MJ/ha)		-1239,69	-65226,12

^a İnsan işgücü ve yakıt enerjileri girdilerini içerir.

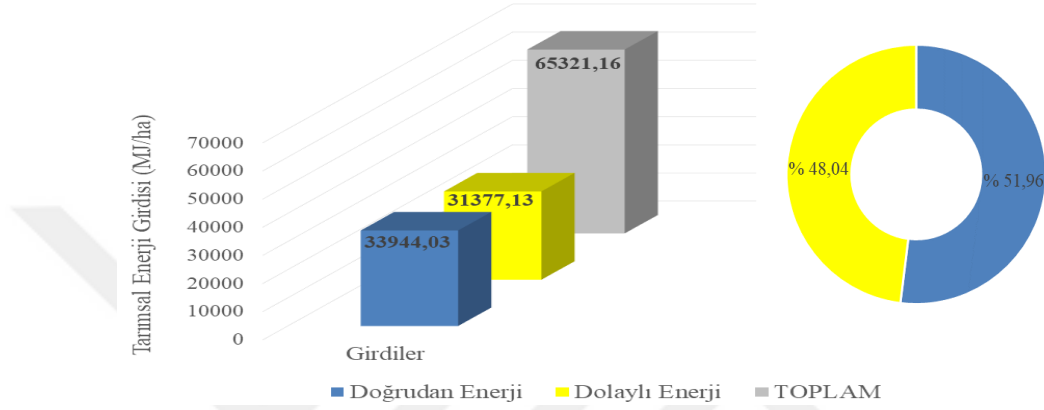
^b Makine ve soğan enerjileri girdilerini içerir.

^c İnsan işgücü ve soğan enerjileri girdilerini içerir.

^d Makine ve yakıt enerjileri girdilerini içerir.

4.1.1. Tarımsal Enerji Girdileri

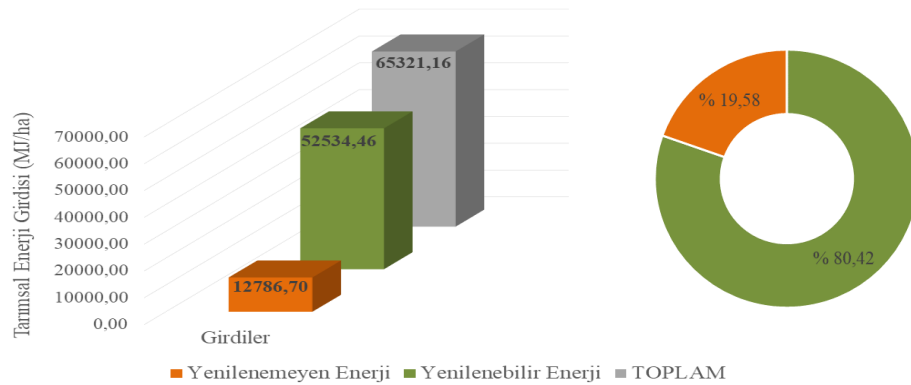
Safran üretimi için doğrudan (33944,03 MJ/ha) ve dolaylı (31377,13 MJ/ha) enerji girdilerinin toplamı olarak tarımsal enerji girdisi 65321,16 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Tarımsal enerji girdilerinin % 51,96'sı doğrudan (insan işgücü ve yakıt), % 48,04'ü ise dolaylı (makine ve soğan) enerji girdilerinden oluşturmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Safran üretiminde doğrudan - dolaylı enerji girdileri ve yüzdelik dağılımı

Bakhtiari ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarında, doğrudan enerji girdisini 63768,67 MJ/ha (% 38,90) ve dolaylı enerji girdisini de 100143,42 MJ/ha (% 61,10) olarak saptamışlardır.

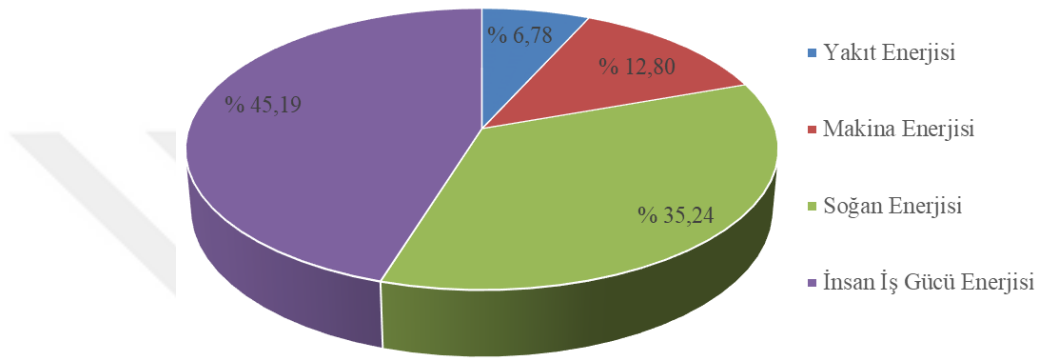
Safran üretimi için yenilenebilir enerji 52534,46 MJ/ha ve yenilenemeyen enerji 12786,70 MJ/ha olarak tarımsal enerji girdileri hesaplanmıştır. Tarımsal enerji girdilerinin % 80,42'si yenilenebilir (insan işgücü ve soğan), % 19,58'i ise yenilenemeyen (makine ve yakıt) enerji girdilerinden oluşturmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Safran üretiminde yenilenebilir - yenilenemeyen enerji girdileri ve yüzdelik dağılımı

Bakhtiari ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarında, yenilenebilir enerji girdisini 93004,50 MJ/ha (% 56,70) ve yenilenemeyen enerji girdisini de 70907,59 MJ/ha (% 43,30) olarak saptamışlardır.

Çizelge 4.1'e göre hesaplanan tarımsal enerji girdileri arasında en yüksek enerji girdisi olarak insan iş gücü enerjisi (% 45,19) belirlenmiştir. İnsan iş gücü enerjisini sırasıyla, soğan enerjisi (% 35,24), makina enerjisi (% 12,80) ve yakıt enerjisi (% 6,78) takip etmektedir (Şekil 4.3).



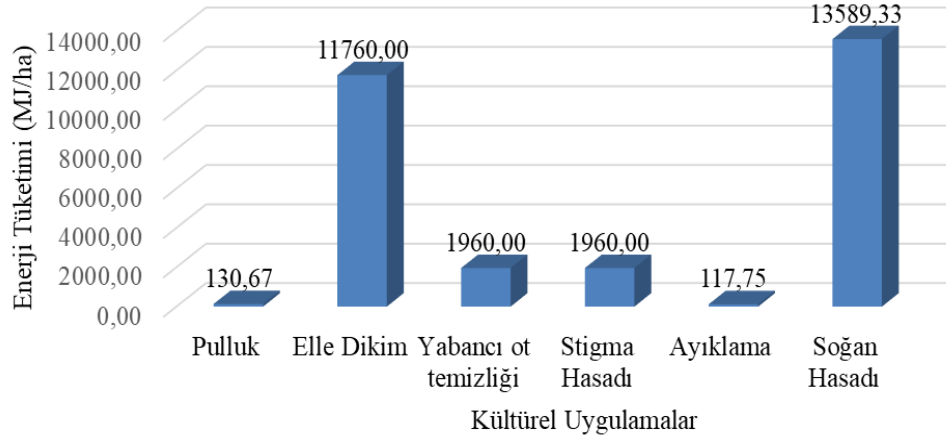
Şekil 4.3. Safran üretiminde tarımsal enerji girdilerinin yüzdelik dağılımı

İnsan İşgücü Enerjisi Girdisi: Safran üretiminde birim üretim alanı (ha) başına insan iş gücü miktarı (h) ve insan işgücüne ilişkin enerji tüketim değerleri (MJ), Çizelge 4.1'de verilmiştir. Safran üretiminde birim alan (ha) başına toplam 15075,00 h sürede insan işgücünden yararlanılmaktadır. Bu sürede, yararlanılan insan işgücüne karşılık olarak, birim alan (ha) için toplam 29517,75 MJ insan işgücü enerjisi tüketilmektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde kullanılan insan işgücü enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam enerji girdisine oranı, diğer girdilerin oranına kıyasla en yüksek düzeyde, % 45,19 olarak belirlenmiştir.

Safran üretim işlemleri arasında, en fazla insan işgücü kullanımı, soğan hasadı (6933,33 h/ha) sırasında gerçekleşmektedir. Soğan hasadı sırasında, tarımsal enerji girdisinin % 20,80'i oranında (13589,33 MJ/ha) insan işgücü enerjisi tüketilmektedir. Safran üretiminde insan işgücü enerjisi tüketimi bakımından, soğan hasadını sırasıyla, elle soğan dikimi (6000,00 h sürede 11760,00 MJ/ha), yabancı ot temizliği (1000,00 h sürede 1960,00 MJ/ha) ve stigma hasadı (1000,00 h sürede 1960,00 MJ/ha) izlemektedir.

En az insan işgücü enerjisi tüketimi pulluk ile toprağın işlenmesi (66,67 h sürede 130,67 MJ/ha) sırasında gerçekleşmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Kültürel uygulamalar sırasında insan işgücü enerjisi tüketimi

Soğan Enerjisi Girdisi: Safran üretiminde birim üretim alanı (ha) başına dikilen soğan miktarı (kg) ve soğan miktarına ilişkin enerji tüketim değerleri (MJ), Çizelge 4.1’de verilmiştir. Safran üretiminde birim alan (ha) başına toplam 1666,67 kg soğan dikilmiştir. Dikilen bu soğan miktarına karşılık olarak, birim alan (ha) için toplam 23016,71 MJ soğan enerjisi tüketilmektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde dikilen soğan enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan tarımsal enerji girdisine oranı, % 35,24 olarak belirlenmiştir. Soğan enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdilerin oranına kıyasla üst sıralarda gelmektedir.

Makina Enerjisi Girdisi: Safran üretimi sırasında kullanılan makinalara ilişkin enerji tüketim değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Safran üretiminde birim alan (ha) başına toplam 133,34 h süre ile makina kullanılmaktadır. Bu sürede, kullanılan makinalara karşılık olarak, birim alan (ha) için toplam 8360,42 MJ makina enerjisi tüketilmektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde kullanılan makina enerji girdisinin, üretimde kullanılan toplam enerji girdisine oranı, diğer girdilerin oranına kıyasla düşük düzeyde, % 12,80 olarak belirlenmiştir.

Yakıt Enerjisi Girdisi: Safran üretiminde birim üretim alanı (ha) başına yakıt miktarı (L) ve yakıt enerjisi tüketimi değerleri (MJ), Çizelge 4.1’de verilmiştir. Safran üretiminde birim alan (ha) başına toplam 92,60 L dizel yakıt kullanılmaktadır. Kullanılan bu yakıt miktarına karşılık olarak, birim alan (ha) için toplam 4426,28 MJ yakıt enerjisi tüketilmektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde kullanılan yakıt enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam enerji girdisine oranı, % 6,78 olarak belirlenmiştir. Yakıt enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdilerin oranına kıyasla son sırada gelmektedir.

İncelenen literatür çalışmalarında tarımsal enerji girdileri, 99236 MJ/ha (Khanali ve ark., 2016), 21580 MJ/ha (Sahabi ve ark., 2016) ve 163912,09 MJ/ha MJ/ha (Bakhtiari ve ark., 2015) olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada tarımsal enerji girdisi 65321,16 MJ/ha olarak saptanmıştır. Khanali ve ark. (2016) ve Bakhtiari ve ark. (2015)’nın çalışmalarındaki bulunan değerlerin oldukça altında bir değer belirlenmiştir. Bu düşük değer çıkmasının ana sebebi safran yetiştirilmesi sırasında gübreleme yapılmamasıdır.

4.1.2. Tarımsal Enerji Çıktıları

Safran üretiminde birim üretim alanı (ha) başına 4633,34 kg soğan ve 4,81 kg stigma elde edilmiştir. Safran bitkisinin soğan ve stigma kısımları dikkate alınarak hesaplanan tarımsal enerji çıktısı değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Safran Üretiminde Tarımsal Enerji Çıktıları

Çıktı	Verim (kg/ha)	Enerji Eşdeğeri (MJ/kg)	Enerji Çıktısı (MJ/ha)	Toplam Enerji Çıktısına Oranı (%)
Stigma	4,81	19,76	95,05	0,15
Soğan	4633,34	13,81	63986,43	99,85
Toplam	4638,15		64081,47	100,00

Çizelge 4.2 incelendiğinde, safran üretiminde tarımsal enerji çıktısı; sadece stigma verimi dikkate alındığında 95,05 MJ/ha, soğan (63986,43 MJ/ha) ve stigma verimleri birlikte dikkate alındığında, toplam 64081,47 MJ/ha olarak hesaplanmıştır. Sadece safran soğanı enerji çıktısı, safran üretiminde, tarımsal enerji çıktısının % 99,85’ini oluşturmaktadır.

İncelenen literatür çalışmalarında, safran stigma verimleri 3,18 (Mohammadzadeh ve ark., 2017), 4,5 kg/ha (Khanali ve ark., 2016), 3,86 kg/ha (Sahabi ve ark., 2016) ve 21,75 kg/ha (Bakhtiari ve ark., 2015) olarak saptanmıştır. Ayrıca, Deo (2003) yaptığı çalışmada, safran stigma ortalama verimini, İtalya’da 10-16 kg/ha ve İspanya’da da 6-29 kg/ha olduğunu raporlamıştır.

Bu araştırmada, safran stigma verimi 4,81 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bakhtiari ve ark. (2015) ve Deo (2003)’nin yapmış oldukları çalışmalara kıyasla oldukça düşük çıkmıştır. Mohammadzadeh ve ark. (2017), Khanali ve ark. (2016) ve Sahabi ve ark. (2016)’nın belirledikleri değerlere yakın olarak saptanmıştır.

İran koşullarında safran stigma üretiminde tarımsal enerji çıktısı 417,40 MJ/ha (Khanali ve ark., 2016) ve 429,78 MJ/ha (Bakhtiari ve ark., 2015) olarak hesaplanmıştır. Bu araştırmada, 95,05 MJ/ha olarak saptanmıştır. Literatürdeki değerlere kıyasla oldukça düşük çıkmıştır. Tarımsal enerji çıktısının yüksek veya düşük olması elde edilen ürünün veriminden kaynaklanmaktadır.

Soğan ve stigma verimleri birlikte dikkate alınan literatür çalışmaları incelendiğinde, tarımsal enerji çıktıları, 69112,80 MJ/ha (Mohammadzadeh ve ark., 2017), 45879,53 MJ/ha (Sahabi ve ark., 2016) ve 85361,28 MJ/ha (Bakhtiari ve ark., 2015) olarak hesaplamışlardır. Mevcut çalışmada 64081,47 MJ/ha olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Enerji Kullanım Etkinliği

Safran üretimi için hesaplanan enerji kullanım etkinliği gösterge değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Safran Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliği Gösterge Değerleri

Enerji Kullanım Etkinliği	Stigma	Toplam
Enerji Oranı (ondalık)	0,0015	0,98
Özgül Enerji (MJ/kg)	13580,28	14,08
Enerji Üretkenliği (kg/MJ)	0,00007	0,07
Net Enerji Üretimi (MJ/ha)	-65226,12	-1239,69

Enerji Oranı: Üretim sonucunda kazanılan toplam enerji miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Enerji oranı,

birim üretim alanında (ha) tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık, üretim sonucunda birim üretim alanından (ha) kazanılan enerji miktarını (MJ) belirtir. Enerji oranı değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji kullanım etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde, 4,81 kg/ha stigma verimi için, enerji oranı 0,0015 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, birim üretim alanından (ha) toplam elde edilen ürün olarak stigma ve soğan (4633,34 kg/ha) dikkate alındığında, enerji oranı 0,98 olarak hesaplanmıştır.

Khanali ve ark. (2016) tarafından İran'da yapılan bir çalışmada, safran stigması üretimi için enerji oranı 0,0044 olarak belirlenmiştir. Bakhtiari ve ark. (2015) tarafından İran'da yapılan başka bir çalışmada, safran stigması ve soğan her ikisi birlikte değerlendirildiğinde enerji oranı 1,12 olarak hesaplanmıştır. Her iki değerde bu çalışmada hesaplanan değerlere (sadece safran stigması verimi için 0,0015 ve safran stigması+soğanı verimi için 0,98) yakın çıkmıştır.

Özgül Enerji: Üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarının, hasat edilen toplam ürün miktarına oranı olarak tanımlanır. Özgül enerji değeri, birim miktar (kg) ürün üretmek için tüketilen enerji miktarını (MJ) belirtir. Özgül enerji değerinin düşük olması, üretimdeki enerji kullanım etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde özgül enerji, sadece birim üretim alanından (ha) alınan stigma verimi dikkate alındığında 13580,28 MJ/kg, üretim sonucunda kazanılan toplam çıktı (stigma + soğan verimleri) dikkate alındığında ise 14,08 MJ/kg olarak hesaplanmıştır. Kısaca, 1 kg stigma üretimi için 13580,28 MJ enerji tüketilmektedir diyebiliriz.

Mohammadzadeh ve ark., (2017) tarafından İran'da yapılan bir çalışmada, safran stigması üretimi için özgül enerji değeri 48665 MJ/kg olarak belirlenmiştir. Bakhtiari ve ark. (2015) tarafından İran'da yapılan başka bir çalışmada, safran stigması ve soğan her ikisi birlikte değerlendirildiğinde özgül enerji değeri 13,36 MJ/kg olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada bulunan değere (14,08 MJ/kg) yakın bir sonuç elde edilmiştir.

Enerji Üretkenliği: Özgül enerji değerinin tersi olup, hasat edilen toplam ürün miktarının, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarına oranı olarak

tanımlanır. Enerji üretkenliği değeri, tüketilen birim miktar (MJ) enerji miktarına karşılık üretilen ürün miktarını (kg) belirtir. Enerji üretkenliği değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji kullanım etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, safran üretiminde enerji üretkenliği, sadece birim üretim alanından (ha) alınan stigma verimi dikkate alındığında 0,00007 kg/MJ, üretim sonucunda kazanılan toplam çıktı (stigma + soğan verimleri) dikkate alındığında ise 0,07 kg/MJ olarak hesaplanmıştır. Kısaca, 1 MJ enerji tüketimi karşılığında 0,00007 kg stigma üretilmektedir diyebiliriz.

İran'da yapılan çalışmalar incelendiğinde, safran stigmaı üretimi için enerji üretkenliği değerlerini, 0,0001 kg/MJ (Mohammadzadeh ve ark., 2017) ve 0,0003 kg/MJ (Khanali ve ark., 2016) olarak hesaplamışlardır. Bakhtiari ve ark. (2015) tarafından İran'da yapılan başka bir çalışmada, safran stigmaı ve soğan her ikisi birlikte değerlendirildiğinde enerji üretkenliği 0,08 kg/MJ olarak hesaplanmıştır. Her üç değerde bu çalışmada hesaplanan değerlere (sadece safran stigmaı verimi için 0,00007 kg/MJ ve safran stigmaı + soğanı verimi için 0,08 kg/MJ) yakın çıkmıştır.

Net enerji üretimi: Üretim sonucunda kazanılan toplam enerji miktarı ile, üretim işlemlerinde kullanılan toplam enerji miktarı arasındaki fark olarak tanımlanır. Net enerji üretimi değeri, birim üretim alanı (ha) için tüketilen enerji çıkarıldıktan sonra, birim üretim alanından (ha) üretim sonucunda kazanılan net enerji miktarını (MJ) belirtir. Net enerji üretimi değerinin yüksek olması, üretimdeki enerji kullanım etkinliğinin yüksek olması anlamına gelir.

Safran üretiminde net enerji üretimi, sadece birim üretim alanından (ha) alınan stigma verimi dikkate alındığında -65226,12 MJ/ha, üretim sonucunda kazanılan toplam çıktı (stigma + soğan verimleri) dikkate alındığında ise -1239,69 MJ/ha olarak hesaplanmıştır.

Khanali ve ark. (2016) tarafından İran'da yapılan bir çalışmada, safran stigmaı üretimi için net enerji üretimi -98818,50 MJ/ha olarak belirlenmiştir. Bakhtiari ve ark. (2015) tarafından İran'da yapılan başka bir çalışmada, safran stigmaı ve soğan her ikisi birlikte değerlendirildiğinde net enerji üretimi 20956,19 MJ/ha olarak hesaplanmıştır.

4.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

4.2.1. Tarımsal Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

i. Karakterizasyon Değerleri

Safran üretiminin tarımsal yaşam döngüsü envanter analizi sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda CML-IA baseline modeline göre SimaPro 8.0.5.13 Analyst bilgisayar yazılımında tarımsal yaşam döngüsü etki değerlendirme yapıldıktan sonra Çizelge 4.4'deki karakterizasyon değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. 1 kg_{safran} Üretimi TYDD'si Sonucunda Elde Edilen Karakterizasyon Değerleri

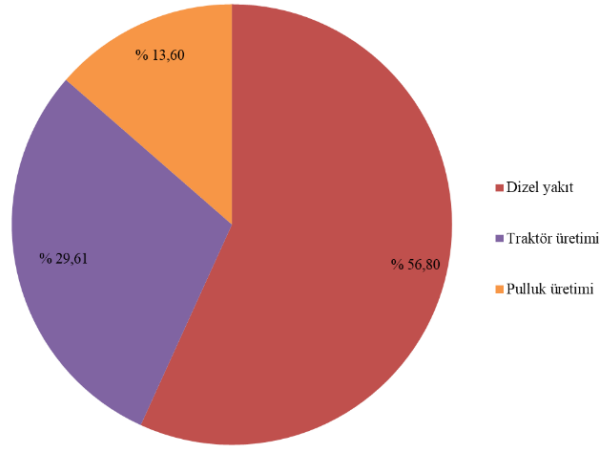
Etki Kategorileri	Birim	Değerler
Abiyotik Bozunma	kg Sb-eş	0,0001276
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	MJ	839,04
Küresel Isınma (100 yıl)	kg CO ₂ -eş	63,50
Stratosferdeki Ozon Azalması	kg CFC11-eş	0,000083
İnsan Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	9,39
Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	2,31
Deniz Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	6582,59
Kara Canlılarının Zehirlenmesi	kg 1.4-DB-eş	0,0269
Fotokimyasal Oksidasyon	kg C ₂ H ₄ -eş	0,00878
Asitleşme	kg SO ₂ -eş	0,234
Ötrofikasyon	kg PO ₄ -eş	0,0469

Abiyotik Bozunma

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), abiyotik bozunma etkisi 0,0001276 kg Sb-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.5'de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Süreçlerin Abiyotik Bozunmaya Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Dizel yakıt kullanımı		0,0000725
Traktör üretimi		0,0000378
Pulluk üretimi	kg Sb-eş	0,0000173
Toplam		0,0001276



Şekil 4.5. Süreçlerin abiyotik bozunmaya etkisinin yüzdelik dağılımı

Şekil 4.5 incelendiğinde, abiyotik bozunmaya en fazla sebep olan süreç dizel yakıt kullanımı (% 56,80) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla traktör üretimi (% 29,61) ve pulluk üretimi (% 13,60) takip etmektedir.

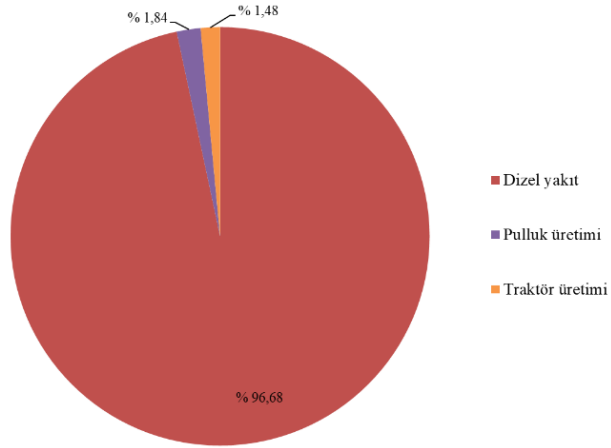
Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için abiyotik bozunma etkisini $1,28 \text{ kg Sb-}e\text{ş/kg}_{\text{safran}}$ olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan ($0,0001276 \text{ kg Sb-}e\text{ş/kg}_{\text{safran}}$) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre oldukça düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada kimyasal gübre kullanılmaması değerinin düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

Abiyotik Bozunma (Fosil Yakıtlar)

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisi $839,04 \text{ MJ/kg}_{\text{safran}}$ olarak hesaplanmıştır. Abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.6’da ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Süreçlerin Abiyotik Bozunmaya (Fosil Yakıtlar) Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Dizel yakıt kullanımı	MJ	811,17
Pulluk üretimi		15,42
Traktör üretimi		12,45
Toplam		839,04



Şekil 4.6. Süreçlerin abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) etkisinin yüzdelik dağılımı

Şekil 4.6 incelendiğinde, abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) en fazla sebep olan süreç dizel yakıt kullanımı (% 96,68) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla pulluk üretimi (% 1,84) ve traktör üretimi (% 1,48) takip etmektedir.

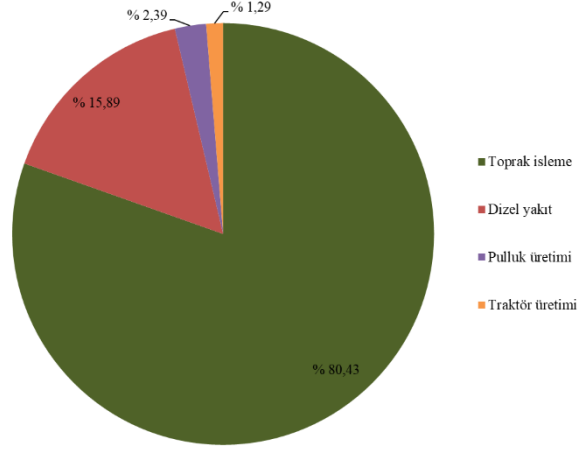
Küresel Isınma (100 yıl)

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), küresel ısınma (100 yıl) etkisi 63,50 kg CO₂-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınmaya etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.7’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Süreçlerin Küresel Isınmaya (100 yıl) Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Toprak işleme		51,06
Dizel yakıt kullanımı		10,10
Pulluk üretimi	kg CO ₂ -eş	1,52
Traktör üretimi		0,82
Toplam		63,50

Küresel ısınmaya en fazla sebep olan süreç toprak işleme aşaması (% 80,43) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla dizel yakıt kullanımı (% 15,89), pulluk üretimi (% 2,39) ve traktör üretimi (% 1,29) takip etmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Süreçlerin küresel ısınmaya (100 yıl) etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için küresel ısınma etkisini 296,16 kg CO₂-eş/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (63,50 kg CO₂-eş/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada kimyasal gübre kullanılmaması değerinin düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

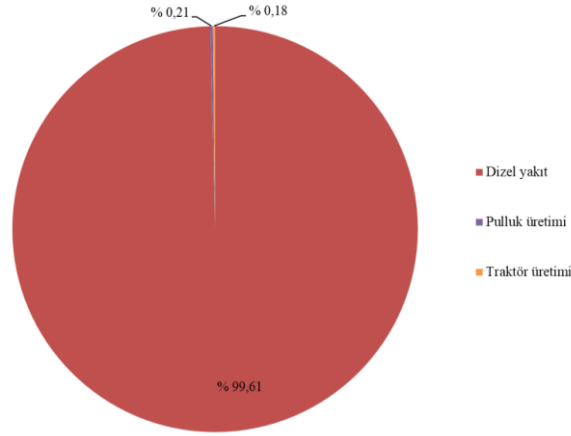
Stratosferdeki Ozon Azalması

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), stratosferdeki ozon azalması etkisi 0,000083 kg CFC-11-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Stratosferdeki ozon azalmasına etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.8’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Süreçlerin Stratosferdeki Ozon Azalmasına Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Dizel yakıt kullanımı	kg CFC-11-eş	0,0000826
Pulluk üretimi		0,000000172
Traktör üretimi		0,000000151
Toplam		0,000083

Stratosferdeki ozon azalmasına en fazla sebep olan süreç dizel yakıt kullanımı (% 99,61) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla pulluk üretimi (% 0,21) ve traktör üretimi (% 0,18) takip etmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Süreçlerin stratosferdeki ozon azalmasına etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için stratosferdeki ozon azalması etkisini 0,0000653 kg CFC-11-eş/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (0,000083 kg CFC-11-eş/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere yakın olarak saptanmıştır.

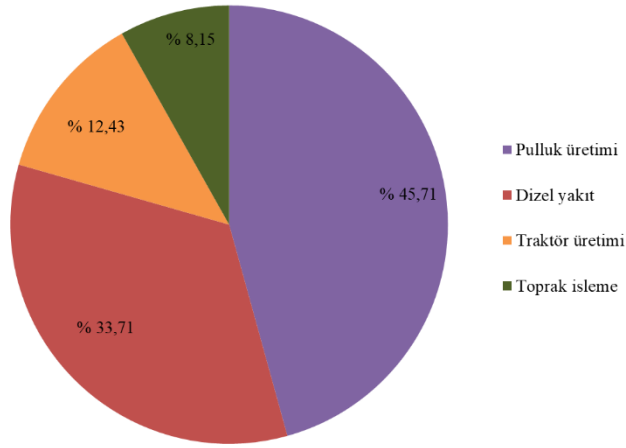
İnsan Zehirlenmesi

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), insan zehirlenme etkisi 9,39 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. İnsan zehirlenmesine etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.9’da ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Süreçlerin İnsan Zehirlenmesine Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Pulluk üretimi		4,28
Dizel yakıt kullanımı		3,17
Traktör üretimi	kg 1.4-DB-eş	1,17
Toprak işleme		0,77
Toplam		9,39

İnsan zehirlenmesine en fazla sebep olan süreç pulluk üretimi (% 45,71) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla dizel yakıt kullanımı (% 33,71), traktör üretimi (% 12,43) ve toprak işleme aşaması (% 8,35) takip etmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Süreçlerin insan zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için insan zehirlenmesi etkisini 41,38 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (9,39 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre düşük olarak saptanmıştır.

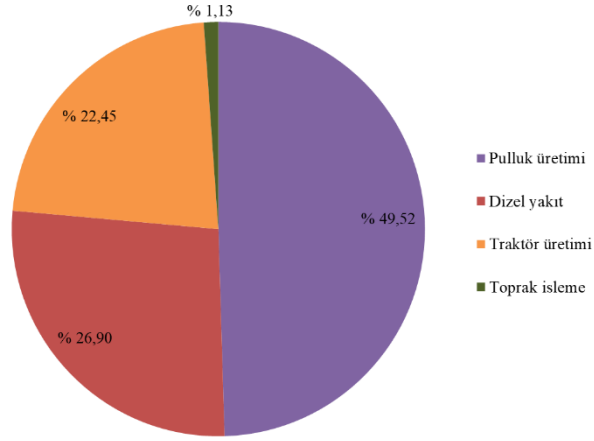
Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesi.

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), temiz su canlılarının zehirlenme etkisi 2,31 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Temiz su canlılarının zehirlenmesine etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.10’da ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Süreçlerin Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Pulluk üretimi		1,14
Dizel yakıt kullanımı		0,62
Traktör üretimi	kg 1.4-DB-eş	0,52
Toprak işleme		0,03
Toplam		2,31

Temiz su canlılarının zehirlenmesine en fazla sebep olan süreç pulluk üretimi (% 49,52) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla dizel yakıt kullanımı (% 26,90), traktör üretimi (% 22,45) ve toprak işleme aşaması (% 1,13) takip etmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Süreçlerin temiz su canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için temiz su canlılarının zehirlenmesi etkisini 2,49 kg 1.4-DB- ϵ /kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (2,31 kg 1.4-DB- ϵ /kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere yakın olarak saptanmıştır.

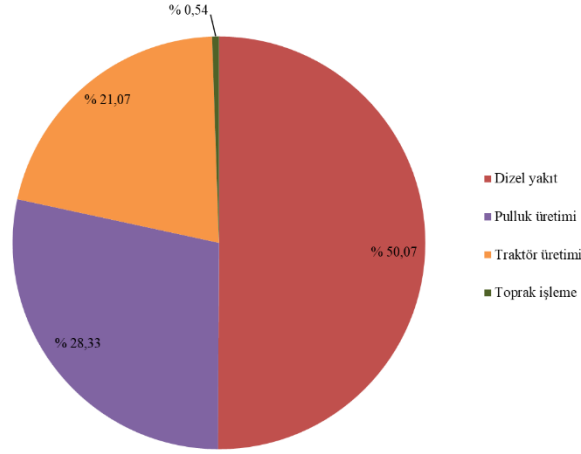
Deniz Canlılarının Zehirlenmesi

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), deniz canlılarının zehirlenme etkisi 6580,00 kg 1.4-DB- ϵ /kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Deniz canlılarının zehirlenmesine etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.11’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Süreçlerin Deniz Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Dizel yakıt kullanımı		3300
Pulluk üretimi		1860
Traktör üretimi	kg 1.4-DB- ϵ	1390
Toprak işleme		30
Toplam		6580

Deniz canlılarının zehirlenmesine en fazla sebep olan süreç dizel yakıt kullanımı (% 50,07) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla, pulluk üretimi (% 28,33), traktör üretimi (% 21,07) ve toprak işleme aşaması (% 0,54) takip etmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Süreçlerin deniz canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için deniz canlılarının zehirlenme etkisini 8370,56 kg 1.4-DB-_{eş}/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (6580,00 kg 1.4-DB-_{eş}/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada ilaç kullanılmaması değerinin düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

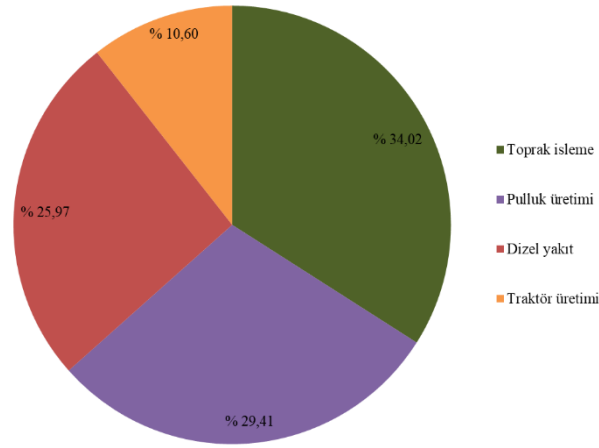
Kara Canlılarının Zehirlenmesi

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), kara canlılarının zehirlenme etkisi 0,0269 kg 1.4-DB-_{eş}/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Kara canlılarının zehirlenmesine etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.12’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Süreçlerin Kara Canlılarının Zehirlenmesine Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Toprak işleme		0,00916
Pulluk üretimi		0,00792
Dizel yakıt kullanımı	kg 1.4-DB- _{eş}	0,00696
Traktör üretimi		0,00286
Toplam		0,02690

Kara canlılarının zehirlenmesine en fazla sebep olan süreç toprak işleme aşaması (% 34,02) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla, pulluk üretimi (% 29,41), dizel yakıt kullanımı (% 25,97) ve traktör üretimi (% 10,60) takip etmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Süreçlerin kara canlılarının zehirlenmesine etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için kara canlılarının zehirlenmesi etkisini 0,045 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (0,0269 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere yakın olarak saptanmıştır.

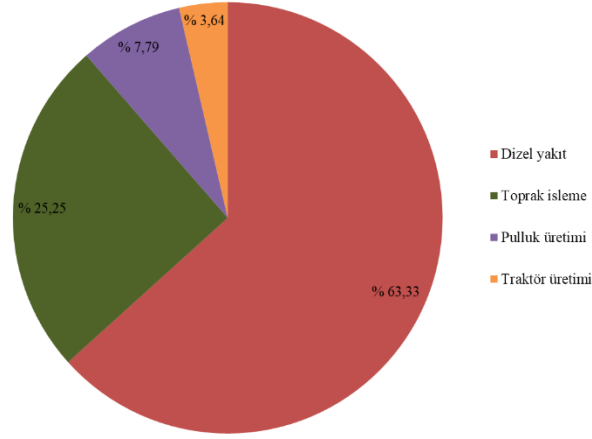
Fotokimyasal Oksidasyon

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), fotokimyasal oksidasyon etkisi 0,00878 kg C₂H₄-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Fotokimyasal oksidasyona etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.13’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Süreçlerin Fotokimyasal Oksidasyona Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Dizel yakıt kullanımı		0,00556
Toprak işleme		0,00222
Pulluk üretimi	kg C ₂ H ₄ -eş	0,00068
Traktör üretimi		0,00032
Toplam		0,00878

Fotokimyasal oksidasyona en fazla sebep olan süreç dizel yakıt kullanımı (% 63,33) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla toprak işleme aşaması (% 25,25), pulluk üretimi (% 7,79), ve traktör üretimi (% 3,64) takip etmektedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Süreçlerin fotokimyasal oksidasyona etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için fotokimyasal oksidasyon etkisini $0,035 \text{ kg C}_2\text{H}_4\text{-eş/kg}_{\text{safran}}$ olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan ($0,00878 \text{ kg C}_2\text{H}_4\text{-eş/kg}_{\text{safran}}$) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada kimyasal gübre kullanılmaması değerini düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

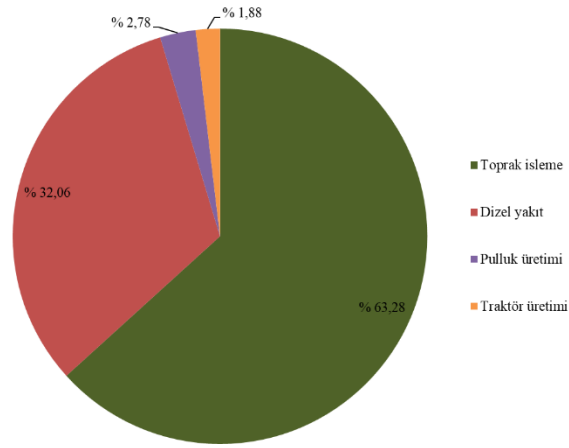
Asitleşme

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), asitleşme etkisi $0,234 \text{ kg SO}_2\text{-eş/kg}_{\text{safran}}$ olarak hesaplanmıştır. Asitleşmeye etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.14’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Süreçlerin Asitleşmeye Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Toprak işleme	$\text{kg SO}_2\text{-eş}$	0,148
Dizel yakıt kullanımı		0,075
Pulluk üretimi		0,007
Traktör üretimi		0,004
Toplam		0,234

Asitleşmeye en fazla sebep olan süreç toprak işleme aşaması (% 63,28) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla dizel yakıt kullanımı (% 32,06), pulluk üretimi (% 2,78) ve traktör üretimi (% 1,88) takip etmektedir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Süreçlerin asitleşmeye etkisinin yüzdelik dağılımı

Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için asitleşme etkisini 1,45 kg SO₂-eş/kg_{safran} olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan (0,234 kg SO₂-eş/kg_{safran}) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre oldukça düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada kimyasal gübre kullanılmaması değer düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

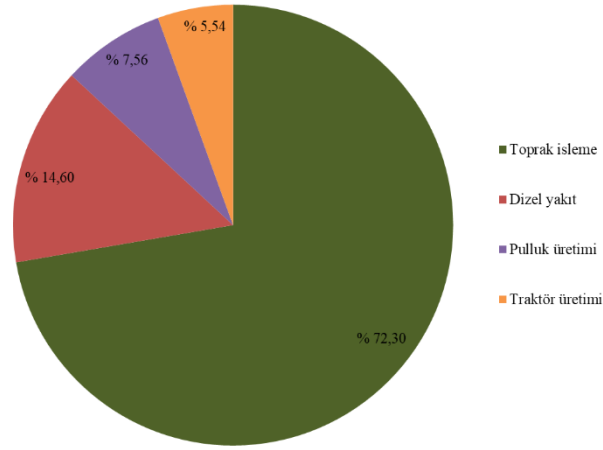
Ötrofikasyon

Karakterizasyon sonuçlarına göre (Çizelge 4.4), ötrofikasyon etkisi 0,0469 kg PO₄-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır. Ötrofikasyona etki eden safran üretim süreçlerinin etkisi Çizelge 4.15’de ve bu etkilerin yüzdelik dağılımı da Şekil 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Süreçlerin Ötrofikasyona Etkisi

Süreçler	Birim	Değerler
Toprak işleme	kg PO ₄ -eş	0,0339
Dizel yakıt kullanımı		0,0068
Pulluk üretimi		0,0036
Traktör üretimi		0,0026
Toplam		0,0469

Ötrofikasyona en fazla sebep olan süreç toprak işleme aşaması (% 72,30) olarak saptanmıştır. Bunu sırasıyla dizel yakıt kullanımı (% 14,60), pulluk üretimi (% 7,56) ve traktör üretimi (% 5,54) takip etmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Süreçlerin ötrofikasyona etkisinin yüzdelik dağılımı

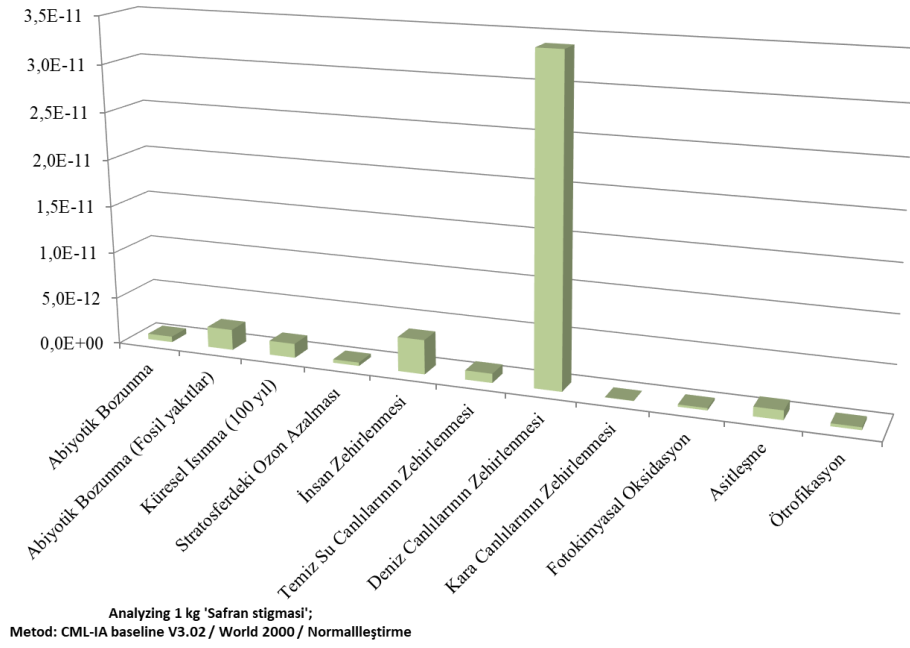
Khanali ve ark. (2017) İran’da yaptıkları çalışmada, safran stigması üretimi için ötrofikasyon $0,21 \text{ kg PO}_4\text{-eş/kg}_{\text{safran}}$ olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada hesaplanan ($0,0469 \text{ kg PO}_4\text{-eş/kg}_{\text{safran}}$) değer, Khanali ve ark. (2017)’nin hesapladıkları değere göre düşük olarak saptanmıştır. Bu çalışmada azotlu gübre kullanılmaması değerini düşük çıkmasına olumlu yönde etki etmiştir.

ii. Normalleştirme Değerleri

Etki kategorilerini birbirleriyle kıyaslayabilmek için etki değerlendirme aşamasında normalleştirme yapılmıştır. Normalleştirme işleminden sonra elde edilen normalleştirme değerleri, Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. 1 $\text{kg}_{\text{safran}}$ Üretimi TYDD’si Sonucunda Elde Edilen Normalleştirme Değerleri

Etki Kategorileri	Değerler (Birimsiz)
Abiyotik Bozunma	6,10E-13
Abiyotik Bozunma (Fosil yakıtlar)	2,21E-12
Küresel Isınma (100 yıl)	1,52E-12
Stratosferdeki Ozon Azalması	3,66E-13
İnsan Zehirlenmesi	3,65E-12
Temiz Su Canlılarının Zehirlenmesi	9,75E-13
Deniz Canlılarının Zehirlenmesi	3,40E-11
Kara Canlılarının Zehirlenmesi	2,46E-14
Fotokimyasal Oksidasyon	2,39E-13
Asitleşme	9,80E-13
Ötrofikasyon	2,96E-13



Şekil 4.16. Etki değerlendirme sonucunda elde edilen normalleştirme değerlerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması

Etki kategorileri birbirleriyle kıyaslandığında (Şekil 4.16), 1 kg safran üretiminin en fazla deniz canlılarının zehirlenmesine sebep olduğu saptanmıştır. Bunu insan zehirlenmesi, abiyotik bozunma (fosil yakıtlar), küresel ısınma ve asitleşme etkisi takip etmiştir. Kara canlılarının zehirlenmesi etkisi oldukça düşük olarak belirlenmiştir..

4.2.2. Yorumlama

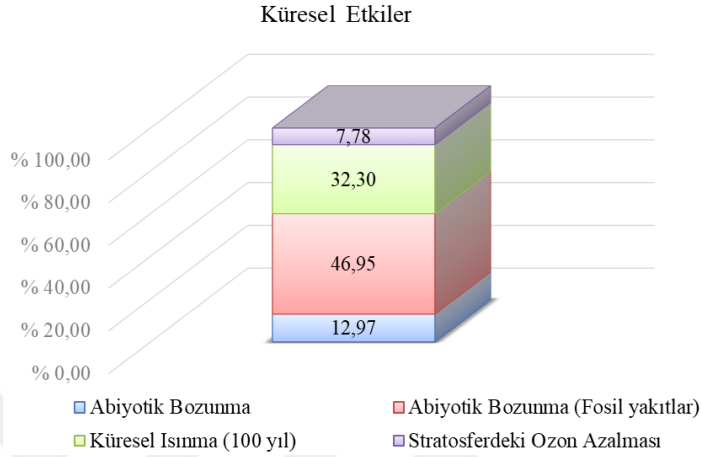
Küresel Etki

1 kg_{safran} üretiminin karakterizasyon değerlendirmesine göre, küresel ısınma değeri 63 kg CO₂-eş/kg_{safran}, stratosferdeki ozon azalması değeri 8,3E-05 kg CFC11-eş/kg_{safran}, abiyotik bozunma değeri 0,000128 kg Sb-eş/kg_{safran} ve abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri 839 MJ/ kg_{safran} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Normalleştirme değerlendirmesine göre, küresel ısınma değeri 1,52E-12, stratosferdeki ozon azalması değeri 3,66E-13, abiyotik bozunma değeri 6,1E-13 ve abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri 2,21E-12 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

Küresel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde, abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkisinin (% 46,95) küresel etkiye en fazla sebep olduğu

saptanmıştır. Bu nedenle, gelecek nesillere aktarılabilecek olan doğal kaynaklar özellikle fosil yakıtların azalabileceği varsayılmaktadır. Fosil yakıtlarla çalışan taşımacılığa ve sanayiye oldukça olumsuz şekilde etkileyecek, ekonomik sıkıntılar görülebilecektir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Küresel etkilerin yığılmış tablosu

Küresel etkiye oldukça yüksek oranda sebep olan diğer bir etkide, küresel ısınma (% 32,30) etkisidir. Bu nedenle, kutuplarda erime, toprakta nem kaybı, mevsimlerde farklılık, rüzgar ve okyanus hareketlerinde değişimler kısacası iklim değişikliği olabileceği varsayılmaktadır. Bunun sonucunda ekosistemdeki canlılarda ve özellikle insanlarda sağlık sorunları görülebilecektir.

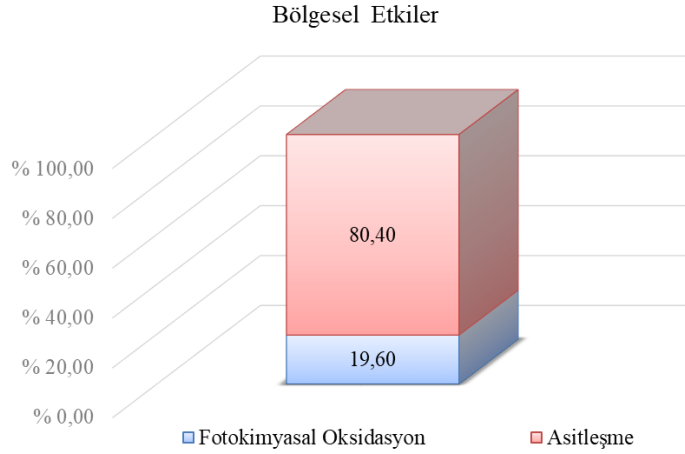
Bölgesel Etki

1 kg_{safran} üretiminin karakterizasyon değerlendirmesine göre, fotokimyasal oksidasyon değeri 0,00878 kg C₂H₄-eş/kg_{safran} ve asitleşme değeri 0,234 kg SO₂-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Normalleştirme değerlendirmesine göre fotokimyasal oksidasyon değeri 2,39E-13 ve asitleşme değeri 9,8E-13 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

Bölgesel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde, asitleşme etkisinin (% 80,40) bölgesel etkiye en fazla sebep olduğu saptanmıştır. Bu nedenle ürünün yetiştirildiği bölgede asit yağmurları, korozyon ve sulu alanlarda

asitleşme görülebileceği varsayılmaktadır. Bu da yetiştirilen başka ürünlerin zarar görülebilecektir. Malzemeler yıpranabilecektir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Bölgesel etkilerin yığılmış tablosu

Yerel Etki

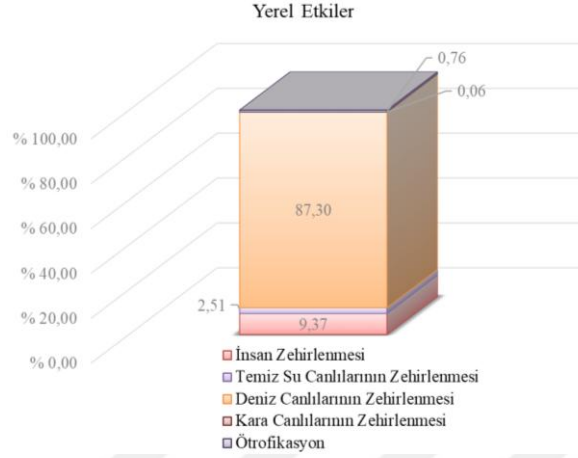
1 kg_{safran} üretiminin karakterizasyon değerlendirmesine göre, insan zehirlenmesi değeri 9,39 1.4-DB-eş/kg_{safran}, temiz su canlılarının zehirlenmesi değeri 2,31 1.4-DB-eş/kg_{safran}, deniz canlılarının zehirlenmesi değeri 6580 1.4-DB-eş/kg_{safran}, kara canlılarının zehirlenmesi değeri 0,0269 1.4-DB-eş/kg_{safran} ve ötrofikasyon değeri 0.0469 kg PO₄-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Normalleştirme değerlendirmesine göre, insan zehirlenmesi değeri 3,65E-12, temiz su canlılarının zehirlenmesi değeri 9,75E-13, deniz canlılarının zehirlenmesi değeri 3,4E-11, kara canlılarının zehirlenmesi değeri 2,46E-14 ve ötrofikasyon değeri 2,96E-13 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

Yerel etkiye sebep olan etki kategorileri kendi aralarında değerlendirildiğinde, deniz canlılarının zehirlenmesi etkisinin oldukça yüksek (% 87,30) olduğu saptanmıştır. Bu etki aynı zamanda, yerel olarak çevreyi oldukça olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle; safranın yetiştirildiği yerdeki deniz canlılarında (denize yakı bir yer ise) ve biyoçeşitlilikte azalma olabilir (Şekil 4.19).

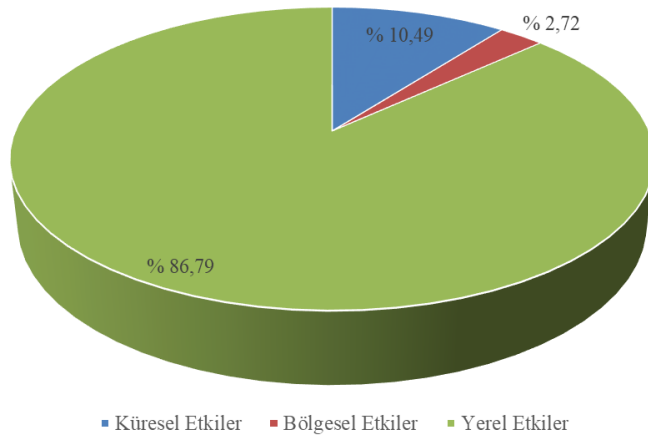
Deniz canlılarının zehirlenmesi etkisini insan zehirlenmesi takip etmektedir. İnsan zehirlenmesi etkisini de temiz su canlılarının zehirlenmesi takip etmektedir. Bu nedenle,

safranın yetiştirildiği yerdeki temiz su canlıları ve ticari veya hobi balıkçılığı azalabileceği varsayılmaktadır.



Şekil 4.19. Yerel etkilerin yığılmış tablosu

1 kg_{safran} üretiminin küresel, bölgesel ve yerel olarak olabilecek etkileri birbirine göre kıyaslandığında, % 86,79 oranında yerel etkiye sebep olduğu saptanmıştır. Bunu sırasıyla küresel ve bölgesel etkiler takip etmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Etkilerin yorumlanması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Enerji Kullanım Etkinliğine İlişkin Sonuçlar ve Öneriler

Safran üretiminin enerji kullanım etkinliğine ilişkin belirlenen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ Birim alan (ha) için toplam 29517,75 MJ insan işgücü enerjisi tüketilmektedir. İnsan işgücü enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam tarımsal enerji girdisine oranı, % 45,19 olarak belirlenmiştir.
- ✓ İnsan işgücü enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdi oranlarına kıyasla ilk sırada gelmektedir.
- ✓ Birim alan (ha) için toplam 23016,71 MJ soğan enerjisi tüketilmektedir. Soğan enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam tarımsal enerji girdisine oranı, % 35,24 olarak belirlenmiştir.
- ✓ Soğan enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdi oranlarına kıyasla insan işgücü enerjisinden sonra ikinci sıradadır.
- ✓ Birim alan (ha) için toplam 8360,42 MJ makina enerjisi tüketilmektedir. Makina enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam tarımsal enerji girdisine oranı, % 12,80 olarak belirlenmiştir.
- ✓ Makina enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdi oranlarına kıyasla soğan enerjisinden sonra üçüncü sıradadır.
- ✓ Birim alan (ha) için toplam 4426,28 MJ yakıt enerjisi tüketilmektedir. Yakıt enerjisi girdisinin, üretimde kullanılan toplam tarımsal enerji girdisine oranı, % 6,78 olarak belirlenmiştir.
- ✓ Yakıt enerjisi girdisi, üretimde kullanılan diğer girdi oranlarına kıyasla makina enerjisinden sonra son sırada saptanmıştır.
- ✓ Birim alan (ha) için tarımsal enerji girdisi 65321,16 MJ olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Birim alan başına (ha) 33944,03 MJ/ha doğrudan enerji girdisi (% 51,96) ve 31377,13 MJ/ha dolaylı enerji girdisi (% 48,04) saptanmıştır.
- ✓ Birim alan başına (ha) 52534,46 MJ/ha yenilenebilir enerji girdisi (% 80,42) ve 12786,70 MJ/ha yenilenemeyen enerji girdisi (% 19,58) saptanmıştır.

- ✓ Birim alan (ha) için 4,81 kg safran stıgması ve 4633,34 kg safran soğanı verimleri elde edilmiştir.
- ✓ Tarımsal enerji çıktıısı; safran stıgması verimine bağlı olarak birim alan (ha) başına 95,05 MJ olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Tarımsal enerji çıktıısı; safran stıgması ve soğanı verimlerinin toplamı hesaba katıldığında birim alan (ha) başına 64081,47 MJ olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Üretim sonucundaki enerji oranı, stıgma verimine göre 0,0015 ve stıgma+soğan verimlerine göre 0,98 olarak belirlenmiştir.
- ✓ Üretim sonucundaki özgül enerji, stıgma verimine göre 1350,28 MJ/kg ve stıgma+soğan verimlerine göre 14,08 MJ/kg olarak belirlenmiştir.
- ✓ Üretim sonucundaki enerji üretkenliği, stıgma verimine göre 0,00007 kg/MJ ve stıgma+soğan verimlerine göre 0,07 kg/MJ olarak belirlenmiştir.
- ✓ Üretim sonucundaki net enerji verimi, stıgma verimine göre -65226,12 MJ/ha ve stıgma+soğan verimlerine göre -1239,69 MJ/ha olarak belirlenmiştir.

Öneriler:

- ✓ İnsan işgücünü azaltmaya yönelik tarım makinaları üretimi gerçekleştirilmelidir.
- ✓ Üretim işlemlerinde kullanılan tarım makinaları ile çalışma sırasında gerçekleşen yakıt tüketimleri dikkatli bir şekilde izlenmelidir.
- ✓ Tarım makinaları tam yükte, verimli olarak çalıştırılalı ve gücü küçük olan traktörler tercih edilmelidir.

5.2. Tarımsal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine İlişkin Sonuçlar ve Öneriler

Safran üretiminin TYDD'sine ilişkin belirlenen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- ✓ Abiyotik bozunma değeri, 0,0001276 kg Sb-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Abiyotik bozunmaya etkisi en fazla olan süreç, % 56,80lik oranla dizel yakıt kullanımıdır.
- ✓ Abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) değeri, 839,04 MJ/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Abiyotik bozunmaya (fosil yakıtlar) etkisi en fazla olan süreç, % 96,68'lik oranla dizel yakıt kullanımıdır.
- ✓ Küresel ısınma değeri, 63,50 kg CO₂-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.

- ✓ Küresel ısınmaya etkisi en fazla olan süreç, % 80,43 oranla toprak işleme aşamasıdır.
- ✓ Stratosferdeki ozon azalması değeri, 0,000083 kg CFC11-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Stratosferdeki ozon azalmasına etkisi en fazla olan süreç, % 99,61'lik oranla dizel yakıt kullanımınıdır.
- ✓ İnsan zehirlenmesi değeri, 9,39 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ İnsan zehirlenmesine etkisi en fazla olan süreç, % 45,71'lik oranla dolaylı olarak pulluk üretimidir.
- ✓ Temiz su canlılarının zehirlenmesi değeri, 2,31 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Temiz su canlılarının zehirlenmesine etkisi en fazla olan süreç, % 49,52'lik oranla dolaylı olarak pulluk üretimidir.
- ✓ Deniz canlılarının zehirlenmesi değeri, 6580 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Deniz canlılarının zehirlenmesine etkisi en fazla olan süreç, % 50,07'lik oranla dizel yakıt kullanımınıdır.
- ✓ Kara canlılarının zehirlenmesi değeri, 0,0269 kg 1.4-DB-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Kara canlılarının zehirlenmesine etkisi en fazla olan süreç, % 34,02'lik oranla toprak işleme aşamasıdır.
- ✓ Fotokimyasal oksidasyon değeri, 0,00878 kg C₂H₄-eş/kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Fotokimyasal oksidasyon etkisi en fazla olan süreç, % 63,33'lik oranla dizel yakıt kullanımınıdır.
- ✓ Asitleşme değeri, 0,234 kg SO₂-eş /kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Asitleşmeye etkisi en fazla olan süreç, % 63,28'lik oranla toprak işleme aşamasıdır.
- ✓ Ötrofikasyon değeri, 0,0469 kg PO₄-eş /kg_{safran} olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Ötrofikasyona etkisi en fazla olan süreç, % 72,30'lik oranla toprak işleme aşamasıdır.
- ✓ Normalleştirilme sonucunda etki kategorileri arasında en fazla çevresel etki, deniz canlılarının zehirlenmesi olarak belirlenmiştir. Deniz canlılarının zehirlenmesini, sırasıyla, insanların zehirlenmesi ve abiyotik bozunma (fosil yakıtlar) etkileri takip etmektedir.
- ✓ En fazla (% 86,79) yerel etkiye sebep olmaktadır.

Öneriler:

- ✓ Dizel yakıt kullanımına dikkat edilmelidir.
- ✓ Türkiye için tarım ürünleri bazında yaşam döngüsü envanter veri tabanları oluşturulmalıdır.



KAYNAKLAR

- Asil, H., 2015. Farklı hormon uygulamalarının ve soğan kesme yöntemlerinin Safran (*Crocus sativus* L.) bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Hatay.
- Anonymous, 2019. <http://www.tractordata.com/farm-tractors/005/9/4/5949-ford-6610-dimensions.html> erişim tarihi: 31.05.2019
- Bakhtiari, A.A., Hematian, A., Sharifi, A., 2015. Energy analyses and greenhouse gas emissions assessment for saffron production cycle. **Environmental Science and Pollution Research**, 22: 16184-16201.
- De D., Singh, R.S., Chandra, H., 2001. Technological impact on energy consumption in rainfed soybean cultivation in Madhya Pradesh. **Applied Energy**, 70 (3), 193-213
- Deo, B., 2003. Growing saffron-the world's most expensive spice. **Crop Food Res.** 20, 1-4.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. **Doktora Tezi**, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Farrell, A.E., Plevin, R.J., Turner, B.T., Jones, A.D., O'hare, M., Kammen, D.M., 2006. Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals. **Science**, 311:506–508.
- Feizi, H., Sahabi, H., Karbasi, A., 2015 Saffron: An efficient crop production system in energy use in Iran. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**, 2 (1): 38-41.
- Gümüsoğlu İ., 2002. Altın değerinde bitki Safran (*Crocus sativus* L.). **Safranbolu Hizmet Birliği Kültür Yayınları**, No:10.
- İpek A., Arslan, N., Sarıhan E.O., 2009. Effects of different planting depth and bulb sizes on yield and yield components of Saffron (*Crocus sativus* L.). **Tarım Bilimleri Dergisi**, 15 (1): 38-46.
- Khanali M., Movahedi M., Yousefi M., Jahangiri S., Khoshnevisan B., 2016. Investigating energy balance and carbon footprint in saffron cultivation – a case study in Iran. **Journal of Cleaner Production**, 115, 162-171.
- Khanali M., Shahvaroughi Farahani, S., Shojaei, H., Elhami, B., 2017. Life cycle environmental impacts of saffron production in Iran. **Environmental Science and Pollution Research**, 24 (5): 4812-4821.
- Kehagias, M.C., Michos, M.C., Menexes, G.C., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Anagnostopoulos, C.D., Kalburtji, K.L., 2015. Energy equilibrium and Carbon dioxide, Methane, and Nitrous oxide-emissions in organic, integrated and conventional apple orchards related to Natura 2000 site. **Journal of Cleaner Production**, 91: 89-95.
- Khoshnevisan B., Bolandnazar E., Barak S., Shamshirband S., Maghsoudlou H., Altameem T.A., Gani A., 2014. A clustering model based on an evolutionary algorithm for better energy use in crop production. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, 29 (8): 1921-1935.
- Mohammadzadeh, A., Damghani, A.M., Vafabakhsh, J., Deihimfard, R., 2018. Environmental and economic analysis of saffron and canola production systems:

- in East Azerbaijan Province of Iran. **International Journal of Plant Production**, 12 (2): 73-83.
- Mohammadzadeh, A., Damghani, A.M., Vafabakhsh, J., Deihimfard, R., 2017. Assessing energy efficiencies, economy, and global warming potential (GWP) effects of major crop production systems in Iran: a case study in East Azerbaijan province. **Environmental Science and Pollution Research**, 24 (20): 16971-16984.
- Nassiri S.M., Singh S., 2009. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. **Applied Energy**, 86 (7-8): 1320-1325.
- Özkan B., Akcaöz H., Fert C., 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. **Renewable Energy**, 29 (1): 39-51.
- Öztürk H.H., 2010. Tarımsal üretimde enerji yönetimi. **Hasad Yayınevi**, Ankara, ISBN 975-8377-78-7.
- Pishgar-Komleh S, Sefeedpari P, Rafiee S, 2011. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. **Energy** 36:5824–5831
- Sahabi H., Feizi H., Karbasi A., 2016. Is saffron more energy and economic efficient than wheat in crop rotation systems in northeast Iran? **Sustainable Production and Consumption**, 5: 29-35.
- Shahraki, E.M., Jami Al-Ahmadi M., Behdani, M.A., 2010. Study of energy efficiency of saffron (*Crocus sativus* L.) in Southern Khorasan. **Journal of Agroecology**, 2 (1): 55-62.
- Şaltu Z., 2002. Safran'ın (*Crocus sativus* L.) biyolojik özellikleri. **Yüksek Lisans Tezi**, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Valizadeh N., Arslan N., 2014. İran'da Safran tarımı ve endüstrisi, **II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu**, Poster 63, 23-25 Eylül 2014, Yalova.
- Yousefi M, Damghani AM, Khoramivafa M (2016) Comparison greenhouse gas (GHG) emissions and global warming potential (GWP) effect of energy use in different wheat agroecosystems in Iran. **Environ Sci Pollut Res** 23:7390–7397

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1993 yılında Adana ilinin Yumurtalık ilçesinde doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Liseyi Adana’da tamamladı. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünden 2016 yılında mezun oldu. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Eylül 2016 tarihinde Yüksek Lisans öğrenimine başlamış olup devam etmektedir.

