

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞEKER PANCARI VE ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE
YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE ÇEVRESEL
ETKİLERİN BELİRLENMESİ

Hazırlayan
Mehmet CANITEZ

Danışmanlar
Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL
Prof. Dr. NİĞMET UZAL

Yüksek Lisans Tezi

Eylül 2022
KAYSERİ

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞEKER PANCARI VE ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE YAŞAM
DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİN
BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Mehmet CANİTEZ

Danışmanlar
Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL
Prof. Dr. NİĞMET UZAL

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FKA-2020-10068 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Eylül 2022
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mehmet Canitez

İmza

XXXXXX

“Şeker Pancarı ve Şeker Üretim Sürecinde Yaşam Döngüsü Analizi ile Çevresel Etkilerin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Mehmet CANITEZ

İmza

Danışmanlar

Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL

İmza

Prof. Dr. Niğmet UZAL

İmza

Çevre Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Oktay ÖZKAN

İmza

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı esirgemeyen, bana hayatımın her döneminde örnek olmuş, yanında çalışmaktan onur duyduğum saygı değer danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL'e, eş danışmanım Prof. Dr. Niğmet UZAL'a ve ekip arkadaşım Sedat GÜLÇİMEN'e saygıyla ve en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen beni büyük fedakârlıklarla bugünlere getiren sevgili annem ile babama çok teşekkür ederim.

Bu çalışmayı FKA-2020-10068 kodlu proje ile destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi çalışanları ve yetkililerine analiz süresince vermiş oldukları katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Mehmet CANITEZ

Eylül 2022, KAYSERİ

ŞEKER PANCARI VE ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİN BELİRLENMESİ

Mehmet CANITEZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2022

Danışmanlar: Dr. Öğr. Üyesi Evrim KARAÇETİN BELL

Prof. Dr. Niğmet UZAL

ÖZET

Çevresel sorunların her geçen gün artmasıyla birlikte mevcut üretim yöntemlerinin çevreye olan etkilerinin ölçülmesi, azaltılması ön plana çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında ülkemiz için çok önemli bir yere sahip olan şeker pancarı ve şeker pancarından şeker üretimi sürecinde geçen tüm aşamalarda ortaya çıkan çevresel etkiler SimaPro 9.2.0.2 yazılımı kullanılarak ve TS EN ISO 14040, TS EN ISO 14044 standartlarına uygun olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışması ile hesaplanmıştır. Çevresel etki hesaplamaları Ecoinvent veri tabanı kullanılarak ReCiPe 2016 orta nokta (H) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında Kayseri’de faaliyette bulunan şeker pancarı beşikten kapıya yaklaşımıyla hesaplanmış ve çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Çalışma temel olarak iki bölümden oluşmakta olup, ilk bölümde şeker pancarının tarla aşamasında üretimi, ikinci bölümde ise şeker üretiminin fabrika aşamasındaki çevresel etkileri beşikten kapıya yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk bölümü kapsamında Kayseri’de farklı bölgelerde üretim yapan sekiz şeker pancarı üreticisi ile bire bir görüşmeler yapılarak veriler toplanmıştır. Şeker pancarı üretim aşamasında çevresel etkisi en yüksek tarım faaliyetlerinin sulama ve gübreleme olduğu belirlenmiş, sulamanın çevresel etkisinin yeraltı suyu kullanan üreticilerde daha az olduğu bulunmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında fabrikada şeker üretiminin çevresel etkileri küresel ısınma, ekotoksikite ve su tüketimi hesaplanmıştır. Fabrikadaki şeker üretim süreçleri ile ilgili girdiler ve çıktılar toplanarak YDD yapılmıştır. Şeker üretiminin fabrika aşamasındaki çevresel etkilerinin temel olarak ham fabrika aşamasından kaynaklandığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Etki; Karbon Ayak İzi; Şeker Pancarı; Şeker Üretimi; Yaşam Döngüsü Analizi

DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL EFFECTS ON SUGAR AND SUGAR BEET PRODUCTION PROCESSES BY LIFE CYCLE ASSESSMENT

Mehmet CANITEZ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, September 2022

Supervisors: Asst. Prof. Dr. Evrim KARAÇETİN BELL

Prof. Dr. Niğmet UZAL

ABSTRACT

As environmental problems escalate, measuring and reducing the environmental impacts of existing production methods become extremely important. Sugar beet and sugar production have significant economic contribution in Türkiye. In this thesis, the environmental impacts of all stages of the sugar production process were evaluated using a Life Cycle Assessment (LCA) in accordance with TS EN ISO 14040, TS EN ISO 14044 standards using SimaPro software.

In the first part of the study, one-to-one interviews were conducted with nine sugar beet producers located in different regions in Kayseri. Environmental impacts were calculated using the ReCiPe 2016 midpoint (H) approach using the Ecoinvent database. Results suggest that the major agricultural activities with the highest environmental impact was irrigation and fertilization, and the environmental impact of irrigation was less in producers using groundwater. In the second phase of the study, the environmental impacts of sugar production in the factory were calculated. LCA was the major methods after collecting the inputs and outputs related to the sugar production processes in the factory. The environmental impacts of sugar production at the factory stage were mainly caused by the raw factory stage.

In this study, sugar beet and sugar production in Kayseri were evaluated with a cradle-to-door approach and suggestions were presented for reducing environmental impacts.

Keywords: Carbon Footprint; Life Cycle Assessment; Environmental Impacts; Sugar Beet, Sugar production

İÇİNDEKİLER

ŞEKER PANCARI VE ŞEKER ÜRETİM SÜRECİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİN BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Şeker Pancarı ve Şeker Üretiminin Türkiye’deki Durumu.....	3
1.2. Şeker Pancarı Üretimi	4
1.3. Şeker Üretimi	7
1.4 Tarımın ve Şeker Üretiminin Çevresel Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bilimsel Çalışmalar	9
1.5 Tezin amacı ve araştırma soruları.....	15

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Çalışma Alanı	17
2.2. Şeker Pancarı Üretiminin Çevresel Etkisinin Hesaplanması	18
2.3. Tarımda YDD Kullanımı ve Aşamaları	19
2.4. Tarım Aşamasında Cropwat 8.0 Kullanımı	24
2.5. Şeker Üretiminin Çevresel Etkisinin Hesaplanması	27
2.6. Fabrikada YDD Kullanımı ve Aşamaları.....	27

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Şeker Pancarı Üretim Aşamalarının Değerlendirilmesi	30
---	----

3.2 Tarlada Şeker Pancarı Üretiminin Çevresel Etkileri	41
3.3 Fabrikada Şeker Üretiminin Çevresel Etkileri	47

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1.Ana Sonuçlar ve Değerlendirme.....	54
4.2. Şeker Pancarı Üretim Sürecinin Değerlendirilmesi.....	57
4.3.Fabrikada Çevresel Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Öneriler	60
KAYNAKÇA.....	61
EKLER.....	67
EK 1. 2020 yılında üreticilerle iletişim anket formu.....	67
ÖZGEÇMİŞ	71

KISALTMALAR ve SİMGELER

TS EN	: Türk Standartları Enstitüsü
ISO	: İnternational Organization for Standardization
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi
LCA	: Life Cycle Assesstment
DAP	: Di Amonyum Fosfat
AS	: Amonyum Sülfat

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Tarlada üretim aşamasındaki üretim aşamalarına bağlı olarak toplanan girdiler	21
Tablo 2.2. Envanter aşamasında prosesler bazından toplanan veri başlıkları.	30
Tablo 3.1. Şeker pancarı üretiminde kullanılan girdiler (fonksiyonel birim: 1 ha tarım alanı, B: Baraj suyu, A: Akarsu, Y: Yeraltı suyu).	36
Tablo 3.1 devamı	37
Tablo 3.2. Üreticilerin hektar başına ürettikleri ürün miktarı.	38
Tablo 3.3. Şeker pancarı üretiminde kullanılan girdiler ve miktarları (fonksiyonel birim: 1 ton şeker, B: Baraj suyu, A: Akarsu, Y: Yeraltı suyu).	39
Tablo 3.4. Yeşilhisar meteoroloji istasyonu iklimsel verileri	25
Tablo 3.5. Bünyan meteoroloji istasyonu iklimsel verileri	26
Tablo 3.6. Sarioğlan meteoroloji istasyonu iklimsel verileri	26
Tablo 3.7. Şeker pancarı üretimi karakterizasyon tablosu (fonksiyonel birim ha. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)	41
Tablo 3.8. Şeker Pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon tablosu	43
Tablo 3.9. Şeker pancarı üretimi karakterizasyon tablosu (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)	44
Tablo 3.10. Şeker pancarı üretimi normalizasyon tablosu (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)	46
Tablo 3.11. Şeker pancarından şeker üretiminde kullanılan girdiler ve miktarları	48
Tablo 3.11 devamı	49
Tablo 3.12. Şeker üretiminin 1 ton başına çevresel etki kategori değerleri (Karakterizasyon, ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu)	52
Tablo 3.13. Şeker üretiminin 1 ton başına çevresel etki kategori değerleri (Normalizasyon, ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu)	53
Tablo 4.1. Şeker üretiminde yapılan diğer YDD çalışmaları	
Tablo 4.2. Üreticilerin sulama miktarları ve cropwat tahminleri	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Şeker pancarı bitkisi	3
Şekil 2.1. Kayseri ilçe haritası.....	18
Şekil 2.2. YDD Aşamaları	19
Şekil 2.3. Tarlada şeker pancarı üretimi sistem sınırları.....	20
Şekil 2.4. Şeker pancarı üretimi sırasındaki girdiler ve çıktılar	21
Şekil 2.6. Şeker pancarından şeker üretiminin aşamaları	29
Şekil 3.1. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki karakterizasyon grafiği (S:Yüzey suyu kullanıcıları, G:Yeraltı suyu kullanıcıları)	42
Şekil 3.2. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon grafiği.....	43
Şekil 3.3. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki karakterizasyon grafiği (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler).....	45
Şekil 3.4. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon grafiği (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)	46
Şekil 3.5. Şeker üretiminde fabrika aşamasının YDD karakterizasyon sonuçları.....	51
Şekil 3.6. Şeker üretimi normalizasyon grafiği.....	53
Şekil 4.1. Şeker pancarı üretim aşamalarının çevresel etkiler üzerindeki oranı.....	58

GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle küresel iklim değişiminin etkileri yoğun bir şekilde kendisini göstermektedir. Karbon ve su ayak izimiz artmakta, gelecek yılları modelleyen çalışmalar ciddi iklim problemleri ve su kıtlığının yaşanacağına dair tahminleri yayınlamaktadır. Bu sorunların altında yatan en öncelikli insan faaliyetlerinden ikisi sanayi (küresel karbon emisyonlarına katkısı %21) ve tarım (karbon emisyonlarına katkısı %24) olarak gösterilmektedir [1].

İklimsel ve çevresel sorunlar bu derece ön plana çıkarken, ana çözüm yolu öncelikle karbon ve su ayak izinin ve bunun yanı sıra diğer çevresel etkilerin belirlenerek bunların azaltılmasına yönelik çalışmalara geçilmesidir. Bu da temiz üretim kavramını ön plana çıkartmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na göre; Temiz Üretim (İng. Cleaner Production), “önleyici çevre yönetimi stratejilerinin üretim süreci, üretilen hizmet ve ürünler için bütünsel bir şekilde, sürekli olarak uygulanarak, bunlardan kaynaklanan insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki risklerin ortadan kaldırılması ya da azaltılması ve verimliliğin artırılması” olarak tanımlanmaktadır [2]. Ülkemiz sanayileşmiş ülkeler listesinde yer alan, Avrupa Birliği üyeliğine aday konumunda ve sanayisi sürekli büyüme gösteren bir ülkedir ve küresel iklim değişiminin etkilerinden en yoğun şekilde etkilenecek ülkeler arasında bulunmaktadır. İklim değişikliğine sebep olan faaliyetlerin belirlenip önlemlerin alınması ve temiz üretime geçilmesi, sadece çevresel etkilerin azaltılmasını değil, aynı zamanda çevre dostu ürünlerin oluşması ve pazarlanması etkisini de ortaya koyacaktır. Temiz üretime ulaşılmasının ilk yolu ise tüm çevresel etkilerin bütüncül olarak ortaya çıkartılması, çevreyi en olumsuz etkileyen faaliyetlerin belirlenmesi ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik önerilerin oluşturulması aşamasıdır. Bu aşamada ise bütüncül bilimsel araştırmalar yapılması, farklı modelleme yöntem ve araçlarının kullanılarak kıyaslamalar yapılması ve üretim aşamasındaki tüm adımların detaylı incelemesi gerekmektedir.

Bu çalışma, küresel iklim değışimi ve su kıtlığına sebep olan ana faaliyetler olan tarım ve sanayinin bir arada örneklenerek tarlada şeker pancarı üretimi ve fabrikada şeker üretiminin çevresel etkilerini belirlemeyi hedeflemektedir.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Şeker Pancarı ve Şeker Üretiminin Türkiye’deki Durumu

Şeker pancarı ticari ve endüstriyel bir bitkidir [3]. Şeker pancarı (*Beta vulgaris*) üretimi Türkiye’de oldukça önemli tarım ürünlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Şeker pancarı bitkisi genel olarak gıda, çiftlik hayvanlarının yem ihtiyacında ve sanayide kullanılmaktadır (Şekil 1.1.). Şeker pancarı bitkisi yapısından dolayı şeker kamışı bitkisine göre yapısında %25 daha fazla şeker içeriği bulunmaktadır [4].



Şekil 1.1. Şeker pancarı bitkisi

Şeker pancarı, Orta Anadolu iklim koşullarında yetişen alternatifi olmayan önemli bir tarım ürünü olup kırsal kesime sosyoekonomik katma değer sağlamaktadır [5]. 2017 yılında 2.423 köyde, 70.762 üretici tarafından ekim yapılmış, 199.589 hektar alanda

12.677.910 ton şeker pancarı üretilmiştir. Türkiye’de 25 tane fabrika şeker pancarı ana maddesi kullanarak şeker üretmektedir. Şeker pancarından şeker üretiminde Türkiye dünyada 5 ’inci sıradadır [5]. 2019 yılında Türkiye’de şeker pancarı tarımı yaklaşık olarak 310.100 ha alanda yapılmış ve 18.085.528 ton şeker pancarı üretilmiştir ve bu üretim dünyadaki üretimin %6,49’unu oluşturmaktadır [6].

Şeker dünyada 120 farklı ekonomik gelişme gösteren ülke tarafından üretilmektedir. Dünyadaki şeker üretiminin yaklaşık olarak %30’u şeker pancarı bitkisinden elde edilmektedir ve bu %30’luk kısmın büyük bir bölümü gelişmiş ülkelerde gerçekleşirken, diğer %70’lik kısım ise tropikal ikime sahip gelişmeye devam eden ülkelere yetiştirilen şeker kamışı bitkisinden sağlanmaktadır [7]. Şeker pancarı pek çok Avrupa ülkesinde de üretilen ana tarım ürünlerinden bir tanesidir. Avrupa Birliği ülkelerinin %95’inde pancar şekeri üretimi yapılmaktadır. Bu ülkeler daha ucuza kamış şekeri temin edebilecekleri halde pancar şekeri üretiminden vazgeçmemektedirler ki, bunun ana nedeni pancar ziraatının ve sanayisinin üreticilere sağladığı katma değerdir [8]. Ayrıca şeker pancarının yan ürünleri hayvancılıkta kullanılmakta, yakıt ve gıda ürünleri üretiminde hammadde kaynağı olmaktadır [9,10]. İspanya’da yapılmış bir araştırma şeker pancarı üretiminin önemini şu şekilde vurgulamıştır: biyoetanol üretimindeki ana ham maddelerden bir tanesi olan şeker pancarının üretiminin ve üretimde verimliliğin artırılması, İspanya’nın biyoetanol açısından dışa bağımlılığını azaltması konusunda önem taşımaktadır [11]. Önemli enerji kaynaklarından biri olan biyoetanol üretimi Türkiye için de önemli hedeflerden biri olmalıdır.

1.2. Şeker Pancarı Üretimi

Şeker pancarı yetiştiriciliği dünyada mevsimsel farklılıktan dolayı ekim zamanlarında farklılık göstermektedir. Şeker pancarı bitkisi tarımı 38-60° kuzey enlemleri arasında yapılırsa İlkbahar aylarında ekimi başlar sonbahar mevsiminde hasadı yapılmaktadır. Ayrıca 45-60° kuzey enlemleri arasında kalan Akdeniz ülkelerinde (İspanya, Yunanistan, Suriye ve İtalya) ise şeker pancarı bitkisi tarımı yapılıyorsa kışlık şeker pancarı ekimi uygulanmaktadır ve hasadı yaz mevsiminin ortasında yapılmaktadır. Türkiye’de ise bulunduğu konumdan dolayı sadece yazlık şeker pancarı üretimi gerçekleşmektedir [12]. Şeker pancarı bitkisinin büyüüp gelişmesi ve tam olarak olgunlaştığında işlenebilmesi için 180-240 günlük bir süreç gerekmektedir ve tam olarak büyüdüğünde ise ağırlığı 0,5-2,5 kg arasındadır ve olgun bir şeker pancarı

yaklaşık olarak ortalama %17 oranında şeker içermektedir. Ancak bu değer tohum cinsine, yetiştirildiği bölgenin coğrafi özelliklerine ve bakım şartlarına göre değişiklik gösterebilmektedir.

Şeker pancarı iki yıllık (bienal) bir bitki olup, ilk yılında kök ve yaprakları büyür ve kök bitkisi olduğu için şeker kök kısmından elde edilir, ikinci yılında ise tohum oluşturur. Şeker üretimi yapılacaksa hasat ilk yılın sonunda gerçekleştirilir, tohum elde edilecekse yeteri kadar tohum alınabilecek kadar ekilen alan ikinci sene sonunda tohum alınması için bırakılır [13]. Türkiye’de ki üreticilerin büyük bir kısmı tohumunu satın almakta bu sebeple tohum üretimi yapmamaktadır.

Şeker pancarı su ihtiyacı yüksek olan bir bitkidir. Türkiye’de Ege, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde üretilen şeker pancarı sözleşmeli üretim ile gerçekleştirilmektedir [14].

Şekerin tarlada üretimi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- i. Toprak hazırlığı: Toprağın yapısında kum, kil ve sualtı tozu gibi toprak geçirimsizliğini etkileyen malzemeler bulunmaktadır. Şeker pancarı bitkisi kumlu, killi ve torflu yapıya topraklarda yetişebilmektedir. Bu tür toprakların su geçirimsizliği birbirlerinden farklıdır. Toprak işleme, toprağı havalandırmak ve gevşetmek toprağı karıştırma yoluyla toprağın yapısını düzenlemek için traktörün arkasına takılan tarım aletleriyle yapılmaktadır ve iki aşamadan oluşmaktadır. Şeker pancarı bitkisi için toprak hazırlığı yaz mevsiminin sonunda dinlendirilmiş olan arazide veya bir önceki yılın ürününün hasadının gerçekleştirilmesiyle birlikte toprağın işlenmesiyle başlamaktadır. İlk gerçekleştirilen toprak işleme sonraki yapılan toprak işlemeye göre derindir ve bu gerçekleştirilen aşamanın ardından ikincil toprak işleme gelmektedir [13].
- ii. Gübreleme: Gübreleme toprağın daha verimli hale gelmesi için toprağı traktör yardımıyla veya sulama işlemiyle birlikte kimyasal element karıştırma işlemidir ve şeker pancarı ve diğer tarımsal ürünlerin üretilmesi için en önemli işlemlerinden biridir. Gübreleme işlemi, organik gübreleme ve kimyevi gübreleme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Organik gübreleme içerisinde ölü bitki artıkları, hayvan dışkıları ve hasat işleminde tarımsal ürünlerde kopma ve kırılmalardan dolayı tarımsal ürünlerin köklerinin uç kısımları ve yapraklarından

oluşmaktadır ve miktarı sınırlıdır. Kimyasal gübrelerin içeriği farklıdır ve günümüzde artan dünya nüfusunun gıda arzının karşılanabilmesi için kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Kimyasal gübreler, tek bir besin element maddesi içeren gübreler ve bileşimli besin maddesi içeren gübreler olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır [13].

- iii. Sulama: Şeker pancarı bitkisi yetiştirilme döneminde 500-800 mm su tüketebilmektedir [15]. Şeker pancarı bitkisinin su ihtiyacı hava ve iklim koşulları, ekim yoğunluğu ve ekimin yapılacağı tarihle bağlantılı olmaktadır [16]. Şeker pancarı bitkisi uzun süren yetiştirme döneminden dolayı yüksek su gereksinimlerine ihtiyaç duyabilir. Ancak sulu tarım için en büyük zorluk sınırlı ve su kaynaklarının yetersizliğidir [17]. Türkiye’de birçok bitki gibi şeker pancarı bitkisi de 1980’li yılların başına kadar karık sulama veya sınır sulaması ile sulanmaktaydı. Gelişen sulama teknolojisi, çiftçi koşulları, işçilik, sulama verimliliği ve su tasarrufu gibi birçok farklı nedenden dolayı sulama sistemleri çeşitleri yıldan yıla artış göstermektedir. Günümüzde ise şeker pancarı bitkisi damlama veya yağmurlama sistemleri kullanılarak sulanmaktadır [15].
- iv. İlaçlama: Şeker pancarı bitkisinin, Cercospora beticola, Rhizomania (kök sakallanması), Külleme, Fusarium, Sarılık, Curly Top ve Rhizoctania başlıca hastalıklarındandır [18]. Hastalıklarla mücadelede münavebeli ekim yapmak, ekimde hastalıklara dayanıklı çeşitleri tercih etmek ve çeşitli etken madde kullanımı yaparak mücadele edilebilmektedir [19].
- v. Yabani ot mücadelesi: Şeker pancarı üretiminde yabancı ot mücadelesi çok önemlidir çünkü verimi direkt olarak etkiler. Şeker pancarı üretiminde son 30 yılda yabancı ot mücadelesi üretim verimini artırmıştır. Yabani otlar, ışık, besin maddeleri ve su kaynakları için şeker pancarı bitkisi ile rekabet eder ve kontrol edilmediği takdirde mahsulün büyümesini ve gelişmesini etkileyebilir. Şeker pancarı bitkisi ile birlikte veya kısa bir süre sonra ortaya çıkan, ekim bitkisinden daha uzun büyüyen ve alansal olarak büyük gölgesi olan, çoğunlukla geniş yapraklı türler olan yıllık yabancı otlardır. Sonuç olarak, bu yabancı otların yoğunluğu arttıkça ışık daha sınırlı hale gelmekte birlikte şeker pancarının kullanacağı suyu ve besini kullanacağından dolayı kök verimi ve şeker verimi düşmektedir [20].

- vi. Hasat: Şeker pancarı hasadı genellikle Ekim ayı ile Aralık ayı arasında ile gerçekleşmektedir. Hasat işlemi, hava koşullarına, sıcaklığa ve şeker pancarı hasadı yapıldıktan sonra şeker pancarını depolama şekli ve zamanına bağlıdır. Hasat yapıldıktan sonra hava sıcaklığı 15 °C'nin altında olmalıdır, çünkü şeker pancarı siloları yığılmadan dolayı sıcak olacağından az şeker kaybı olması için serin bir havada depolanması gerekir. Şeker pancarı hasadı için iki tip makine kullanılmaktadır; Traktörün arkasına bağlanan hasat makineleri tek sıralıdır, kendinden motorlu şeker pancarı hasat makineleri ise 2,4,6,8 sıralı olarak değişmektedir [13].

1.3. Şeker Üretimi

Şeker pancarından şeker üretim prosesi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- i. Meydan İşleri ve Şeker Pancarının İşletmeye Alınması: Şeker pancarının hasat zamanının gelmesiyle birlikte hasadı yapılan pancarlar fabrikaya traktör, kamyon vb. araçlarla getirilir ve tartılır. Tartılan her araçtan bir şeker pancarı numunesi alınarak gelen her aracın toprak, taş, yabancı madde vb. firesi ve şeker pancarının yüzdesel olarak şeker oranı belirlenir. Fire ve şeker oranı belirlendikten sonra gelen pancar basınçlı su ile ya da mekanik yolla boşaltılır. Boşaltılan pancarlar taşıyıcılar ile silolara sevk edilir. Silolarda bulunan pancar, yüzdürme kanallarından ya da kamyonlar aracılığıyla fabrikaya taşınır. Pancar yüzdürme kanalları ile fabrikaya taşınan şeker pancarları içindeki otlar kanalların üst kısmında bulunan ot ve taş tutucuda giderilir [21].
- ii. Pancarın Yıkama: Toprağından, taşlardan, kumdan kısmen ayrılan şeker pancarları yıkama havuzunda yıkanır. Yıkama havuzunun tabanında pancarın üzerindeki toprak, kum, pancar kuyruğu, taşlar, yabancı madde vb. ayrılır. Yıkama işlemi; ön yıkama ve son yıkamadan oluşmaktadır. Yıkama işlemindeki amaç pancar ile birlikte fabrikaya gelen taş, çamur, toprak ve pancar kuyruğundan pancarı arındırmaktır [13].
- iii. Pancarın Dilimlenmesi: Şeker pancarı bunkere gönderilerek kıyım makinelerinde pancar dilim şeklini alacak biçimde kıyılır. Pancar bıçaklarında kıyılan pancar kıyımları taşıma bandında haşlamaya verilir [13].

- iv. Şerbet Üretimi: Kıyımlar haşlama kısmına alınarak burada sıcak su ile muamele edilerek kıyımların içerisinde bulunan şeker alma işlemi başlar. Isıtma işlemi bir kazandan alınan sıcak şerbet ile yapılır. Haşlama teknesinde pancar kıyımlarının posası ayrılır ve sirkülasyon işlemi devam ederek şeker alma işlemi sürekli olmaktadır [13].
- v. Şerbetin Kireçlenmesi: Difüzyondan alınan ham şerbetin içerisindeki şeker dışındaki maddelerin giderilmesidir. 1. kireçleme sonunda şeker dışı maddeler çöktürülür ve süzülme için hazırdır. Daha sonra 2. Kireçleme yapılarak şerbet içerisindeki invert şeker parçalanır ve bakteri faaliyeti durur [13].
- vi. Şerbetin Karbonatlaması: Şerbet kireçlemeden sonra karbonatlama işlemine gönderilir. Kireçlenmiş şerbet üst kısımdan verilirken karbondioksit gazı ise alt taraftan verilir. Çöktürme işlemi gerçekleşmiş olan şerbet karbonatlama kısmının alt tarafından alınır. I. Karbonatlama sonunda şerbetin çamurlu kısmı, yoğunluk farkından oluşan çamurun dibe çöktürülmesiyle dekantörde çöktürülür. Dekantörün üst kısmında berrak şerbet, alt kısmında ise çamurlu şerbet biriktirilir. Filtrasyona uğrayan I. Karbonatlama şerbeti, içindeki kalan kireci de alabilmek için II. Karbonatlama işlemine tabi tutulur. II. Karbonatlama işleminde I. Karbonatlama işlemi gibi gerçekleşmektedir [13].
- vii. Şerbetin Koyulaştırılması: Filtrasyon işlemi yapılan şerbet ısıtıcılardan geçirilerek birinci buharlaştırıcıya alttan girer, boruların dışındaki ısıtıcıların buharının etkisiyle buharlaşarak yükselir ve 2. kademe buharlaştırıcıya geçer. Brüde olarak adlandırılan şerbet buharı ise, aparatın üstünden alınır ve sonraki buharlaştırıcının buhar bölümüne aktarılır. Beş kademeli buharlaştırıcıların beşinci buharlaştırıcısı üstten kondensere bağlıdır. Böylece tüm buharlaştırıcılarda kademeli olarak basınç düşürülmüş ve şerbetin kaynaması kolaylaştırılmış ve buharlaştırıcılardaki yüksek sıcaklık nedeniyle sakarozun parçalanması önlenmiş olur. Son kademedeki buharlaştırıcıdan elde edilen şerbete koyu şerbet denir [13].
- viii. Koyu Şerbetin Rafinasyonu: Rafineride ilk işlem koyu şerbetin süzülmesidir. Süzülen şerbete daha sonra kristalizasyon işlemi uygulanır. Kristalizasyon işlemi; vakum altında çalışan ve bir buhar kamarası aracılığıyla ısıtılan, dikey silindir kazanlarda yapılır. Pişirim başlangıcında önce buhar kamarasının üstüne kadar

pişirim için gerekli şurup kazana çekilir ve buharlaştırılarak aşırı doymun hale gelinceye kadar koyulaştırılır. Kristal şeker lapası soğutuculara alınır [22].

- ix. Şekerin Kurutulması ve Ambalajlanması: Santrifüjlerden çıkan şeker kurutma ünitesine taşınır. Karıştırılarak sıcak hava ile kurutulan şeker soğutularak kristal şeker bunkerine gönderilir. Kristal şeker depoya girmeden önce elenir. Artık kristal şeker elde edilmiş olup, ambalajlama işlemine hazırdır [21].

1.4 Tarımın ve Şeker Üretiminin Çevresel Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bilimsel Çalışmalar

Şeker pancarı ve şeker üretiminden oldukça önemli ekonomik bir getiri elde edilmesine rağmen, özellikle çevresel etkileri konusunda pek çok önyargı bulunmaktadır. Özellikle tarlada şeker pancarı üretiminin su tüketimi ve diğer çevresel etkileri hakkında oldukça olumsuz görüşler söz konusudur. Ancak, Türkiye’de şeker pancarı üretimi ve şeker üretiminde enerji kullanımının hesaplandığı sınırlı sayıda çalışma varken [23], [24] çevresel etkilerin belirlendiği çalışma neredeyse yoktur. Ayrıca Türkiye’de tarladaki tohum aşamasından şekerin fabrikada üretimine kadar tüm çevresel etkileri bütüncül olarak değerlendiren bir çalışma da literatür taramalarımızda bulunamamıştır. Şeker pancarı üretiminden uzaklaşılarak, sağlıklı olduğu bilimsel olarak tartışılan nişasta bazlı ürünlere yönelmeden önce, şeker pancarı ve pancardan şeker üretiminin çevresel etkilerinin detaylı bir şekilde araştırılması ve varsa bu etkilerin azaltılması için önerilerin oluşturulup uygulanması gerekmektedir.

Günümüzde ön plana çıkan çevresel etkilerin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi, iklim değişimi üzerindeki etkileri direkt olarak ölçme yetisi sebebiyle, karbon ayak izinin hesaplanmasıdır. Karbon ayak izi, insan faaliyetlerinin karbondioksit cinsinden ölçülen ve üretilen sera gazı miktarı açısından çevreye verdiği zararın ölçüsüdür. Karbon ayak izi ikiye ayrılır: Birincil (doğrudan) ayak izi ve ikincil (dolaylı) ayak izi. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım (otomobil ve uçak gibi) dâhil olmak üzere fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarına kadar olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Karbon ayak izi kurumlarca; yasal zorunluluklar, kurumsal sosyal sorumluluk, müşteri veya yatırımcı talepleri, pazarlama ve kurum imajı, zorunlu veya

gönüllü sera gazı emisyonu azaltımı ve de emisyon ticaret mekanizmalarına katılım amacıyla hesaplanmaktadır [25]. Tarımsal sistemler de pek çok tarım faaliyetleri sebebiyle sera gazı emisyonlarına sebep olabilmektedir. Türkiye’de yapılmış bir çalışmaya göre endüstri sektörü sera gazı salınımında %13 ile ikinci, tarım sektörü ise %12 ile üçüncü sırada bulunmaktadır. Tarım ürünleri içinde de ikinci sırada şeker pancarı bulunmaktadır [26].

İklim değişimi ve diğer insan faaliyetlerinin gelecekte sebep olacağı önemli çevresel sorunlardan bir tanesi de kuraklık ve su kıtlığı olarak karşımıza çıkmaktadır. İklim değişiminin gelecekteki su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisinin yüksek olduğu modellensede, günümüzde yeraltı su kaynaklarının azalmasındaki ana sebep tarım amaçlı su kullanımıdır. Küresel su çekilmelerinin %70’inden tarım sektörü sorumlu kabul edilmektedir [27]. Bu sebeple gerek tarım gerekse sanayi sektörlerinde ne kadar su tüketildiğinin hesaplanması ve bu su kullanımının azaltılıp azaltılamayacağı ülkelerin öncelikli hedefleri arasında olmaktadır. Bu projede hedeflenen aşamalardan birisi de şeker pancarı üretiminin su tüketiminin miktarlarının hesaplanarak en az su tüketimine olanak sağlayan yöntemlerin belirlenmesini sağlamaktır.

Çevresel etkilerin hesaplanması konusunda günümüzde en yaygın olarak kullanılan ve giderek kullanımı artan ve 1997 yılında yayınlanmış olan ISO 14000 serisi ile standartlaştırılmış yöntem olan Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)’dir [28]. Bu yaklaşımda bir ürünün üretim aşamasındaki tüm prosesleri, tüm girdi ve çıktıları modellenerek çevresel etkisi bütüncül olarak hesaplanabilmektedir. YDD, pek çok ürünün çevresel etkilerini ölçmede en etkili araçlardan bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle endüstriyel ürünlerin tüm çevresel etkilerini ölçmekte yaygın ve etkin olarak kullanılmakta, kuruluşlar YDD ile en fazla enerji, su kullanılan ya da diğer çevresel etkiler yüksek olan proseslerini ortaya çıkartarak, azaltımın sağlanması için gereken düzenlemeleri yapabilmektedir. Nitekim Avrupa Birliği içerisinde olan ülkeler ve Avrupa Birliğine geçiş aşamasında olan ülkeler için bu süreci tamamlamış olan endüstriler daha büyük önceliklere sahip olabilmektedir [29]. Bu düzenlemeler sayesinde ürünlerine çevre dostu etiketlerinden uygun olanını alıp, pazar payını da genişletebilmektedirler. YDD sadece endüstriyel bir araç gibi gözüксе de aslında pek çok farklı alanda da kullanılabilmektedir. Tarım bu alanlardan giderek daha fazla ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda tarımda YDD uygulamaları ile ilgili pek çok yayın

çıkmakta olup, YDD yöntemleri de sürekli olarak geliştirilmektedir [30]. Günümüzde neredeyse tüm tarım ürünlerinin YDD'si yapılmaktadır, örneğin zeytinin [31], fıstık, badem, elma [32] ve akla gelebilecek pek çok tarım ürününün çevresel etkilerini ölçmede kullanılmıştır [33]. Şeker ve şeker ile bağlantılı pek çok ürünün üretimine yönelik YDD yurtdışında yapılmıştır. Ancak tarım ürünlerinin çevresel etkileri özellikle bu ürünlerin yetiştirildiği coğrafyaya çok bağlıdır. Bu sebeple, şeker pancarı yetiştiriciliğinin İspanya'da yapılan YDD'si, Türkiye'de yapılacak olandan çok farklı sonuçlar ortaya çıkartabilecektir.

Aşağıda tarımda çevresel etkileri ölçme, farklı tarımsal yöntemleri kıyaslama ve tarımın çevresel etkilerini azaltma amacıyla son dönemlerde yapılmış bilimsel YDD çalışmaları ve ana derlemelere örnekler listelenmiştir:

Avusturalya'daki şeker kamışı ve şeker üretiminin çevresel etkilerini YDD ile araştırmışlardır. Enerji girdisi, sera gazları emisyonu, ötrofikasyon ve su tüketimine odaklı araştırmalarını üç farklı yetiştirme koşullarında incelemiş, şeker kamışını, şeker pancarı ve mısır ile kıyaslamışlardır. Şeker kamışının enerji girdisi ve sera gazları açısından avantajlı olduğunu gösterirken, ötrofikasyon ve su kullanımı açısından mısır ve şeker pancarından çok farklı olmadığını vurgulamışlardır [34].

Organik ve konvansiyonel üretimlerin çevresel etkiler kıyaslanmıştır. Bu aşamada farklı bölgelerdeki çalışmaları bir araya getirmişler ve enerji kullanımı, doğa alanlarının kullanımı, su tüketimi, emisyonlar (sera gazları NO_x ve SO₂ gazları vs.) gibi çevresel etkileri Avustralya'daki çalışmalardan derlemişlerdir. Çalışmada su kullanımı ve işçi enerjisinin organik tarımda daha az olduğu ve beklendiğinin aksine diğer tüm emisyonların konvansiyonel sistemlerde daha düşük olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarında şeker pancarını da ele almışlardır. Şeker pancarı ile ilgili çalışmalarda İngiltere'deki sistemi referans gösteren ekip, organik tarımdaki emisyonların daha yüksek olduğunu vurgulamıştır [35].

Biyoetanol üretimi için şeker pancarının tarımının çevresel etkilerinden bahsedilmiştir. Bu çalışmada, İspanya'daki tüm pancar tarlalarının teknik verimliliği karşılaştırılmıştır. Çalışmalarında ülkedeki tarlaların sadece %4'ünün iyi verimlilikte çalıştığı, %55,9'unun orta verimlilikte çalıştığı belirtilmiş, biyoetanol üretiminde İspanya'nın

dışarı bağımlılıktan kurtulması için öncelikli olarak tarlaların teknik olarak verimli hale getirilmesi ve şeker pancarı üretiminin artırılması önerilmiştir [36].

Hayashi vd. (2006) YDD'nin tarımdaki kullanımı ve etkinliğini değerlendirmiştir. Bulguları genel olarak YDD'nin hem çevresel etkiler hem de besin güvenliği konularının birleştirilmesi açısından çok büyük önem taşıdığını belirtmiştir. Ayrıca, YDD'nin alternatif üretim sistemlerine karar verilmesi konusunda çok açık bir yöntem olduğu vurgulanmıştır [30].

Organik tarımın çevresel etkilerinin araştırılması konusunda tüm öncelikli yayınları derleyerek bir meta analiz yapmıştır. Bu analizde organik tarımın çevresel etkilerinin çoğunlukla pozitif olduğu bulunsada, özellikle hayvansal gübre kullanımı kaynaklı ötrofikasyon ve azot oksit salınımlarının organik tarımda daha yüksek olabildiği bulunmuş ve bu salınımları azaltmaya yönelik öneriler sunulmuştur [37].

Organik ve konvansiyonel tarım arasındaki farkları ölçmede YDA'nın etkin olup olmadığına dair yayınladığı meta analiz makalesinde incelenen 34 çalışmanın sonucunda modellenen emisyonlar ve gerçek emisyonlar arasındaki farklara değinerek, bölgelere özel yapılan araştırmaların sonuçların doğru hesaplanması konusundaki önemini vurgulanmıştır [38].

Güney Afrika'da 2012 yılında yapılan çalışmada şeker kamışı üretiminden şeker üretiminin YDD çalışması yapılmıştır. Çalışmada şeker kamışı üretimi, gübre ve herbisit kullanımı, şeker kamışının hasattan sonra oluşan kamış artıklarının yakımı, şeker kamışı üretildikten sonra fabrikaya yolculuğu ve şeker kamışından şeker üretimini kapsamaktadır. Sonuç olarak şeker kamışı üretiminde gübre kullanımının azaltılması ve şeker kamışı artıklarında yakma işleminin yapılmaması küresel ısınma etkisini azaltabileceği vurgulanmıştır [39].

Tarım alanlarında uygulanan YDD çalışmalarının haricinde, şeker üretimi, şeker pancarından biyoetanol üretimi konularında da pek çok araştırma bulunmaktadır. Şeker üretimine odaklanmış çalışmaların çok büyük bir kısmı şeker kamışından şeker üretimine odaklı olup, biyoetanol üretimi YDD çalışmaları daha çok şeker pancarı odaklıdır. Endüstriyel şeker üretimi ile ön plana çıkan yüksek atıf almış bazı araştırmalar ve derlemeler aşağıda listelenmektedir:

Yunanistan'da yapılan çalışmada, şeker pancarından biyoetanol üretiminin çevresel etkileri yaşam döngüsü analizi ile incelenmiştir. Çevre etki analizi sonucunda, biyoetanol üretiminin çevresel etkilerinin tek başına şeker üretiminden çok daha düşük olduğunu göstermişlerdir. Eski şeker fabrikalarının biyoetanol üretimine yönlendirilmesi ile toplam çevresel yükün %32,6 kadar azaltılabileceği, 1 ton şekerin yaklaşık 2 ton kadar CO₂ emisyonu azaltımına sebep olacağı gösterilmiştir [40].

Brezilya'daki şeker kamışından biyoetanol üretimi YDD ile araştırılmıştır. Bu çalışmada yaşam döngüsü maliyetlendirme analizini kullanarak ekonomik etkileri karşılaştırma imkânı sağlanmıştır [41].

Hazırlanan derlemede tüm şeker sanayisinin çevresel etkilerini tartışılmıştır. Bu çalışmada YDD'nin tüm şeker sanayisini analiz etmekte oldukça etkili bir yöntem olduğunu vurgulamış, dünyada şeker talebinin yüksek olması sebebiyle çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve atıkların yan ürün halinde kullanılabilmesi için şeker üretimindeki en yüksek çevresel etkili üretim proseslerinin ortaya çıkartılabilmesi için en uygun yöntemlerden olduğunu vurgulamışlardır [42].

Biyoyakıt ve biyoenerji sistemlerinin enerji ve sera gazı salınımlarını incelenen bir çalışmada YDD'nin etkinliğini tartışılmıştır. Tartışılan biyoyakıtlardan birisi şeker pancarından etanol üretimi olup, enerji giriş çıkış oranının 0,50 ve 0,85 oranında olduğu, bu sonucun şeker kamışından biyoetanol üretimine göre yüksek olmasına rağmen, mısır ve buğday ile benzer olduğunu göstermişlerdir. Aynı şekilde gaz emisyonlarının da şeker kamışında daha düşük olmasına rağmen eğer doğru verimlilik önlemleri alınırsa, şeker pancarının daha verimli olabileceği vurgulanmıştır [43].

Şeker kamışı ile biyoenerji üretimine odaklanılmıştır. Çevresel sürdürülebilirliğinin sağlanması amaçlı potansiyel çevresel etkileri araştırılan bu çalışmada, şeker kamışının üretiminden, öğütülmesine etanol üretilmesine ve yan ürünlerinin kullanımına kadar pek çok aşama detaylı bir şekilde incelenmiştir. Üretim aşamalarındaki fosil yakıt kullanımının %21 ila %60'a kadar düşürülmesi yolunda öneriler sunulmuştur [44].

Küba şeker endüstrisinde 2013 yılında kullanılan farklı kojenerasyon teknolojilerinin yaşam döngüsünün çevresel etkilerini değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada dokuz buhar jeneratörü ve sekiz turbo jeneratörle birlikte toplam 72 farklı kombinasyon için Eco-Indicator99 ve SimaPro yazılımı kullanarak analizini

yapmışlardır. İnsan Sağlığı üzerindeki etkileri, sürecin toplam çevresel etkisinin yaklaşık %80' ini temsil eden kojenerasyon aşamasında daha yüksek etkilere ulaşmışlardır. Alman Buhar jeneratörü Modifiyeli EKE 80 'in, Rus turbo jeneratörü 2500 ile kombinasyonu diğer kombinasyonlara kıyasla en az çevresel etkileri açığa çıkaran seçenek olduğu sonucuna ulaşmışlardır [45].

Almanya'da 2014 yılında yapılan çalışmada ise farklı gübre tiplerinin uygulamasında YDD çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada tek bir besin maddesi içeren ve kuru karışım içeren birden fazla besin maddesi içeren gübre içeriklerinin çevresel etkileri birbirleriyle kıyaslaması yapılmıştır. Bu çalışmada düşük fosforlu uygulama oranına sahip veya kalsiyum amonyum nitratlı tek bir besin maddesi içeren gübre çeşidi sürdürülebilir kapsamda en uygun gübre çeşidi olduğu vurgulanmıştır. İyileştirilme yapılmış bir gübreleme uygulaması ile oluşan çevresel etkinin %15'e kadar bir azalma gerçekleşeceği belirtilmiştir [46].

Fransa'da 2012 yılında yapılan çalışmada şeker pancarı yan ürünlerinden biyoetanol ile yakıt olarak kullanılan benzinin çevresel etkileri karşılaştırma yaparak LCA çalışması yapılmıştır. Şeker pancarından üretilmiş olan biyoetanolün, benzine göre küresel ısınma potansiyeli, ozon katmanının tahribatı ve fotokimyasal bozulma gibi çevresel etkilerden %35,7 daha az etkisi olmuştur. Tarla aşamasında ise asidifikasyon ve ötrofikasyon gibi çevresel etkilerde benzine göre daha fazla etkisi olduğu belirlenmiştir [47].

Almanya'da ya 2001 yılında tarlada yapılan başka bir çalışmada ise Azot besin elementi içeren 3 farklı kompoze gübrenin çevresel etkilerini araştırılmıştır. Yaşam döngüsü etki analizi için Eco-Indicator 95 yöntemi kullanılmıştır ve uygulanan 3 farklı azot içeren gübrenin çevresel etki değeri en düşük kalsiyum nitratlı gübrede bulunurken, en yüksek değer azot bileşimi bakımından en fazla olan üre gübresinde gözlenmiştir ve 3 gübre çeşidinde de ötrofikasyon ve asidifikasyon gibi çevresel etkilerinin eşit olduğu belirlenmiştir [48].

İngiltere'de 2005 yılında şeker pancarı ve şeker üretiminde enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarına yönelik araştırma yapmışlardır. Çalışmada 5 farklı toprak türü, 9 gübre türü ve 9 farklı bitki koruma ürünü yer alan bir çalışma olmuştur. Şeker pancarı üretiminde hektar başına en küçük enerji girdileri organik koşullar altında yetiştirilen veya verimli topraklarda yetiştirilen veya broyler gübresi uygulanan kumlu toprak

olurken, en fazla enerji girdisi olan sulanan ve mineral gübre uygulanan kumlu toprakta yetiştirilmiştir. Her ne kadar kumlu toprakta organik koşullar altında yetiştirilen mahsullerde en düşük enerji girdisine sahip olsa da en düşük verim yine organik koşullar altında yetiştirilen mahsullerde elde edilmiştir [49].

Şeker pancarı, mısır, buğday ve şeker kamışından elde edilen biyoetanolün üretiminde enerji girdisi miktarının ve çevresel etkilerden küresel ısınma potansiyelinin YDD çalışmasını yapmışlardır. Çalışmada şeker pancarı, mısır ve buğday gibi bitkilerden üretilen biyoetanolün ulaşım yakıtı olarak kullanıldığında enerji tüketim oranının aynı olduğu ama şeker kamışında ise bu oranın diğer bitkilere göre daha düşük olduğunu ancak şeker kamışı bitkisinin mısır, buğday ve şeker pancarı bitkilerinin küresel ısınma potansiyeline göre kıyaslama yapıldığında ise şeker kamışının küresel ısınma potansiyelinin daha fazla olduğunu göstermişlerdir [50].

Küba’da 2008 yılında yapılan çalışma şeker kamışı üretiminden başlayıp sonraki aşamada fabrikada şeker üretim aşamasında elde edilen yan ürünlerin ve atıkları kullanmak için 4 farklı seçeneğin en büyük çevresel etkiye sahip olan işlendiği en büyük çevresel etkiye sahip olan yönlerini belirlemek ve ölçmek ve sistemlerde iyileştirmeler önermek için kullanılan 4 seçenek ile karşılaştırmalı YDD analizi yapmışlardır. Şeker kamışı üretimi aşamasında 4 seçenek için arazi kullanımı, dizel, ilaç ve gübre kullanımı nedeniyle en büyük etkiyi göstermektedir. Yan ürünlerden biyoetanol, melas, küspe ve biyogaz gibi yan ürünlerin kazanımı, kaynak kullanımında yapılacak tasarruf için seçeneklerin birbirlerine göre kıyaslama yapmışlardır. Seçenekler arasındaki en öne çıkan farklılığın, kaynak kullanımında etki analizi aşamasında bulunduğunu belirtmişlerdir [51].

1.5 Tezin amacı ve araştırma soruları

Tarla ve fabrika sürecinde ortaya çıkan çevresel etkisinin hesaplanması gerekmektedir. Türkiye’de tohumdan şeker üretimine kadar çevresel etkileri bütüncül olarak değerlendiren bir çalışmada bulunmamaktadır ve Türkiye’de şeker pancarı üretimi ve şeker pancarından şekerin üretilip ambalajlanması da dahil geçen süreçte gerçekleşen çevresel etkilerin yaşam döngüsü değerlendirmesi ile hesaplanacağı ilk çalışma olacaktır. Bu yüzden çalışmanın özgünlüğü çok yüksektir ve bu çalışma bu açığı kapatmayı hedeflemektedir.

Bu çalışma iki ana araştırma sorusunun cevaplanmasına odaklanmıştır:

1- Tarlada şeker pancarının yetiştirilmesi sürecinde oluşan çevresel etkiler nedir ve ne kadardır ve nasıl azaltabiliriz?

2- Fabrikada şeker pancarından şeker üretimi sürecinde oluşan çevresel etkiler nelerdir ve bu çevresel etkileri nasıl azaltabiliriz?



2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

Çalışma kapsamında birinci aşamada Kayseri’de üretilen şeker pancarının tarla aşamasındaki çevresel etkileri hesaplanmıştır. İkinci aşaması ise fabrika üretim sürecinin çevresel etkilerinin belirlenmesini içermektedir. Ayrıca üreticilerin üretim yaptıkları bölgelerin bulunduğu meteoroloji istasyonlarından alınan iklimsel veriler ve üreticilerin üretim yaptıkları toprakların özellikleri sulama planı oluşturulmasını sağlayan Cropwat 8.0 programına girilerek sulama planı ve ekimden hasat zamanına kadar geçen süreçte sulama planı ve yıllık ortalama verilmesi gereken sulama miktarı belirlenmiştir. Tez çalışması Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2020-2022 yılları arasında yapılmış olan FKA-2020-10068 numaralı ve “Şeker pancarı ve şeker üretimi sürecinde karbon ve su ayak izinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) ile belirlenmesi “katılımlı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

2.1. Çalışma Alanı

Şeker Pancarı Üretimi

Çalışmanın 2. aşamasında analiz çalışmalarının yapıp verilerin toplandığı fabrika 1955 yılında İç Anadolu bölgesinde kurulmuştur. Şeker pancarı hasat yapıldıktan sonra bölge kantarlarında tartımı yapıldıktan sonra veya direkt olarak tarlada hasat yapıldıktan sonra fabrikaya işlenmek üzere getirilmektedir. Kayseri ili ilçe haritası Şekil 2.1.’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Kayseri ilçe haritası [52]

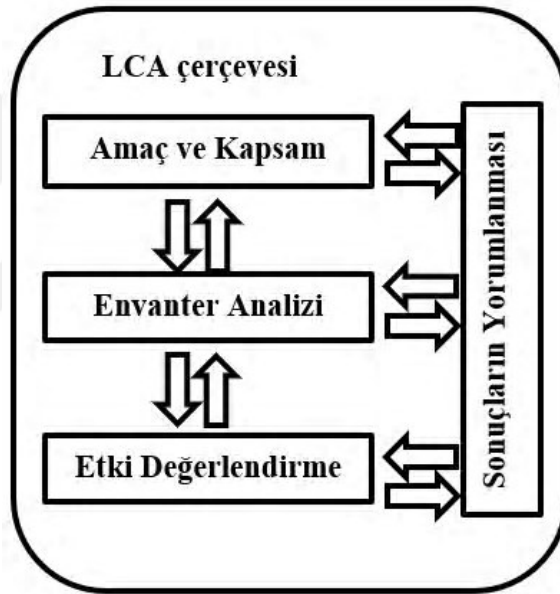
2.2. Şeker Pancarı Üretiminin Çevresel Etkisinin Hesaplanması

Tez çalışması kapsamında 2020-2021 yılları arasında Kayseri’de bağlı Sarioğlu, Bünyan ve Yeşilhisar bölgelerindeki sözleşmeli şeker pancarı üretimi gerçekleştiren 8 üretici ile birebir ve yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilerek anket çalışması yapılmıştır. Ek1’de üreticilere sorulan anket örneği sunulmuştur.

Bu görüşmelerde amaç çiftçilerin tüm üretim boyunca kullandıkları girdileri ve ürün verilerini belirlemek ve bu veriler ile şeker pancarının tarla aşamasındaki çevresel etkilerini ortaya koymaktır. Bu sebeple tüm üretim sezonu boyunca çiftçilerin tarlada yaptıkları faaliyetler bire bir görüşmelerle kaydedilmiştir. Çevresel etkilerin hesaplanması için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yapılmıştır. YDD, bir ürünün üretim sürecinde kaynak veya hammadde kullanımından başlayıp kapsamlı ve bütüncül bir şekilde yaşam döngüsünün sonuna kadar geçen süreçte ve “Beşikten Mezara” perspektifiyle çevresel etkilerin hesaplanmasına yarayan güçlü ve etkili bir metottur. Giriş bölümünde bahsedildiği üzere tarımsal ve endüstriyel pek çok alanda YDD çevresel etkilerin bütünsel olarak ele alınmasını sağlamaktadır. Bir sonraki bölümde YDD’nin tarım ve fabrika aşamalarındaki kullanımı başlıklar halinde açıklanacaktır.

2.3. Tarımda YDD Kullanımı ve Aşamaları

Tarım günümüzde pek çok girdiye ihtiyaç duymaktadır. Bu girdiler gübre, su, pestisitler gibi girdiler olduğu kadar traktör, çapa motoru, sulama boruları gibi malzemeleri içermekte ve bu malzemelerin işletilmesi aşamasında benzin ve dizel gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Tüm bu girdilerin oluşturulması sırasında çevresel etkiler olduğu gibi kullanımından kaynaklı olarak da çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerin bütünsel sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla YDD yapılmaktadır. ISO 14040-14044 kapsamında standartlaştırılmış olan YDD belli aşamaları içermektedir (Şekil 2.2.). [28]



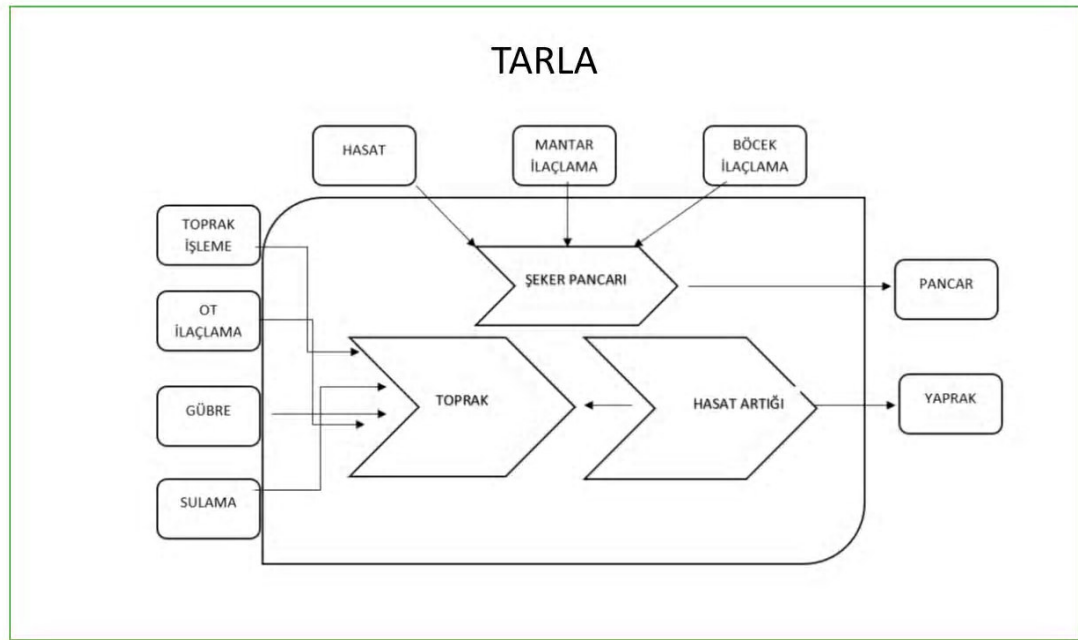
Şekil 2.2. YDD Aşamaları

YDD Aşamaları ve şeker pancarı üretimine nasıl yansıtıldığı aşağıda adım adım açıklanmaktadır.

1. Amaç ve Kapsam: Amaç tanımlanması ve faaliyet alanının belirlenmesi [28]. Bu aşama sırasında, çalışma amacı, işlevsel birim ve çalışma altındaki sistemin sınırları tanımlanmaktadır. Çalışmanın amacı şeker pancarının tarladaki üretimi sırasında karbon ve su ayak izi öncelikli olmak üzere tüm çevresel etkilerin beşikten kapıya, yani tohumdan şeker pancarı üretimine kadar, hesaplamak olarak belirlenmiştir.

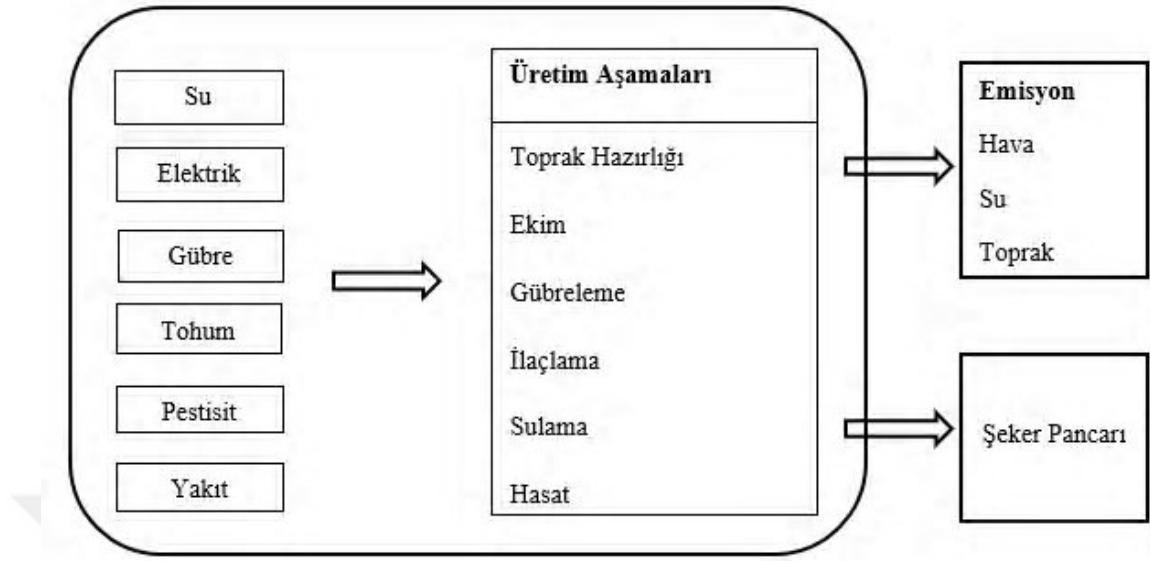
İki tane fonksiyonel birim belirlenmiştir. Birincisi 1 ton şeker pancarının üretimi sürecinde oluşan çevresel etkileri, ikinci fonksiyonel birim ise 1 hektarlık alanda üretim

yapma sonucunda oluşan çevresel etkileri hesaplamak amaçlıdır. Sistem sınırları şekil 2.3'te gösterilmektedir. Çalışmaya toplam 8 üretici katılmıştır. Bu üreticilerden beş tanesi sulama amacı ile yüzey suyu kullanmakta, üç tanesi de yeraltı suyu kullanmaktadır. Su kaynağı oldukça önemli bir parametre olduğu ve enerji üretimini bire bir etkilediği için çalışma boyunca üreticiler su kaynağına göre kodlandırılmıştır. Yüzey Suyu kullanan üreticiler S (S1, S1, S3, S4, S5), yeraltı suyu kullanan üreticiler G (G1, G2, G3) ile gösterilmiştir. Çalışmanın tarla aşamasında S1, S2, S3, S4, G1 ve G3 üreticileri Sarioğlan, S5 üreticisi Bünyan ve G2 üreticisi Yeşilhisar bölgelerinden katılmıştır. Bu üreticiler veri teminin sağlanabilmesi ve verilerin güvenilirliği açısından seçilmiştir.



Şekil 2.3. Tarlada şeker pancarı üretimi sistem sınırları

2. Envanter Analizi: Yaşam Döngüsü Envanterinin belirlenerek verilerin toplanması [29]. Bu aşama ilgili giriş ve çıkışların miktarının hesaplanmasına yönelik verilerin toplanması ve girdi ve çıktıların hesaplanmasından oluşur. Bu projede sunulan çalışmada, tohumdan şeker pancarı üretimine kadar tüm envanter çıkartılmıştır. Şekil 2.4'de şeker pancarı üretimindeki ana girdiler ve çıktılar gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Şeker pancarı üretimi sırasındaki girdiler ve çıktılar

Tablo 2.1’de her bir üreticiden elde edilen veriler ile oluşturulan girdiler ve birimleri iletilmektedir. Her bir üretici için bu girdiler Sima Pro 9.2.0.2 programına girilmiştir.

Tablo 2.1. Tarlada üretim aşamasındaki üretim aşamalarına bağlı olarak toplanan girdiler (Fonksiyonel birim bir hektarlık alana verilen miktar olarak belirtilmiştir).

Tarla Üretim Aşamaları	Girdi	Birim
Toprak Yönetimi	Dizel	kg/ha
Ekim	Tohum	kg/ha
	Dizel	kg/ha
Gübreleme	DAP	kg/ha
	AS	kg/ha
	Üre	kg/ha
	Amonyak azotu	kg/ha
	Fosfor pentoksit	kg/ha
	Potasyum oksit	kg/ha
	Magnezyum oksit	kg/ha
	Sülfür trioksit	kg/ha
	Demir	kg/ha
	Çinko	kg/ha
	Dizel	kg/ha
Sulama	Su	m3/ha
	Sulama kaynağı	Yüzey suyu/Yeraltı suyu
	Sulam ekipmanı	kg/ha
	Elektrik	kwh/ha
	Dizel	kg/ha

İlaçlama	Azoxystrobin/Dinitroaniline compound	g/ha
	Chloridazon /diazin compound	g/ha
	Clopyralid / pyridine compound	g/ha
	Desmedipham/carbamate compound	g/ha
	Difenoconazole/cyclic N compound	g/ha
	Ethofumesate/benzimidazole compound	g/ha
	Haloxypop-R-methyl-Phenoxy compound	g/ha
	Indoxacarb-unspecified	g/ha
	Lambda-cyhalothrin/Pyrethroid compound	g/ha
	Lenacil/Cyclic-N compound	g/ha
	Metamitron	g/ha
	Phenmedipham/acetamide-anillide-compound	g/ha
	Propiconazole/Cyclic-N compound	g/ha
	Dizel	kg/ha
Hasat	Dizel	kg/ha

Tablo 2.1. Tarlada üretim aşamasındaki üretim aşamalarına bağlı olarak toplanan girdiler (devamı)

3. Etki Analizi: Verilerin etkilerini uygun katsayıları ile çarparak, eşdeğer verilerinin bulunması [30].

Bu aşama envanter aşamasında toplanan verilerin olası çevresel etkilerinin değerlendirilmesini içerir. İlk olarak, çevresel etkiler sınıflandırılır, diğer bir deyişle, ilk toplanan veriler nispeten homojen kategorilere ayrılır. Daha sonra, önem düzeyleri çeşitli kategorilerde atanır. Bu son işlem, çeşitli ürünlerin olası etkilerin karşılaştırılmasında olanak sağlamak amacıyla en son aşamada gerçekleştirilir. İlk değerlendirme yaklaşımı geneldir ve sadece üretim sürecindeki spesifik kategorilerin etkilerini nicel olarak ilişkilendirecektir. Kesin bir değerlendirme için, sistemdeki en yüksek etkiyi belirleyen parçaların tanımlanması gerekir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi 5 aşamayı içerir: 1) Karakterizasyon, 2) Hasar Değerlendirmesi, 3) Normalizasyon, 4) Ağırlıklandırma. Bu aşamalar aşağıda açıklanmaktadır:

Karakterizasyon: Bu aşamada her bir emisyon ve çıktının çevresel etkileri hesaplanır. Çevresel etkiler Tablo 2’de gösterilmektedir. Envanter analizinde ortaya konulan çıktı ve emisyonların her birisi, belirlenen eşdeğerler üzerinden hesaplanır. Küresel ısınma için tüm çıktılar içerisinde emisyon yapanların değerlerin CO₂ eşdeğeri üzerinden, asidifikasyon potansiyeli için SO₂ eşdeğeri, Ötrofikasyon için PO₄³⁻ veya NH₃ eşdeğeri gibi eşdeğerler aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\text{Çevresel Etki Eşdeğer Miktarı} = \text{Faaliyet Verisi} \times \text{Çevrim Faktörü}$$

Hesaplamalarda kullanılan yazılım programlarındaki veri bankaları kullanılmaktadır. Bu veri bankaları, bilimsel yayınların bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. SimaPro programı EcoInvent’in oluşturduğu sürekli güncellenen veri bankalarını kullanmaktadır. Örneğin SimaPro programı CO₂ eşdeğerlerinin belirlenmesinde, tüm kimyasallar için IPCC’nin 2014 yılında oluşturmuş olduğu eşdeğer verilerini kullanır. Örneğin bir ürün üretimi sırasında 5 molekül CO₂ ve 1 molekül CH₄ açığa çıkıyorsa, ki Metan gazı (CH₄)’nın CO₂ eşdeğeri IPCC 2014’de 28 molekül olarak belirtilmiştir. Bu durumda;

$$\text{CO}_2 \text{ eşdeğeri} = \text{Çıkan CO}_2 \text{ miktarı toplamı} + (\text{Çıkan CH}_4 \text{ miktarı toplamı}) \times (\text{CH}_4 \text{’ün CO}_2 \text{ eşdeğeri}) \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$\text{Bu durumda CO}_2 \text{ eşdeğeri} = 5 \text{ molekül CO}_2 + (1 \text{ molekül CH}_4) \times 28 \text{ molekül} = 33 \text{ molekül CO}_2 \text{ eşdeğeri olarak hesaplanır.}$$

Bu aşamada YDA uygulayıcısı öncelikli faktörlerini göz önüne alabilmektedir. Bu çalışmanın ana hedefi küresel ısınma potansiyeli ve su kıtlığı olduğu için öncelikle bu başlıklara odaklanılmıştır. Bu çalışma sırasında tarım aşamasında ön plana çıkan diğer kategoriler Karasal Ekosoksisite, Tatlısu Ekotoksisitesi olarak ön plana çıkmıştır. Bunun dışındaki diğer çevresel etkiler düşük olduğu için gözardı edilmiştir.

Hasar Değerlendirmesi: Bu YDD’nin yeni aşamalarından biridir. Son-nokta (İng. endpoint) yönteminin hesaplanması için uygulanan hesaplamalardan birisidir. Amacı birden fazla etki kategorisini hasar kategorisi altında değerlendirmek için yapılır. Eco-indicator 99 ve EPS2000 gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Normalizasyon: Her ne kadar YDD'nin zorunlu aşamalarından olmasa da çevresel etkilerin hesaplanması sonrası normalizasyon yapılması önerilmektedir. Burada amaç tüm çevresel etkiler hesaplandıktan sonra en etkili olan çevresel etkileri ortaya çıkartmaktır. Normalizasyonda, etki kategorileri kendi içerisinde değerlendirilir. Bu aşamada pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntemler ReciPE TRACI, Impact 2002, EPS ve CML-IA dir. Bu çalışma kapsamında yapılan farklı modellemeler sonucu su kullanımının çevresel etkisi ön plana çıkmış ve literatürde su kullanımının etkilerini en doğru şekilde ortaya koyan model olan ReCiPe 2016 midpoint (H) modeli kullanılmıştır. ReCiPe yönteminde orta nokta etki kategorileri ve son nokta etki kategorileri bulunmaktadır. Öncelikli olarak çevresel etkilerin sebep olduğu etkenler orta değer etkenler olarak sınıflandırılır ve son etki kısmında katsayısı hesaplanır. Örneğin yeraltı sularındaki azalma, gelecekteki gıda üretiminin azalmasına, bu da besin yetersizliğine sebep olacaktır, bu aşama orta değer etkisi olarak hesaplanırken, son-nokta öngörüsü insan sağlığına zarar olarak kaydedilmektedir.

Ağırlıklandırma: Normalizasyon hangi etkilerin büyük hangilerinin de yüksek olduğunu göreceli olarak söyler, ancak çevresel etkileri birbiri ile kıyaslamaz, yani üretilen ürünün küresel iklim değişimine etkisini, su kıtlığı etkisine göre kıyaslamaz. Ağırlıklandırmada amaç bu kıyaslamayı yapmak olsa da en çok tartışılan ve yapılması zorunlu olmayan kısım ağırlıklandırmadır.

4. Yorumlama: Çevresel etkilerin bütüncül olarak hesaplanarak, üretim aşamalarında en etkili proseslerin ortaya çıkartılması ve çözüm önerileri sunulması [31]. Son aşama verilerin değerlendirilmesi, çevresel etkilerin ortaya konulması, bu çevresel etkilere sebep olan proseslerin belirlenmesi aşamasıdır. Şeker pancarı üretim kısmında öncelikli olarak oraya su kullanımı ve sulama işlemi sonucunda yapılan enerji tüketimi ön plana çıkmıştır. Sonuçlar detaylı bir şekilde tezin sonuç kısmında açıklanmaktadır.

2.4. Tarım Aşamasında Cropwat 8.0 Kullanımı

Tez çalışması kapsamında, FAO tarafından geliştirilen bitki su tüketimini, iklimsel veriler, toprak ve bitki özellikleri kullanılarak sulama planı oluşturulmasını sağlayan Cropwat 8.0 modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada şeker pancarı üreticilerin üretim yaptıkları bölgelerin rakım, enlem ve boylam bilgileri, bulunduğu meteoroloji istasyonlarından alınan maksimum ve minimum sıcaklık, aylık ortalama rüzgar hızı,

bağıl nem, aylık yağış miktarı, şeker pancarı ekim ve hasat tarihi, Kayseri ili için şeker pancarı bitkisinin su tüketim katsayısı, etkili kök derinliği ve üreticilerin üretim yaptıkları toprakların özellikleri sulama planı oluşturulmasını sağlayan Cropwat 8.0 programına girilerek sulama planı ve ekimden hasat zamanına kadar geçen süreçte sulama planı ve yıllık ortalama verilmesi gereken sulama miktarı 4. Bölümde hesaplanmıştır (Tablo 4.1.).

Yeşilhisar, Bünyan ve Sarioğlan bölgelerinin meteoroloji istasyonlarından alınan iklimsel veriler sırasıyla Tablo 2.2., Tablo 2.3. ve Tablo 2.4.'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Yeşilhisar meteoroloji istasyonu iklimsel verileri

YEŞİLHİSAR									
Aylar	Bağıl Nem (%)	Aylık (mm)	Yağış (mm)	Rüzgâr (m/s)	Hızı (m/s)	Min. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)		
1	73,4	28,7	1,8			-9,2	10,8		
2	74,8	42,3	19			-13,4	15,3		
3	63,1	34,1	21			-4,7	21,3		
4	56,1	25,3	19			-1,3	23,4		
5	52,4	68,2	24			5,1	32,2		
6	49,1	30,1	21			9,2	33,1		
7	41,2	2,5	22			14,3	36		
8	34,8	0	21			11	34,2		
9	40,3	3,3	20			11,3	37,8		
10	38,2	4,8	16			6,9	29,3		
11	64,3	18,1	13			-5,5	18,5		
12	69,2	16,6	13			-7,6	14		

Tablo 2.3. Bünyan meteoroloji istasyonu iklimsel verileri

BÜNYAN										
Aylar	Bağıl (%)	Nem	Aylık (mm)	Yağış	Rüzgâr (m/s)	Hızı	Min. (°C)	Sıcaklık	Max. (°C)	Sıcaklık
1	75,3		64,5		22		-19,1		8,3	
2	73,8		99,9		27		-19,1		12,3	
3	65,1		51,2		27		-6,1		20,3	
4	58,1		24,7		24		-4,6		21,4	
5	48,6		23,1		29		2,3		29,6	
6	52,4		49,7		23		5,2		31,1	
7	49,7		5,2		21		10		35,6	
8	44,8		0,9		20		6,1		33,9	
9	47		7,3		20		8,2		36,3	
10	43,2		2,5		22		3,6		27,7	
11	65,9		9		19		-9,5		17,6	
12	69,4		19,5		22		-10,6		13,1	

Tablo 2.4. Sarioğlan meteoroloji istasyonu iklimsel verileri

SARIOĞLAN										
Aylar	Bağıl (%)	Nem	Aylık (mm)	Yağış	Rüzgâr (m/s)	Hızı	Min. (°C)	Sıcaklık	Max. (°C)	Sıcaklık
1	79,5		27,4		36		-11,7		7,4	
2	82,2		70		35		-24,7		13,9	
3	70,9		53		41		-5,5		20,7	
4	58,4		19,4		39		-3		22,5	
5	59,2		75,3		42		2,3		32,4	
6	57,2		62,6		34		6,8		30,3	
7	47,5		3		41		11,5		37,4	
8	43,3		4,8		38		8		35,2	
9	42,3		2,4		36		9,6		37,3	
10	40,7		10,3		30		5,2		29,2	
11	63,7		9,8		32		-6,8		17,5	
12	76,8		19,6		24		-9,3		11,8	

2.5. Şeker Üretiminin Çevresel Etkisinin Hesaplanması

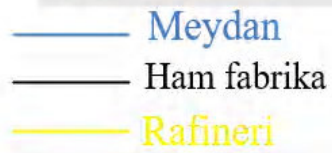
Tez çalışması kapsamında 2020-2021 yılları fabrikadaki üretim aşamaları ve girdiler kaydedilmiştir.

Bu çalışmada amaç şeker pancarı fabrikaya geldikten sonra tüm üretim boyunca kullandıkları girdileri ve bunların çevresel etkilerini ortaya koymaktır. Bu sebeple tüm üretim dönemi boyunca fabrika proses ve girdileri kaydedilmiştir. Çevresel etkilerin hesaplanması için tıpkı tarla aşamasında olduğu gibi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yapılmıştır. Bir sonraki bölümde YDD'nin fabrikada şeker üretimi aşamalarındaki kullanımı başlıklar halinde açıklanmaktadır.

2.6. Fabrikada YDD Kullanımı ve Aşamaları

YDD Aşamaları ve şeker pancarı üretimine nasıl yansıtıldığı aşağıda adım adım açıklanmaktadır.

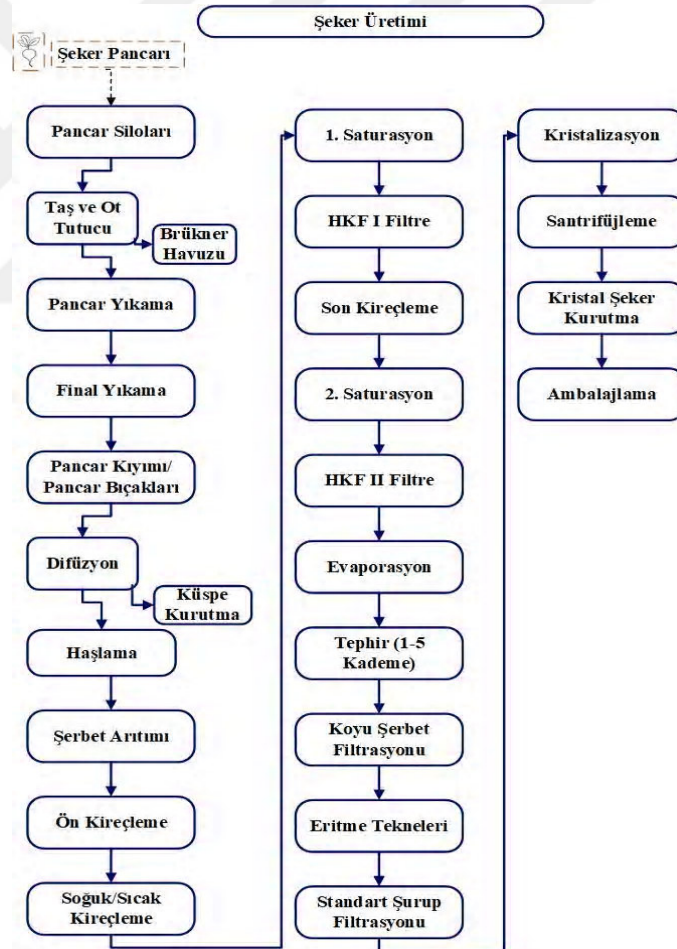
1. Amaç Kapsam: Bu aşamada fabrikada şeker pancarından şeker üretimine geçen tüm proseslerin çevresel etkileri göz önüne alınmıştır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, şeker pancarının fabrikaya girmesinden itibaren şekerin üretilip paketlenmesi aşamalarının tümünü içermektedir. Şekil 2.5'te şeker pancarından şeker üretimine ait sistem sınırları ve pancar üretimi sırasında tarlada yapılan işlemler görülebilmektedir.



Şekil 2.5. Şeker pancarından şeker üretimi akım şeması [53]

Fonksiyonel birim olarak 1 ton şeker belirlenmiş olup amaç küresel iklim değişimi ve su kullanımı öncelikli olarak 1 ton şeker üretmek için oluşan tüm çevresel etkilerin hesaplanması olarak belirlenmiştir. Kapıdan kapıya bakış açısı ile şekerin fabrikada üretim aşamasına odaklanacak, fabrika sonrası dağıtım ve kullanım aşamaları göz önüne alınmayacaktır.

2. Yaşam Döngüsü Envanteri: Bu aşamada, şeker pancarından şeker üretimine kadar tüm proseslerin enerji, su, hammadde ve kimyasal tüketimlerine yönelik envanteri çıkartılacaktır. Şekil 2.6'da şeker pancarı üretimindeki ana girdiler ve çıktılar gösterilmektedir. Tablo 2.5'de envanter aşamasında prosesler bazından toplanan veri başlıkları listelenmiştir.



Şekil 2.6. Şeker pancarından şeker üretiminin aşamaları

Tablo 2.5. Envanter aşamasında prosesler bazından toplanan veri başlıkları.

Fabrika Üretim Aşamaları	Girdi	Birim
Şeker Pancarı Depolama	Elektrik	MJ/ton
Taş ve Ot Tutucu	Elektrik	MJ/ton
Şeker Pancarı Ön Yıkama	Su	m ³ /ton
Şeker Pancarı Ön Yıkama	Elektrik	MJ/ton
Şeker Pancarı Son Yıkama	Elektrik	MJ/ton
	Su	m ³ /ton
Dilimleme	Elektrik	MJ/ton
Difüzyon	Elektrik	MJ/ton
	Su	m ³ /ton
	Asit	kg/ton
	Jips	kg/ton
Haşlama	Elektrik	MJ/ton
Şerbet Arıtımı	Elektrik	MJ/ton
Ön Kireçleme	Elektrik	MJ/ton
	Kok	kg/ton
	Su	m ³ /ton
	Kireç	kg/ton
Sıcak/Soğuk Kireçleme	Su	m ³ /ton
	Elektrik	MJ/ton
1. Saturasyon	Elektrik	MJ/ton
Hkf 1. Filtre	Elektrik	MJ/ton
	Asit	kg/ton
Son Kireçleme	Elektrik	MJ/ton
2. Saturasyon	Elektrik	MJ/ton
Hkf 2. Filtre	Elektrik	MJ/ton
	Asit	kg/ton
Evaporasyon	Elektrik	MJ/ton
	Buhar	MJ/ton
	Baz	kg/ton
	Asit	kg/ton
	Asit	kg/ton
Koyu Şerbet Filtrasyonu	Elektrik	MJ/ton
Eritme Tekneleri	Elektrik	MJ/ton
Standart Şerbet Filtrasyonu	Elektrik	MJ/ton
Kristalizasyon	Elektrik	MJ/ton
Santrifüjleme	Elektrik	MJ/ton
Kristal Şeker Kurutma	Elektrik	MJ/ton
Ambalajlama	Elektrik	MJ/ton

3. Etki Analizi: Verilerin etkilerini uygun katsayıları ile çarparak, eşdeğer verilerinin bulunması [30].

Bu aşama envanter aşamasında toplanan verilerin olası çevresel etkilerinin değerlendirilmesini içerir. Tablo 2’de belirtilen veriler fabrika aşaması için yazılım programına girilmiştir. Şeker üretiminin fabrika aşamasında yaşam döngüsünün her bir adımının çevreye olan potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla Sima Pro programı kullanılarak ve TS EN ISO 14040, TS EN ISO 14044 standartlarına uygun olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışması gerçekleştirilmiştir. Çevresel etki hesaplamalarında literatürde yaygın kullanılan metotlardan biri olan ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu ve Ecoinvent veritabanı kullanılmıştır.

4. Yorumlama: Fabrikada şeker üretim kısmında ön plana çıkan prosesler ortaya çıkmış ve çevresel etkilerin tümü proses bazında değerlendirilmiştir. Sonuçlar detaylı bir şekilde tezin sonuç kısmında açıklanmaktadır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1 Şeker Pancarı Üretim Aşamalarının Değerlendirilmesi

Şeker pancarı üretim aşamaları belirlenerek her bir aşamada kullanılan girdilerin şeker pancarının miktarlarıyla birlikte Sima Pro programına girilerek şeker pancarı üretimindeki ve şeker pancarından şeker üretimindeki çevresel etkiler YDD ile hesaplanmıştır.

Şeker pancarı üretimi toprak yönetimi, ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama ve hasat gibi aşamalardan oluşmaktadır. Tarlada şeker pancarı üretimi yapan 8 üretici ile bire bir gerçekleştirilen görüşmeler sonucu her bir üretici için gerçekleşen işlemler ve kullanılan girdilerin miktarlarıyla birlikte tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Şeker fabrikasının tarlada üretim (i) toprak yönetimi, (ii) tohum ekimi, (iii) gübreleme, (iv) sulama, (v) ilaçlama ve (vi) hasat ana aşamalarından oluşmaktadır (Tablo 3.1). Toprak yönetimi, tohum ekimi, gübreleme, ilaçlama ve hasat aşamalarının hepsinde traktör kullanılmaktadır bu sebeple dizel yakıt kullanımı bu aşamaların hepsinde ortaktır.

Dizel kullanımı sadece sulama aşamasında üreticiden üreticiye farklılık göstermektedir. Sulama aşamasında 4 üretici baraj suyu (S1, S2, S3 ve S4), bir üretici akarsu (S5), üç üretici de yeraltı suyu kullanmaktadır (G1, G2 ve G3). Bu üreticilerden akarsudan sulama yapan S5 üreticisi, ekim alanının büyük bir bölümünü su motoru kullanarak sulama yapmaktadır ve bu işlemde dizel kullanmaktadır. Ekim alanının diğer kısmını ise ekim alanlarının farklı yerlerde olmasından dolayı sulama yaparken elektrikli motor kullanmaktadır. Bu yüzden bu üretici sulama aşamasında hem elektrik hem de dizel kullanımı yapmaktadır. Yüzey suyu kullanan diğer 4 üretici (S1, S2, S3 ve S4) DSİ işletmesine bağlı barajdan sulama yapmaktadır. Barajdan sulama yapan üreticiler kapalı sulama sistemi ile sulama yapmaktadır ve sulama yaparken elektrik ve dizel

kullanmamaktadırlar. Yeraltı suyu kullanan G1, G2 ve G3 numaralı üreticiler yeraltı suyunu pompa ile çektikleri için elektrik harcamaktadır. Bu üreticiler arasında G2 460,75 kwh/ha ile en yüksek elektrik tüketen üretici olarak ön plana çıkmaktadır.

G1, G2 ve G3 yeraltı suyu kullanan üreticilerinin sulama süreleri eşittir. G3 üreticisi her sulamada 17 hp'lik bir pompa kullanarak 12 kere sulama yapmıştır. G1 üreticisi her sulamada 10 hp ve 12,5 hp'lik 2 adet pompa kullanarak 8 adet sulama yapmıştır. G2 üreticisi ise sulamada 60 hp'li iki adet pompa kullanmıştır ve 12 kere sulama yapmıştır. Bu nedenle G2 üreticisinin sulamada kullanmış olduğu elektrik miktarı diğer iki üreticiye göre yüksektir.

Toprak yönetimi aşaması tarlanın gerek yabancı otlar gerek tohum ekimine hazırlanması için toprağın traktör ile sürülmesi işlemlerini içermektedir. Şeker pancarı ekimi yapılacak tarla bir önceki senenin mahsulüne göre sürüm sayısında değişiklik göstermektedir ve her 4 senede bir dip kazan çekilmesi ile birlikte zamanla toprak yüzeyinin derinliklerinde bulunan pulluk tabakasının yani geçirimsiz tabakanın kırılmasıyla iyi bir drenaj sağlamaktadır. Ortalama yılda 5-6 kere sürülür. Tablo 3.1'de belirtildiği gibi sürüm sırasında dizel tüketimi tüm üreticilerde 48,38 ila 82,00 kg/ha arasında değişmektedir. Toprak yönetimi sırasında en fazla dizel tüketimi 82,00 kg/ha ile S4 numaralı üretici tarafından yapılmaktadır. S4 üreticisi toprak yönetimi aşamasında hemen hemen bütün işlemlerini 110 hp lik bir traktör ile gerçekleştirirken diğer üreticiler bu üreticiye göre gücü daha düşük traktörler (95, 85 ve 75 hp) kullanmıştır. Traktörlerin yakıtları beygir gücüne göre değişiklik göstermektedir ve aynı güce sahip farklı marka iki traktörün yakıt kullanımları farklılık gösterebilmektedir. Beygir gücü yüksek olan ve farklı marka traktörlerin silindir hacmi daha büyük olduğu için birim alanda ve birim zamanda daha fazla yakıt tüketimi olmaktadır. Ayrıca S4 üreticisi diğer üreticilere göre tarlada sayı olarak S3 üreticisine göre 1, G2 ve G1 üreticilerine göre 2, S5 ve G4 üreticilerine göre 4, S2 ve S1'e göre 5 fazla sürüm işlemi gerçekleştirdiği için diğer üreticilere göre daha fazla yakıt tüketimi olmuştur.

Tohum ekimi aşaması sırasındaki girdilerin ilki tohumdur. Üreticiler tohumlarını satın almaktadır. Tohumlar yurtdışındaki firmalar tarafından üretilmektedir. Kullanılan tohum miktarı 1,72 ila 3,15 kg/ha arasında değişmektedir. Tohum traktörlere bağlanan ekim mibzeri ile gerçekleştirilmektedir. Mibzere tohum yüklenir, gereken ayarlar yapılır ve mibzer tarlada belli aralıklarla tohum ekimini gerçekleştirir. Şeker pancarı ekimi

sırasında 14-22 cm arasında değişken aralıklı ekim yapılmaktadır. Bu çalışmada tohum ekimi sırasında traktörün kullandığı dizel yakıt da hesaplanmış ekim aşaması altında değerlendirilmiştir. Ekim aşaması dizel kullanımı 4,10 ila 12,30 kg/ha arasında değişmektedir. Üreticiler ekimlerini kendi yapmayıp başka bir kişiye yaptırmaktadırlar ve traktörün gücü ve markası, ekim alanı büyüklüğü, don olayı ve bitki çıkışındaki homojenliğe göre tekrar ekim gibi faktörler ekim için birim alanda kullanılan yakıt miktarında değişiklik göstermektedir.

Gübreleme aşaması tarlanın ihtiyaç duyduğu besin ve minerallerin toprağa eklenmesi aşamalarını içermektedir. Bu çalışma kapsamında üreticilerin kendi tarlalarına ekledikleri besinler DAP (Di Amonyum Fosfat) AS (Amonyum Sülfat), üre, amonyak azotu, fosfor pentoksit, potasyum oksit, magnezyum oksit, sülfür trioksit, demir ve çinkodur (Tablo 3.1). Tablo 3.1’de görüldüğü üzere üreticilerin her biri ihtiyaç duydukları oranlarda bu gübre ve mineralleri tarlalarına eklemişlerdir. G3 ve S5 üreticileri tarlalarına sadece DAP ve AS vermiştir. Diğer üreticiler ise farklı oranlarda tarlalarına gübre eklemişlerdir. Gübreleme aşamasında kullanılan dizel miktarları 4,10 ila 12,30 kg/ha arasında değişmektedir. Traktör gübreleme sırasında şu şekilde kullanılmaktadır. Kullanılan dizel miktarı tarlayı ne kadar dolaştığı, ekim alanı büyüklüğü, traktör gücü ve markası, kullanılan gübre miktarı ve kullanılan gübrenin çeşitliliği gibi sebeplere göre değişiklik göstermektedir. G4 üreticisi farklı zamanlarda farklı gübreleri uygulamış, bu sebeple çok fazla traktör kullanmak zorunda kalmış bu da kullanılan dizel miktarını artırmıştır.

Sulama aşaması üreticileri birbirinden ayıran ana aşamadır. Kayseri’de şeker pancarı üretimi pancarın sulanması için yeraltı ve yerüstü kaynakları kullanmaktadır. Yüzey suyu kullanan üreticiler S kodu ile belirtirken, yeraltı suyu kullanan üreticiler G ile belirtilmiştir. Sulamada ekipman olarak sulama borusu ve sulama başlığı kullanılmaktadır. Yeraltı suyu için yüzeysel sulamadan farklı olarak derin kuyu pompası kullanılmaktadır. Derin kuyu kullanan üreticilerin kullandığı pompalar 10 ve 12,5 hp (G1), 2 adet 60 hp’lik (G2) ve 17 hp (G3) gücündedir. Ayrıca yüzeysel sulama yapan S5 üreticisi dizel ile çalışan 90 hp’lik su motoru ve 15 hp’lik elektrikli motor kullanmıştır.

İlaçlama aşamasında her bir üreticinin kullandığı ilaçlar alınmış, bu ilaçlar içerisindeki ana etken maddeleri ve oranları belirlenmiştir. Her bir üretici farklı ilaç kullanmış olmakla beraber genel olarak ilaçlar herbisit (ot ilacı) ve fungisit (mantar ilacı) dir. İlaç

kullanımı sırasındaki traktör kullanımına göre de dizel yakıt tüketimi ilaçlama aşaması altında verilmiştir (Tablo 3.1).

Hasat aşaması yoğunluklu olarak traktörün kullanıldığı bir aşama olup dizelin diğer aşamalara göre en yüksek tüketildiği aşamadır. Üreticiler hasat aşamasında kendileri hasat gerçekleştirdiği gibi dışarıdan birine de bu işlemi yaptırabilmektedir. Yakıt tüketimi üreticiler arasında 20,50 kg/ha ve 53,30 kg/ha arasında değişmektedir. Hasat aşamasında en yüksek yakıt tüketimine sahip üretici 53,30 ile S2 üreticisine sahiptir. Bu üretici diğer üreticilerden farklı olarak 530 hp'lık 6 sıralı şeker pancarı hasat makinesi ile hasat işlemini gerçekleştirmiştir ve bu yüzden hasat aşamasında diğer üreticilerden daha fazla bir dizel kullanımı gerçekleşmiştir.

Tablo 3.1. Şeker pancarı üretiminde kullanılan girdiler (fonksiyonel birim: 1 ha tarım alanı, B: Baraj suyu, A: Akarsu, Y: Yeraltı suyu).

Üretim Aşamaları	Girdiler (ha)	Üreticiler								
		S1	S2	S3	S4	S5	G1	G2	G3	Birim
Toprak Yönetimi	Dizel	53,3	53,3	57,4	82	53,3	48,38	48,38	59,45	kg/ha
Ekim	Tohum	1,89	1,72	2,09	2,09	2,69	2,26	2,51	2,26	kg/ha
	Dizel	8,2	12,3	4,1	4,1	12,3	4,1	4,1	12,3	kg/ha
Gübreleme	DAP	200	250	300	250	600	500	0	400	kg/ha
	AS	300	500	500	200	400	500	450	250	kg/ha
	Üre	228	170	335	235	100	0	18	10	kg/ha
	Amonyak azotu	24	45	30	30	0	0	40,5	22,5	kg/ha
	Fosfor pentoksit	72	110	90	90	0	0	99	55	kg/ha
	Potasyum oksit	60	120	75	75	0	0	108	60	kg/ha
	Magnezyum oksit	8	50	10	10	0	0	45	25	kg/ha
	Sülfür trioksit	40	50	50	50	0	0	45	25	kg/ha
	Demir	0	5	0	0	0	0	4,5	2,5	kg/ha
	Çinko	0	2,5	0	0	0	0	2,25	1,25	kg/ha
	Toplam N girdisi	194,4	221,8	301,3	183,3	238	195	97,65	126,3	kg/ha
	Toplam P girdisi	123,4	163,0	177,2	154,2	276	230	43,2	208,0	kg/ha
	Dizel	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	4,1	8,2	12,3	kg/ha
Sulama	Su	16.693	16.510	8.500	8.840	9.405	8.670	11.390	12.495	m3/ha
	Sulama kaynağı	B	B	B	B	A	Y	Y	Y	A+Y
	Sulam ekipmanı	761,66	169,58	169,58	169,58	678,33	339,16	169,58	339,16	kg/ha
	Elektrik	-	-	-	-	254,79	209,17	460,75	169,25	kwh/ha
	Dizel	-	-	-	-	273,31	-	-	-	kg/ha

Tablo 3.1 devamı

Üretim Aşamaları	Girdiler (ha)	Üreticiler								
		S1	S2	S3	S4	S5	G1	G2	G3	Birim
İlaçlama	Azoxystrobin/Dinitroaniline bileşiği	0	37,5	125	0	0	0	0	0	g/ha
	Chloridazon /diazin bileşiği	0	0	0	0	0	0	520	0	g/ha
	Clopyralid / pyridine bileşiği	100	100	100	100	0	100	100	100	g/ha
	Desmedipham/[thio]carbamate bileşiği	118	71	100	150	121	71	71	71	g/ha
	Difenoconazole/cyclic N-bileşiği	0	0	125	0	0	0	0	0	g/ha
	Ethofumesate/benzimidazole-bileşiği	187	112	200	280	192	112	112	112	g/ha
	Haloxypor-R-methyl-Phenoxy-bileşiği	0	0	0	0	0	0	0	0	g/ha
	Indoxacarb-unspecified	0	0	0	150	150	0	0	0	g/ha
	Lambda-cyhalothrin/Pyrethroid-bileşiği	0	0	50	0	0	0	0	0	g/ha
	Lenacil/Cyclic-N bileşiği	27	0	0	26	26	60	26	60	g/ha
	Metamitron	0	700	0	0	0	0	700	0	g/ha
	Phenmedipham/acetamide-anillide-bileşiği	151	91	0	165	156	91	91	91	g/ha
	Propiconazole/Cyclic-N bileşiği	0	62,5	0	0	0	0	0	0	g/ha
	Dizel	4,1	12,3	12,3	12,3	12,3	4,1	16,4	12,3	kg/ha
Hasat	Dizel	36,9	53,3	49,2	49,2	49,2	82	28,7	34,85	kg/ha

Tablo 3.2’de her bir üreticinin ürün hektar başına ürettiği ürün miktarı belirtilmektedir. Ürün miktarlarında üreticiler arasında farklılık görülmektedir. Yeraltı suyu kullanan üreticilerin ürün miktarı ortalaması 66 ton/ha iken (Standart sapma= 6.25, N =3), yüzey suyu kullanan üreticilerin üretim ortalaması 79,8 ton /ha’dır (Standart sapma= 12,07, N =5). Aradaki ürün farkı toprak farklılıkları gibi unsurlara dayanabilmektedir. Gübre olarak sadece DAP ve AS uygulayan G1 numaralı üretici, aynı zamanda 59 ton/ha ile en az üretim yapan üretici olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı şekilde sadece DAP, AS ve üre gübreleri kullanan ve başka mineral takviyesi yapmayan S5 numaralı üretici 61 ton/ha ile ikinci en düşük üretimi yapan üretici olarak karşımıza çıkmaktadır. İlaç kullanımı açısından tüm üreticiler benzer özelliklerde uygulamalar yapmaktadır. Bu sebeple topraktaki eksik minerallere yönelik gübre uygulaması, üretimdeki düşüklüğün sebeplerinden olabilir. Sarioğlu, Bünyan ve Yeşilhisar bölgelerinin çalışmanın yapıldığı seneye ait bölge verilerine göre ortalama şeker pancarı verimi 75,2 ton/ha’dır.

Tablo 3.2. Üreticilerin hektar başına ürettikleri ürün miktarı.

Üretici Kodu	Üretim Miktarı (ton/ha)
S1	82
S2	76
S3	89
S4	91
S5	61
G1	59
G2	71
G3	68

Üretim miktarlarındaki farklılık sebebiyle ikinci bir fonksiyonel birim hesaplaması yapılmış, hektar başına üretilen ürün miktarının yanında bir ton şeker pancarı üretimi aşamasında gereken girdiler hesaplanmıştır. Tablo 3.2’de 1 ton şeker pancarı üretebilmek için gereken girdiler belirtilmektedir.

Tablo 3.3. Şeker pancarı üretiminde kullanılan girdiler ve miktarları (fonksiyonel birim: 1 ton şeker, B: Baraj suyu, A: Akarsu, Y: Yeraltı suyu).

Üretim Aşamaları	Girdiler (ton)	Üreticiler								
		S1	S2	S3	S4	S5	G1	G2	G3	Birim
Toprak Yönetimi	Dizel	0,65	0,023	0,65	0,91	0,87	1,25	0,75	0,87	kg/ton
Ekim	Tohum	0,023	0,023	0,024	0,023	0,04	0,038	0,035	0,033	kg/ton
	Dizel	0,1	0,16	0,046	0,045	0,2	0,07	0,057	0,18	kg/ton
Gübreleme	DAP	2,45	3,29	3,38	2,76	9,83	8,5	0	5,87	kg/ton
	AS	3,67	6,58	5,63	2,21	6,55	8,5	6,3	3,67	kg/ton
	Üre	2,19	2,24	3,77	2,59	1,64	0	0,25	0,15	kg/ton
	Amonyak azotu	0,29	0,59	0,34	0,33	0	0	0,57	0,33	kg/ton
	Fosfor pentoksit	0,88	1,45	1,01	0,99	0	0	0,57	0,81	kg/ton
	Potasyum oksit	0,73	1,58	0,84	0,83	0	0	1,51	0,88	kg/ton
	Magnezyum oksit	0,098	0,66	0,11	0,11	0	0	0,63	0,37	kg/ton
	Sülfür trioksit	0,49	0,66	0,56	0,55	0	0	0,63	0,37	kg/ton
	Demir	0	0,03	0	0	0	0	0	0	kg/ton
	Çinko	0	0	0	0	0	0	0,03	0,02	kg/ton
	Toplam N girdisi	0,42	0,34	0,29	0,49	0,26	0,30	0,73	0,54	kg/ton
	Toplam P girdisi	0,66	0,47	0,50	0,59	0,22	0,26	1,65	0,33	kg/ton
	Dizel	0,1	0,11	0,09	0,09	0,13	0,07	0,12	0,18	kg/ton
Sulama	Su	204,42	217,24	95,74	97,58	154,08	147,39	159,57	14,96	m ³ /ton
	Sulama kaynağı	B	B	B	B	A	Y	Y	Y	A + Y
	Sulam ekipmanı	9,33	2,23	1,91	1,87	11,11	5,76	2,37	4,97	kg/ton
	Elektrik	-	-	-	-	4,17	3,55	6,45	2,48	kwh/ton
	Dizel	-	-	-	-	4,48	-	-	-	kg/ton

Tablo 3.3 devam

Üretim Aşamaları	Girdiler (ton)	Üreticiler								
		S1	S2	S3	S4	S5	G1	G2	G3	Birim
İlaçlama	Azoxystrobin/Dinitroaniline bileşiği	0	0,49	1,41	0	0	0,49	0	0	g/ton
	Chloridazon /diazin bileşiği	0	0	0	0	0	0	7,28	0	g/ton
	Clopyralid / pyridine bileşiği	1,22	1,32	1,13	1,1	0	1,32	1,4	1,47	g/ton
	Desmedipham/[thio]carbamate bileşiği	1,45	0,93	1,13	1,66	1,98	0,93	0,99	1,04	g/ton
	Difenoconazole/cyclic N-bileşiği	0	0	1,41	0	0	0	0	0	g/ton
	Ethofumesate/benzimidazole-bileşiği	2,29	1,47	2,25	3,09	3,15	1,47	1,57	1,64	g/ton
	Haloxypop-R-methyl-Phenoxy-bileşiği	0	0	0	0	0	0	0	0	g/ton
	Indoxacarb-unspecified	0	0	0	1,66	2,46	0	0	0	g/ton
	Lambda-cyhalothrin/Pyrethroid-bileşiği	0	0	0,56	0	0	0	0	0	g/ton
	Lenacil/Cyclic-N bileşiği	0,33	0	0	0,29	0,43	0	0,36	0,88	g/ton
	Metamitron	0	9,21	0	0	0	9,21	9,81	0	g/ton
	Phenmedipham/acetamide-anillide-bileşiği	1,85	1,2	0	1,82	2,56	1,2	1,27	1,33	g/ton
	Propiconazole/Cyclic-N bileşiği	0	0,82	0	0	0	0,82	0	0	g/ton
	Dizel	0,05	0,16	0,14	0,14	0,2	0,16	0,23	0,18	kg/ton
Hasat	Dizel	0,45	0,65	0,55	0,54	0,47	1,39	0,4	0,265	kg/ton

3.2. Tarlada Şeker Pancarı Üretiminde Çevresel Etkileri

Tarlada tohumdan şeker pancarı üretiminden son ürün olan şekerin üretilmesine kadar geçen süreçte birçok aşama bulunmaktadır. Bununla birlikte bu aşamaların her birinde pek çok girdi kullanılmaktadır. Şeker pancarı ve şeker üretiminde doğal kaynakların kullanılması, fosil yakıt kullanımından kaynaklı sera gazı salınımı ve atık su oluşumu gibi çevresel etkilere sebep olmaktadır.

Simo Pro üzerine eklenen veriler olan ReCiPe 2016 midpoint (H) modeli ile hesaplanmıştır.

Şeker pancarı üretiminden kaynaklı çevresel etkilerden küresel ısınma, karasal ekotoksitesite, tatlı su ekotoksitesitesi ve su tüketimi YDD ile bulunmuştur. Şeker pancarı üretimi YDD karakterizasyon sonuçları tablo 3.7’de ve şekil 3.1’de verilmiştir. Karakterizasyon işlemi yapıldığında her aşamada kullanılan her bir girdinin çevresel etkisi hesaplanır ve çevresel etki sonuçlarının birimlerine dönüştürülür. Örneğin tarlada yapılan işlemlerde dizel kullanımının küresel ısınmaya etkisi olurken, sulamada kullanılan elektrik girdisinin de küresel ısınma etkisine katkısı olabilmektedir.

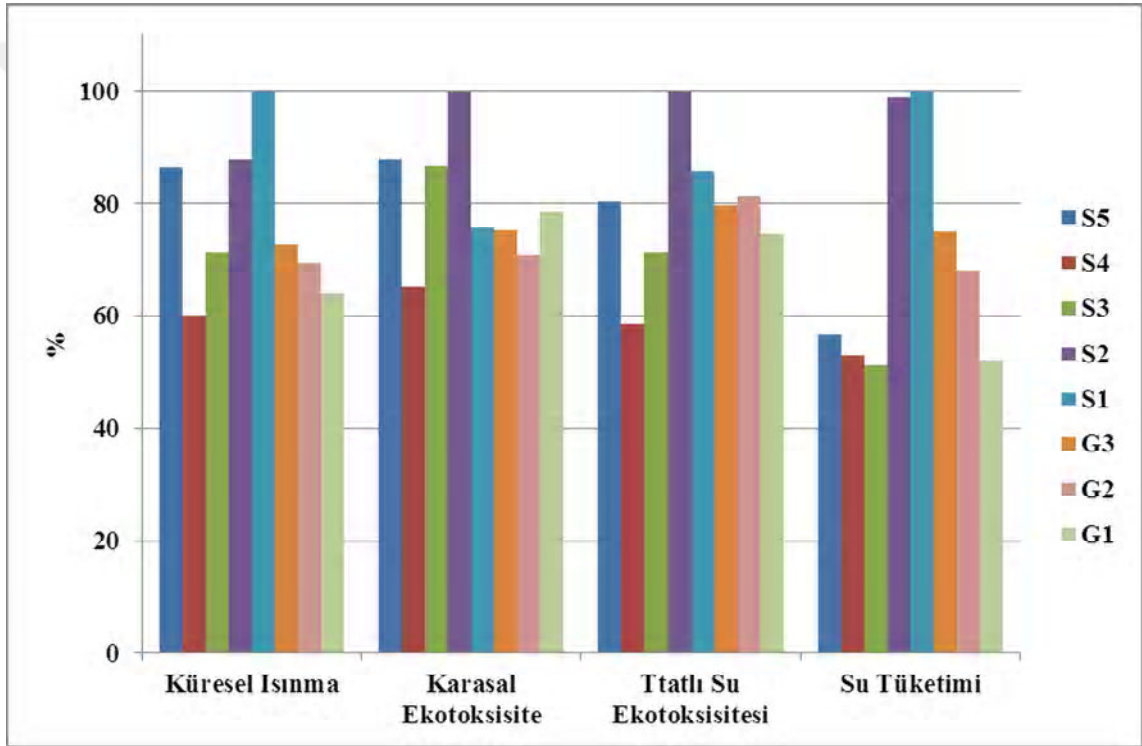
Tablo 3.7. Şeker pancarı üretimi karakterizasyon tablosu (fonksiyonel birim ha. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)

Etki Kategorisi	Birim	G1	G2	G3	S1	S2	S3	S4	S5
Küresel Isınma	kg CO2 eq	3258	3535	3689	5085	4471	3625	3057	4399
Karasal Ekotoksitesite	kg 1,4-DCB	9281	8375	8873	8933	11821	10267	7698	10380
Tatlı Su Ekotoksitesitesi	kg 1,4-DCB	439	479	469	506	589	420	344	473
Su Tüketimi	m3	8740	11434	12558	16773	16589	8588	8905	9495

Şeker pancarı üretiminin küresel ısınma potansiyeli bir hektarlık tarım alanında 3057 ile 4471 kg CO₂ eşdeğeri olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 3.4). Bu değerler yoğunluklu olarak elektrik ve dizel kullanımına bağlı değerlerdir. Üreticiler kendi içinde değerlendirildiğinde yüzey suyu kullanan S1, S2 ve S5 üreticilerinin tarlada diğer üreticilere göre daha fazla işlem gerçekleştirdiği görülmektedir veya birim alanda kullandıkları dizel girdisi fazla olması küresel ısınma potansiyelindeki farklılık ile

kendisini göstermektedir. Su kullanımı yeraltı suyu kullanan üreticiler arasında ortalama 10911 m³/ha, yüzey suyu kullanan üreticiler arasında ortalama 12070 m³/ha olarak bulunmuştur. S3 ve G1 üreticileri en az su kullanan üreticilerdir ve su kaynağına göre yeraltı suyu ve yüzey suyu kullanan üreticiler arasında belirgin bir fark göze çarpmamaktadır. S1 üreticisinin su tüketiminin en fazla olduğu görülmektedir.

Üreticiler birbirleriyle çevresel etkileri açısından kıyaslandığında S1 ve S2 numaralı üreticilerin çevresel etki açısından tüm kategorilerde en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.1.).



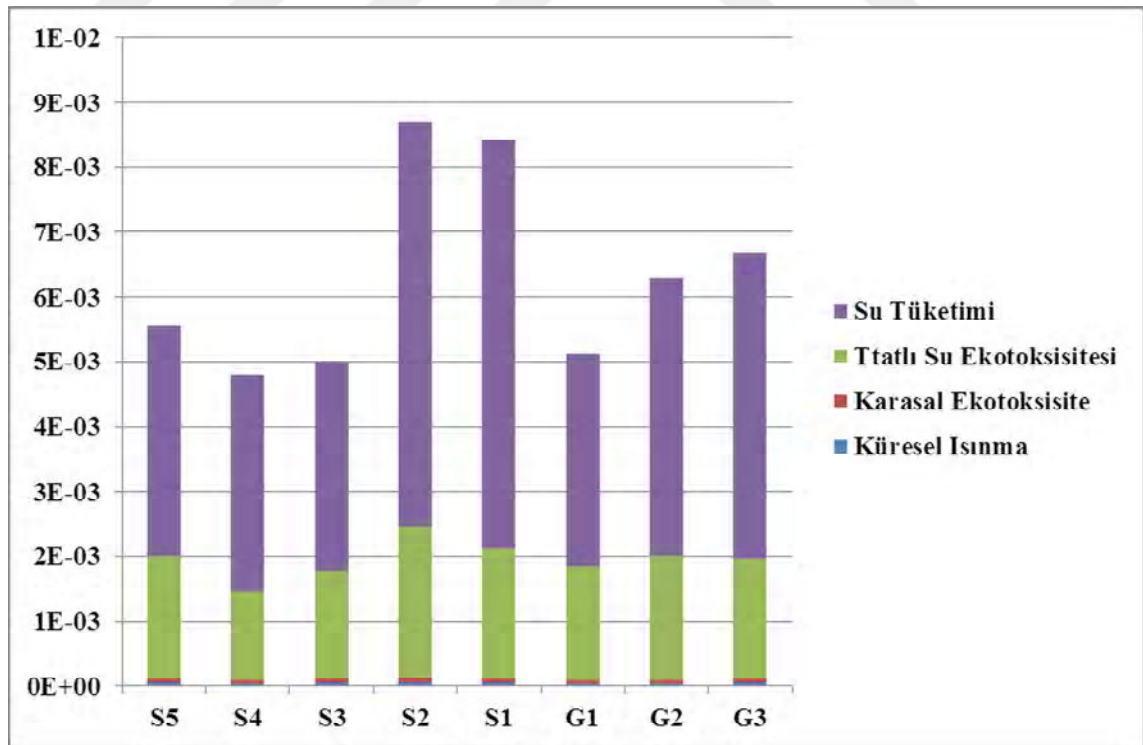
Şekil 3.1. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki karakterizasyon grafiği (S: Yüzey suyu kullanıcıları, G: Yeraltı suyu kullanıcıları)

Şeker pancarı üretiminden kaynaklanan çevresel etkiler; küresel ısınma, karasal ekotoksiste, tatlı su ekotoksitesi ve su tüketimi YDD ile bulunmuştur. Şeker pancarı üretimi YDD normalizasyon sonuçları tablo 3.8’de ve şekil 3.2’de verilmiştir. Normalizasyon işlemi çevresel etkilerin sonuçlarını etkilerin kendi aralarında kıyaslamaya yarayan bir işlemdir ve bu işlem yapıldığında sonuçların birimleri aynı birime denk olur.

Tablo 3.8. Şeker Pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon tablosu

Etki Kategorisi	S5	S4	S3	S2	S1	G1	G2	G3
Küresel Isınma	6E-05	3,8E-05	4,5E-05	5,6E-05	6,4E-05	4,1E-05	4,4E-05	4,6E-05
Karasal Ekotoksosite	7E-05	5,1E-05	6,8E-05	7,8E-05	5,9E-05	6,1E-05	5,5E-05	5,8E-05
Tatlı Su Ekotoksitesitesi	2E-03	1,4E-03	1,7E-03	2,3E-03	2,0E-03	1,7E-03	1,9E-03	1,9E-03
Su Tüketimi	4E-03	3,3E-03	3,2E-03	6,2E-03	6,3E-03	3,3E-03	4,3E-03	4,7E-03

Şeker pancarı üretim aşamasının normalizasyon sonuçlarına bakıldığında çevresel etkiler birbirleriyle kıyaslandığında en çok etkinin su tüketiminde olduğu gözlenmektedir. Su tüketiminde ise özellikle S1 (0,0063) ve S2 (0,0062) yüzey suyu kullanıcılarının sulama aşamasında yeraltı suyu kullanıcılarına göre daha fazla su kullandığı görülmektedir.



Şekil 3.2. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon grafiği

Fonksiyonel birim tona göre şeker pancarı üretimi kaynaklı çevresel etkilerden küresel ısınma, karasal ekotoksosite, tatlı su ekotoksitesitesi ve su tüketimi fonksiyonel YDD ile

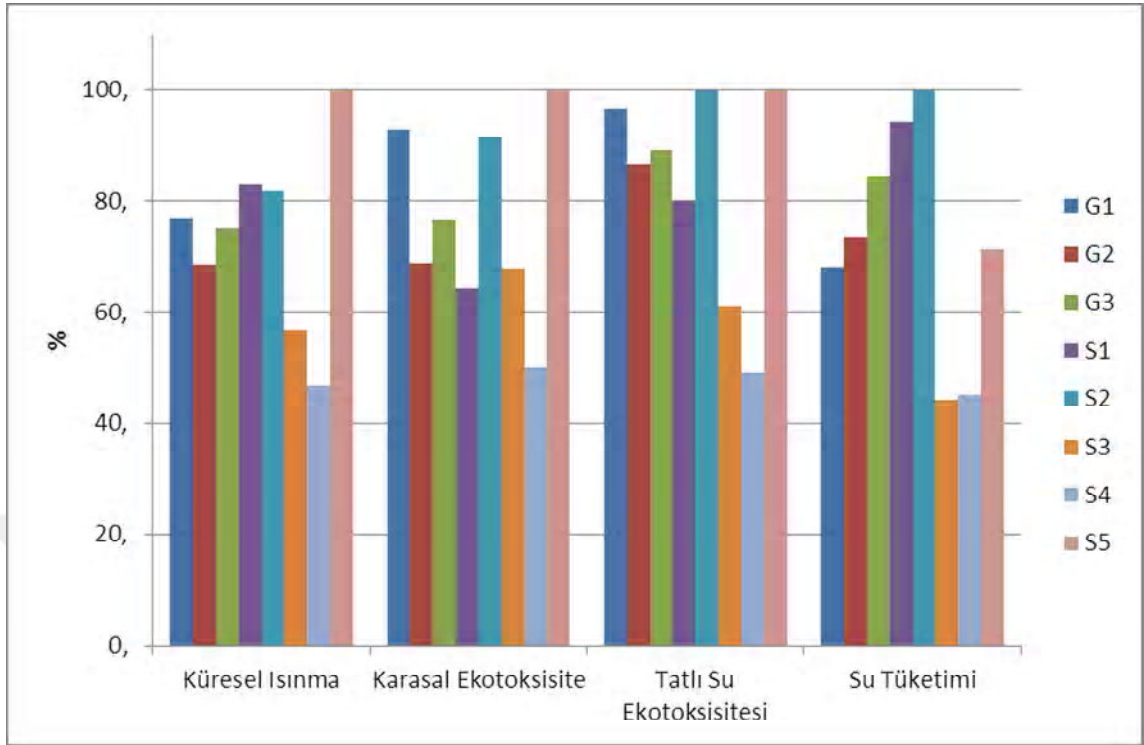
bulunmuştur. Şeker pancarı üretimi YDD karakterizasyon sonuçları tablo 3.9.'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Şeker pancarı üretimi karakterizasyon tablosu (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)

Etki Kategorisi	Birim	G1	G2	G3	S1	S2	S3	S4	S5
Küresel Isınma	kg CO ₂ eq	55,4	49,5	54,1	59,7	58,8	40,8	33,7	72
Karsal Ekotoksisite	kg 1,4 DCB	157,8	117,1	130,5	109,3	155,2	115,5	85	170
Tatlı Su Ekotoksisitesi	kg 1,4 DCB	7,5	6,7	6,9	6,2	7,7	4,7	3,8	7,7
Su Tüketimi	m ³	148,6	160,2	184,2	205,4	218,3	96,7	98,3	155,6

Şeker pancarı üretiminin fonksiyonel birim olan tona göre küresel ısınma potansiyeli bir ton şeker pancarı üretiminde (S4) 33,7 ila (S5) 72 kg CO₂ kg eşdeğeri olarak karşımıza çıkmaktadır (Tablo 3.4). Bu değerler fonksiyonel birim ha karakterizasyon sonuçları tablosunun küresel ısınma etkisinde S4 üreticisinin 3057 kg CO₂ ve üretim verimi hektarda 91 kg idi. Bu sonuç S4 üreticisinin ton başına 33,7 kg CO₂ salınımı yapmıştır. $33,7 \text{ kg CO}_2 = (3057 \text{ kg CO}_2/\text{ha}) / (91 \text{ ton/ha})$ işleminin sonucudur. Aynı şekilde fonksiyonel birim ha karakterizasyon sonuçları tablosunun küresel ısınma etkisi S5 üreticisinin 4399 kg CO₂'dir. S5 üreticisinin hektardaki verimi 61 kg/ha idi. S5 üreticisinin ton başına 72 kg CO₂ salınımı yapmıştır. $72 \text{ kg CO}_2 = (4399 \text{ kg CO}_2/\text{ha}) / (61 \text{ ton/ha})$ işleminin sonucudur.

Küresel ısınma etkisinde S5 üreticisinin (fonksiyonel birim ton) bir ton şeker pancarı üretiminde en fazla karbon salınımı gerçekleştiren üretici olarak dikkat çekmektedir. S5 (61 ton/ha) ve G1 (59 ton/ha) üreticileri hektar bazında en az üretim yapan iki üreticidir. Sulama işleminde her iki üreticide (S5: 4,17 kwh/ton, G1:3,55 kwh/ton) elektrik kullanımı gerçekleştirmektedir. Ayrıca S5 üreticisi sulama işleminde dizel kullanımı da gerçekleştirmektedir. S5 üreticisi sulama işlemi de dahil bütün işlemlerde bir ton şeker pancarı üretiminde 6,35 kg/ha ile en fazla dizel kullanan üreticidir. Bu durum S5 üreticisinin küresel ısınma potansiyeli etkisi bakımından en yüksek bir ton şeker pancarı üretiminde en fazla karbon salınımı yapan üretici konumuna getirmiştir.



Şekil 3.3. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki karakterizasyon grafiği (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)

Su tüketiminde etkisinde ise en fazla su tüketimi gerçekleştiren iki üretici S1 ve S2 üreticileridir. S2 üreticisi bir ton şeker pancarı üretiminde normalizasyon (ton) tablosuna göre 218,3 (m^3 /ton şeker pancarı) su kullanımı S1 üreticisi ise 205,4 (m^3 su/ ton şeker pancarı) kullanmıştır. S4 (98,3 m^3 su/ ton şeker pancarı) ve S3 (96,7 m^3 su/ ton şeker pancarı) üreticilerine baktığımız zaman S1 ve S2 üreticilerinin kullanmış olduğu sudan daha az su kullanarak hektar başına daha fazla üretim gerçekleştirdiği görülmektedir.

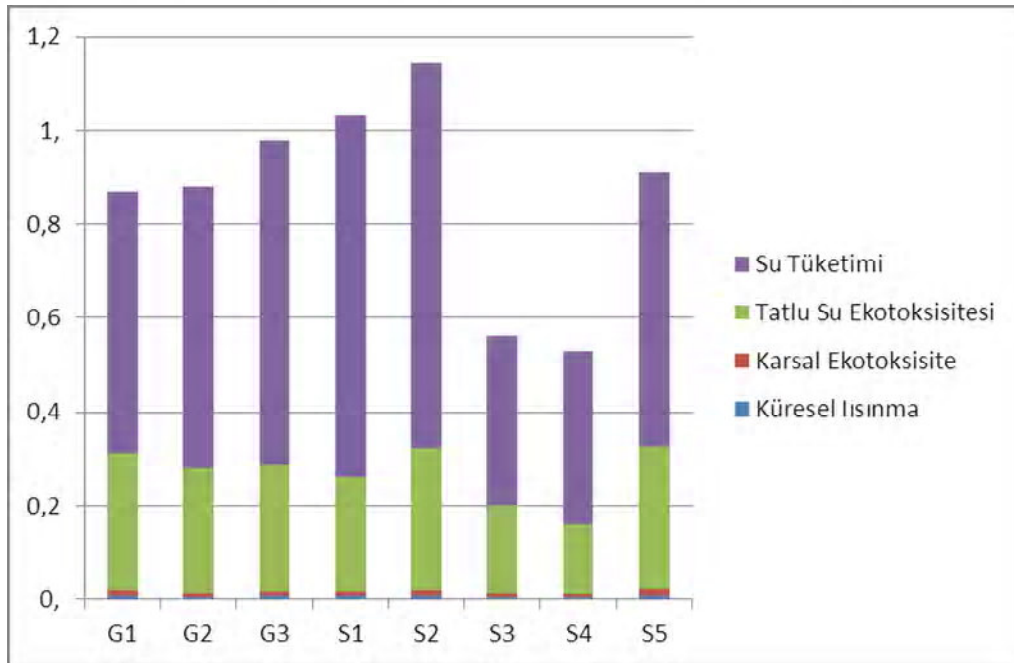
Şeker pancarı üretimi fonksiyonel birim ton olan normalizasyon sonuçları Tablo 3.10'da ve Şekil 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.10. Şeker pancarı üretimi normalizasyon tablosu (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)

Etki Kategorisi	G1	G2	G3	S1	S2	S3	S4	S5
Küresel Isınma	0,007	0,006	0,007	0,007	0,007	0,005	0,004	0,009
Karasal Ekotoksosite	0,010	0,008	0,009	0,007	0,010	0,008	0,006	0,011
Tatlı su Ekotoksitesitesi	0,296	0,266	0,274	0,246	0,307	0,188	0,151	0,307
Su Tüketimi	0,557	0,601	0,691	0,770	0,819	0,363	0,369	0,583

Şeker pancarı üretim aşaması fonksiyonel birim ton olan normalizasyon sonuçlarına bakıldığında çevresel etkiler birbirleriyle kıyaslandığında en çok etkinin 0,819 ile su tüketiminde olduğu ve S2 üreticisinde olduğu görülmektedir.

Üreticilerin (S1 ve S2), fazla su kullanımı ve üretim verimine bakılırsa, su kullanımı ekim yaptıkları toprak yapısı ile alakalı, üretim verimi ise gübre kullanımı, şeker pancarı tohumu çeşidi ve üretim ve bakım şartları ile ilgili olabilir.



Şekil 3.4. Şeker pancarı üretimi aşamasındaki normalizasyon grafiği (fonksiyonel birim ton. S: Yüzey suyu, G: Yeraltı suyu kullanan üreticiler)

3.3 Fabrikada Şeker Üretiminin Çevresel Etkileri

Bu bölümde, şeker üretiminin fabrika aşamasında yaşam döngüsünün her bir adımının çevreye olan potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla SimaPro yazılımı kullanılarak ve TS EN ISO 14040, TS EN ISO 14044 standartlarına uygun olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışmasının bulguları sunulmuştur. Fabrikada şeker pancarından şeker üretimi yapılan şeker üretim prosesinde aşamalar ve gerçekleşen her işlem için kullanılan her bir girdinin miktarıyla birlikte tablo 3.6'da gösterilmektedir. Fabrika üretim aşamaları 3 temel grupta (meydan, ham fabrika ve rafineri) ele alınmıştır. Meydan aşaması, şeker pancarı depolama, taşıma ve ot tutucu, şeker pancarı ön ve son yıkama aşamalarından oluşmaktadır. Ham fabrika aşaması ise dilimleme, difüzyon, haşlama, şerbet arıtımı, ön kireçleme, sıcak/soğuk kireçleme, 1. Satürasyon, HKF 1. filtre, son kireçleme, 2. Satürasyon, HKF 2. filtre, evaporasyon, koyu şerbet filtrasyonu, eritme tekneleri, standart şerbet filtrasyonu ve kristalizasyon aşamalarını kapsamaktadır. Son olarak rafineri aşaması ise santrifüjleme, kristal şeker kurutma ve ambalajlama aşamalarından oluşmaktadır.

Şeker üretim aşamaları belirlenerek her bir aşamada kullanılan her aşamadaki girdiler miktarlarıyla birlikte Sima Pro programına girilerek şeker pancarından şeker üretimindeki çevresel etkiler YDD ile hesaplanmıştır. Fabrikada şeker pancarından şeker üretimi yapılan şeker üretim prosesinde aşamalar ve gerçekleşen her işlem için kullanılan her bir girdinin miktarıyla birlikte tablo 3.11'de gösterilmektedir.

Tablo 3.11. Şeker pancarından şeker üretiminde kullanılan girdiler ve miktarları

Fabrika Üretim Aşamaları	Girdi	Birim	Miktar
Şeker Pancarı Depolama	Elektrik	MJ/ton	24,8
Taş ve Ot Tutucu	Elektrik	MJ/ton	6,35
Şeker Pancarı Ön Yıkama	Su	m ³ /ton	0,33
	Elektrik	MJ/ton	8,18
Şeker Pancarı Son Yıkama	Su	m ³ /ton	0,65
	Elektrik	MJ/ton	7,12
Dilimleme	Elektrik	MJ/ton	26,58
Difüzyon	Elektrik	MJ/ton	80,98
	Su	m ³ /ton	2,62
	Asit	kg/ton	0,79
	Jips	kg/ton	5,83
Haşlama	Elektrik	MJ/ton	7,98
Şerbet Arıtımı	Elektrik	MJ/ton	74,46
Ön Kireçleme	Elektrik	MJ/ton	5,07
	Kok	kg/ton	542,43
	Su	m ³ /ton	0,25
	Kireç	kg/ton	261,07
Sıcak/Soğuk Kireçleme	Su	m ³ /ton	0,43
	Elektrik	MJ/ton	5,13

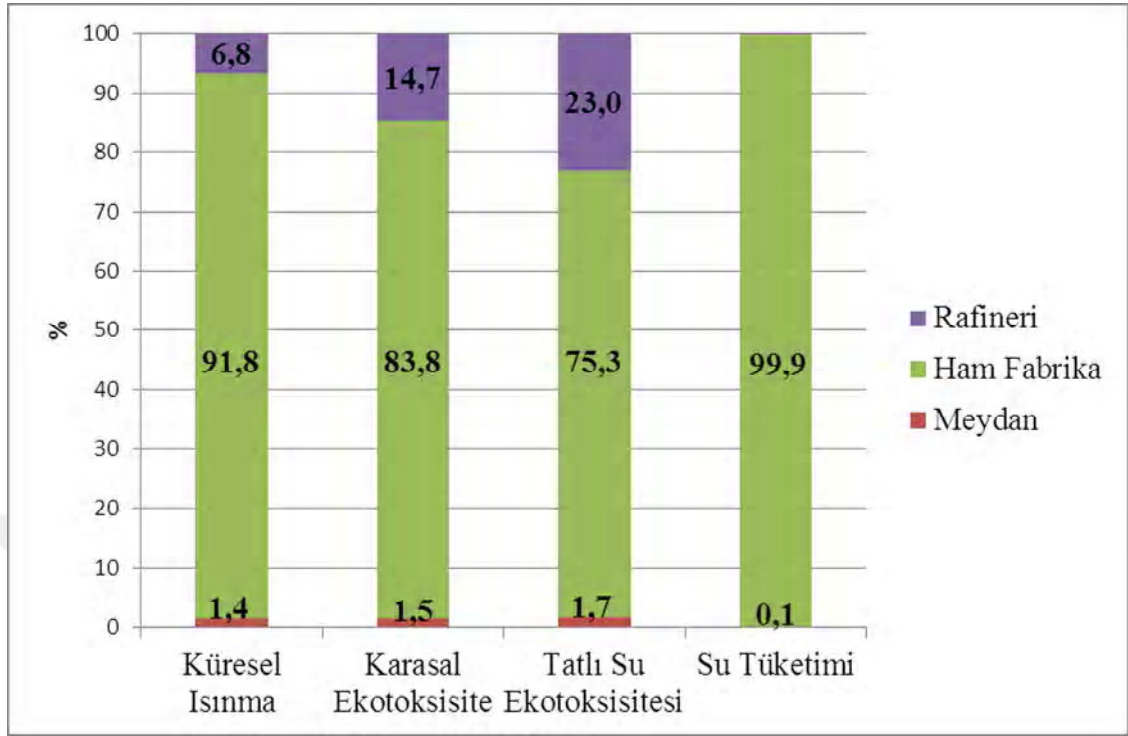
Tablo 3.11 devamı

Fabrika Üretim Aşamaları	Girdi	Birim	Miktar
1. Saturasyon	Elektrik	MJ/ton	0,05
Hkf 1. Filtre	Elektrik	MJ/ton	7,38
	Asit	kg/ton	0,02
Son Kireçleme	Elektrik	MJ/ton	11,65
2. Saturasyon	Elektrik	MJ/ton	0,04
Hkf 2. Filtre	Elektrik	MJ/ton	6,64
	Asit	kg/ton	0,0245
Evaporasyon	Elektrik	MJ/ton	38,66
	Buhar	MJ/ton	5857,24
	Baz	kg/ton	0,28
	Asit	kg/ton	0,06
	Asit	kg/ton	0,28
Koyu Şerbet Filtrasyonu	Elektrik	MJ/ton	1,93
Eritme Tekneleri	Elektrik	MJ/ton	16,94
Standart Şerbet Filtrasyonu	Elektrik	MJ/ton	1,93
Kristalizasyon	Elektrik	MJ/ton	116,31
Santrifüjleme	Elektrik	MJ/ton	100,35
Kristal Şeker Kurutma	Elektrik	MJ/ton	21,79
Ambalajlama	Elektrik	MJ/ton	13,22

Çevresel etki hesaplamalarında literatürde yaygın kullanılan metotlardan biri olan ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu ve Ecoinvent veritabanı kullanılmıştır. Kullanılan ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu toplam 18 çevresel etki kategorisini (GW: küresel ısınma, SOP: stratosferik ozon incelmesi, IR: iyonlaştırıcı radyasyon, OF,HH: ozon oluşumu, insan sağlığı, FPMF: ince partikül madde oluşumu, OF,TE: ozon oluşumu,karasal ekosistemler, TA: karasal asidifikasyon, FE: tatlı su ötrofikasyonu, ME: deniz ötrofikasyonu, TE: karasal ekotoksisite, FE: tatlı su ekotoksisite, ME: deniz ekotoksisite, HCT: insan kanserojen toksisitesi, HNCT: insan kanserojen olmayan toksisitesi, LU: arazi kullanımı, MRS: mineral kaynak kıtlığı, FRS: fosil kaynak kıtlığı, WC: su tüketimi) kapsamaktadır. Ancak, bu çalışmada 4 önemli çevresel etki kategorisi (küresel ısınma, karasal ekotoksisite, tatlı su ekotoksitesitesi ve su tüketimi) ve sonuçları ele alınmıştır.

YDD analizlerinden elde edilen karakterizasyon sonuçları şekil 3.5’de ve tablo 3.9’da verilmiştir.

YDD analiz bulguları, şeker üretiminin çevresel etkilerinin tüm çevresel etki kategorileri için ham fabrika aşamasından kaynaklandığını göstermektedir. (Şekil 3.5). Ham fabrika aşaması, küresel ısınmanın %91,8’lik, karasal ekotoksitesitenin %83,8’lik, tatlı su ekotoksitesitesinin %75’3’lük ve su tüketiminin %99,9’luk oranla en fazla çevresel etkiye neden olan aşamadır. Ham fabrika aşamasından sonra rafineri aşaması ise %6,8-23,0 oranlarında ikinci en yüksek çevresel etkiye neden olan aşamadır. YDD sonuçları meydan aşamasının ise şeker üretimin en az (%0,1-1,7) çevresel etkiye sebep olan aşaması olduğunu göstermektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Şeker üretiminde fabrika aşamasının YDD karakterizasyon sonuçları

Tablo 3.9’da gösterildiği gibi 1 ton şeker üretiminin küresel ısınma potansiyeli 714,7 kg CO₂ eq olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam küresel ısınma potansiyelinin %91,8’lik oranı (656,3 kg CO₂ eq) ham fabrika aşamasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, 1 ton şeker üretiminin karasal ve tatlı su ekotoksisite değerleri ise sırasıyla 122,6 kg 1,4-DCB ve 13,1 kg 1,4-DCB olarak hesaplanmıştır. Küresel ısınma potansiyeli etki kategorisine benzer şekilde, ham fabrika aşaması, karasal ve tatlı su ekotoksisite etki kategorilerinde de sırasıyla %83,8 (102,8 kg 1,4-DCB) ve %75,3’lük (9,9 kg 1,4-DCB) oranlar ile toplam çevresel etkiye en fazla sebep olan aşama olduğu görülmektedir. Son olarak, 1 ton şeker üretiminin fabrika aşamasındaki su tüketim değeri 46728,3 m³ olarak hesaplanmıştır ve %99,9’luk oranla ham fabrika aşaması bu çevresel etki kategorisinde de en fazla etkiye neden olan aşama olduğu ortaya konulmuştur.

Şeker üretiminin karakterizasyon sonuçlarına bakıldığında şekerin işlenme aşamasında, 1 ton şeker üretimi için 714,7 kg CO₂ eq küresel ısınma etkisi ve 46728,3 m³ su tüketimi etkisi görülmektedir (Tablo 3.12.).

Tablo 3.12. Şeker üretiminin 1 ton başına çevresel etki kategori değerleri (Karakterizasyon, ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu)

Etki Kategorisi	Birim	Ham Fabrika	Meydan	Rafineri	Toplam
Küresel Isınma	kg CO ₂ eq	656,3	9,7	48,7	714,7
Karasal Ekotoksisite	kg 1,4-DCB	102,8	1,8	18	122,6
Tatlı Su Ekotoksisitesi	kg 1,4-DCB	9,9	0,2	3	13,1
Su tüketimi	m ³	46727,2	1	0,1	46728,3

Şeker üretiminin normalizasyon sonuçlarına bakıldığında şekerin işlenme aşamasında çevresel etkilerinden su tüketiminin diğer etkilere göre çok daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.4). Bunun sebebi bu kısımda gerçekleşen aşamaların fazla olması ve kullanılan su girdisinin miktar olarak diğer aşamalardan fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

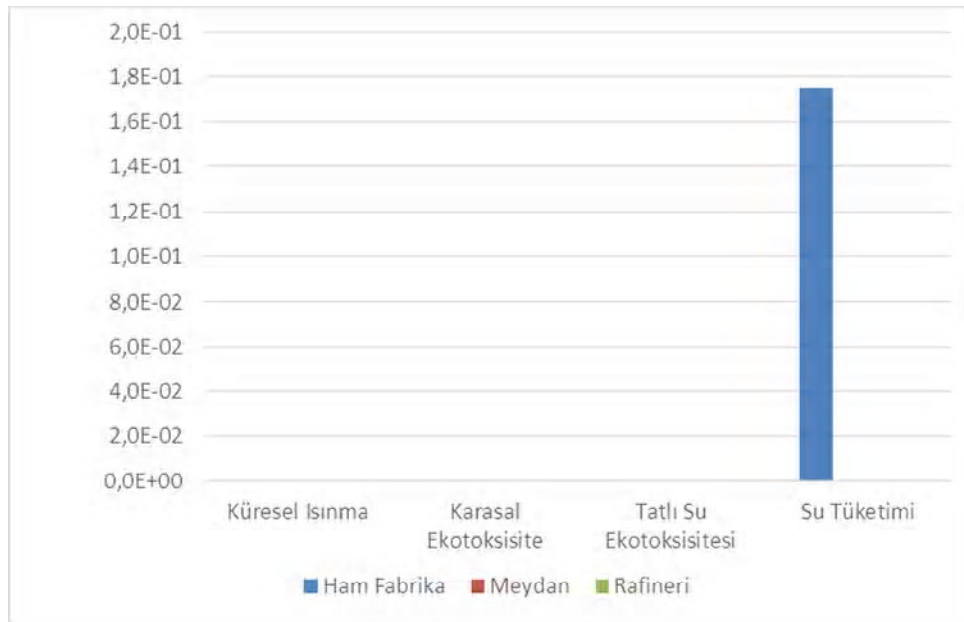
YDD analiz sonuçlarının normalizasyonu sonucunda elde edilen normalize edilmiş değerler aşağıda Tablo 3.10’da verilmiştir. 1 ton şeker üretiminin sırasıyla normalize küresel ısınma potansiyeli, karasal ekotoksisitesi, tatlı su ekotoksisitesi ve su tüketimi $8,9 \times 10^{-5}$, $8,1 \times 10^{-6}$, $5,2 \times 10^{-4}$ ve $1,9 \times 10^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Karakterizasyon sonuçlarına benzer şekilde, normalizasyon sonuçları da ham fabrika aşamasının tüm çevresel etki kategorilerinde en fazla etkiye sahip aşama olduğunu göstermektedir.

Şeker üretiminden kaynaklanan çevresel etkiler; küresel ısınma, karasal ekotoksisite, tatlı su ekotoksisitesi ve su tüketimi YDD ile bulunmuştur. Şeker pancarı üretimi YDD normalizasyon sonuçları tablo 3.13’te verilmiştir.

Tablo 3.13. Şeker üretiminin 1 ton başına çevresel etki kategori değerleri (Normalizasyon, ReCiPe 2016 midpoint (H) metodu)

Etki Kategorisi	Ham Fabrika	Meydan	Rafineri	Toplam
Küresel Isınma	$8,2 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-6}$	$6,1 \times 10^{-6}$	$8,9 \times 10^{-5}$
Karasal Ekotoksisite	$6,8 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-7}$	$1,2 \times 10^{-6}$	$8,1 \times 10^{-6}$
Tatlı Su Ekotoksisitesi	$3,9 \times 10^{-4}$	$8,9 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-4}$	$5,2 \times 10^{-4}$
Su Tüketimi	$1,9 \times 10^{-1}$	$3,8 \times 10^{-6}$	$3,8 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-1}$

Şeker üretiminin normalizasyon sonuçlarına bakıldığında şekerin işlenme başladığı aşamada yani ham fabrika kısmında en yüksek çevresel etkilerin gerçekleştiği görülmektedir. Çevresel etkilerden ise su tüketiminin en fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi bu kısımda gerçekleşen aşamaların fazla olması ve kullanılan su girdisinin miktar olarak diğer aşamalardan fazla olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Şeker üretimi normalizasyon grafiği

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Ana Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışma kapsamında şeker üretiminin iki ana aşamasının çevresel değerlendirmesi yapılmıştır. Birinci aşaması tarlada şeker pancarı üretimi, ikinci aşaması ise fabrikada şeker üretimidir.

Ana değerlendirme öncesinde bir önceki bölümde bulduğumuz bulguları farklı çalışmalarla kıyaslaması yapılacaktır. Şeker endüstrisinde yapılan benzer çalışmalardan bazıları Tablo 4.1.'de gösterilmektedir. Bunlar içerisinde iki tanesi bütüncül değerlendirme açısından bizim çalışmamızla kıyaslanmıştır. Güney Afrika'da, Mashoko vd. şeker kamışından şeker üretiminde yaptığı YDA çalışmasında 1 ton şeker üretimi için 846 ton şeker kamışı kullanmıştır. Bu çalışmada ton başına kullanılan ham madde miktarı bu tez çalışmasındaki kullanılmış olan ham madde miktarından çok fazladır (Ne kadar fazla??). Şeker üretiminde ham madde miktarına paralel olarak yan ürün oluşumunda fazla olmaktadır. 1 ton şeker üretiminde 235,18 ton küspe üretimi, 0,38 ton melas ve 0,56 ton filtre çamuru bulunmaktadır. Bu çalışmada enerji üretimi amacıyla fosil yakıt ile birlikte şeker üretim prosesinin yan ürünü olan küspe kullanılmıştır. Tez çalışmasında ise enerji üretimi amacı ile yan ürün yerine fosil yakıt kullanılmıştır. Gaz emisyonları çıktısına bakıldığında Güney Afrikadaki çalışmada 1 ton şeker üretimi için fosil yakıtlardan kaynaklı 160 kg CO₂ açığa çıkmaktadır, tez çalışmasında ise fosil yakıt kullanımından kaynaklı 714,7 kg CO₂ açığa çıkmaktadır. Renouf vd. Avustralya'da yaptığı YDA çalışmasında 1 ton monosakkarit üretimi için kömür kullanmaktadır ve bunun sonucunda 28,4 kg NO_x, 17 kg N₂O gaz emisyonu oluşmuştur.

Contreras vd. Küba'da yaptığı çalışma fabrika aşamasında enerji için güneş enerjisine geçildiğinde ne kadarlık bir emisyon azaltımı olduğunu göstermiştir. Yaptıkları YDA çalışmasında enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılaması ile 76 kat daha az NO_x

salınımı gerçekleştiğini göstermişlerdir. Bütüncül bir analiz ile şeker üretimi sırasında güneş enerjisi kullanımının tüm çevresel etkilerin araştırılmasına ve modellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bir sonraki bölümde bu tez çalışmasına özel olarak bulgular değerlendirilecek ve öneriler yapılacaktır.

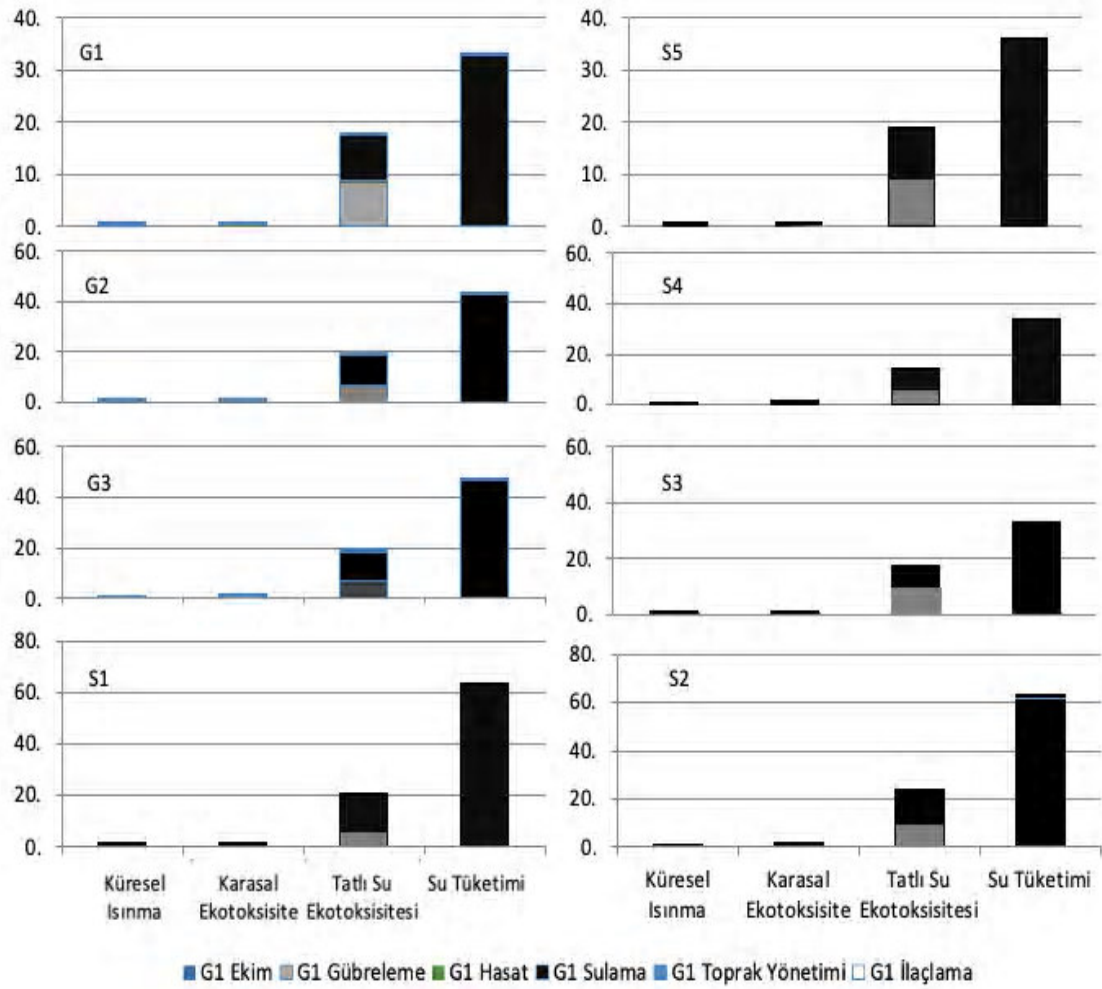


Tablo 4.1. Şeker üretiminde yapılan diğer YDD çalışmaları tablosu [54]

Çalışma Numarası	Yazar ismi/Ülke	Sonuçlar	
		Girdiler	Çıktılar
1.	Livison Mashoko vd./Güney Afrika	1 ton şeker üretimi 846 ton şeker kamışı 17000 m ³ su 0,15 ha alan kullanımı 71 kg kömür 1 ton şeker kamışı işlenmesi 520 kg buhar 35 kwh elektrik	1 ton şeker üretimi için Hava Emisyonu Fosil yakıttan 160 kg CO ₂ , 1,7 kg TSP, 1,26 kg NO _x , 1,26 kg CO 1,21 kg SO ₂ , 0,26 kg N ₂ O, 0,065 kg VOC, 0,002 kg CH ₄ Sudaki Emisyonlar 6,6 kg BOI ₇ , 19 kg KOI, 12 kg NO ₃ ⁻ , 0,15 kg PO ₄ ⁻ 0,05 kg askıda katı madde, 0,00126 kg Fe Toprak Emisyonu 368 kg kül ve cüruf, 0,03 kg tehlikeli atık Yan ürünler 0,56 ton filtre keki, 0,38 ton melas ve 235,18 ton küspe Günlük şeker üretimi için Hava Emisyonu 4,24 ton PM ₁₀ , 0,374 tonnes Nox Sudaki Emisyonlar 10,46 ton KOI, 0,12 ton P, 0,0805 ton N ₂ , 1,803 ton inorganik katı Toprak Emisyonu 69 ton filtre keki, 2,69 ton kül Yan ürünler 216 ton şeker, 56 ton melas Günlük şeker kamışı üretimi için 2300 ton şeker kamışı, 483 ton tarım atığı, 5,7 kg N ₂ O, 0,4 kg N ₂ Toprakta 0,03 kg pestisit ve suda 0,0015 kg pestisit 1 hektarlık şeker kamışı üretim alanında Hava Emisyonu 28,4 kg NO _x , 17 kg N ₂ O, 4,5 kg NH ₃ Sudaki Emisyonlar 46,8 kg NO ₃ , 2,4 kg P, 37,8 g pestisit Yan ürünler 85 ton şeker kamışı, 12,1 ton şeker 1 ton monosakkarit üretimi için Hava Emisyonu 1487 gr NO _x , 827 g PM ₁₀ , 621 gr Sox 174 g CH ₄ , 77 g N ₂ O, 1,7 g NMVOC Sudaki Emisyonlar 1,2 g BOD ₅ , 1,8 g AKM Toprak Emisyonu 365 kg filtre keki/değirmen çamuru, 51 kg kül 1 ton şeker üretimi için Hava Emisyonu 714,7 kg CO ₂ Yan ürünler 0,25 ton Melas 0,061 ton küspe 1 ton şeker pancarı üretimi için Hava Emisyonu 3889,9 kg CO ₂
2.	Ana M. Contreras vd./ Küba	Günlük şeker üretimi 2300 ton şeker kamışı 1,59 ton kireç Günlük şeker kamışı üretimi 48 ha alan kullanımı 8743 kg dizel 3115756,8 GJ güneş enerjisi	
3.	M. A. Renouf vd./Avustralya	1 ton monosakkarit üretimi 7 ton şeker kamışı 70 MJ kömür enerjisi 3,5 ton Cao 0,28 kg fosforik asit	
4.	Mehmet Camtez vd./Türkiye	1 ton şeker üretimi 161,64 kwh elektrik 4,28 m ³ su 5857,24 MJ Buhar 1 ton şeker pancarı üretimi 1,52 kg dizel 136,37 m ³ su	

4.2. Şeker Pancarı Üretim Sürecinin Değerlendirilmesi

YDA sonuçlarına göre şeker pancarı üretiminden kaynaklanan ana çevresel etkiler sırasıyla su tüketimi ve tatlı su ektoksisitesidir. Karasal ekotoksisite ve küresel ısınma potansiyelleri de hesaplanmış, ancak diğer etkenlere göre oldukça etkisinin daha düşük olduğu görülmüştür. Tüm bu çevresel etkiler içersinde en fazla ön plana çıkan su tüketimi ve tatlı su ekotoksisitesidir (Şekil 4.1). Şeker pancarının tarlada üretim aşamaları geçmiş bölümlerde bahsedildiği üzere (i) toprak yönetimi, (ii) tohum ekimi, (iii) gübreleme, (iv) sulama, (v) ilaçlama ve (vi) hasat ana aşamalarından oluşmaktadır (Tablo 3.1). Şekil 4.1’de bu çevresel etkilerin hangi üretim aşamalarından kaynaklı olduğunu gösterir grafik bulunmaktadır. Bu grafikten de görüldüğü üzere tüm çevresel etkiler içerisinde en fazla ağırlığı bulunan tarım aşaması sulama aşaması, ikincisi de gübreleme olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.1. Şeker pancarı üretim aşamalarının çevresel etkiler üzerindeki oranı

Şeker pancarı yüksek su ihtiyacı olan bitkilerden bir tanesidir. Buna rağmen suyun oldukça az bulunduğu, yağışın az olduğu coğrafyalarda üretimi yapılabilmekte bu sebeple gerek yeraltı gerek yer üstü su kaynaklarının kullanımı yolu ile sulama ihtiyacı duymaktadır. Sulamanın iki önemli çevresel etkisi bulunmaktadır, bunlardan ilki yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının tüketilmesidir, ikincisi ise suyun tarlaya taşınması aşamasında kullanılan fosil yakıtlar ve elektrik kullanımıdır.

Ayrıca farklı coğrafyalarda farklı üreticiler tarafından üretim yapılmakta, çoğu durumda bir sulama planı yapılmamaktadır.

Bu sebeple üreticilerin doğru sulama yapıp yapmadığı, iklimsel koşullar ve toprak özelliklerine göre vermeleri gerekenden fazla ya da az su verip vermedikleri bilinmemektedir. Bu amaçla iklimsel verilerin ve toprak özelliklerinin girilerek sulama

planı oluşturulmasını sağlayan Cropwat 8.0 programı kullanılarak sulama planı ve yıllık ortalama verilmesi gereken sulama miktarı belirlenmiştir.

Şeker pancarı üreticilerinin tarım alanları Yeşilhisar, Bünyan ve Sarioğlan ilçelerinde bulunmaktadır. Bu ilçelerdeki şeker pancarı sulama planını çıkartabilmek için Meteoroloji Veri Bilgi Sunum ve Satış Sistemi (MEVBİS) üzerinden bu ilçelere en yakın meteoroloji istasyonları olan 18207 numaralı Yeşilhisar, 18455 numaralı Bünyan ve 18459 numaralı Sarioğlan istasyonlarından aylık yağış, aylık ortalama rüzgâr hızı, ortalama nem, minimum sıcaklık istenmiştir.

Bu verilere göre her bir tarlanın bulunduğu alan için sulama planı Cropwat 8.0 programını kullanarak yapılmış, üreticilerin yıllık su kullanım miktarları hesaplanmıştır. Tablo 4.2’de Cropwat sonucuna göre her bir üreticinin yıllık vermesi gereken su miktarı ve yıllık yağış miktarı belirtilmektedir.

Tablo 4.2. Üreticilerin sulama miktarları ve cropwat tahminleri.

Üretici	Cropwat Sonucu Yapılması Gereken sulama (m ³ /ha)	Gerçekte Kullanılan Su Miktarı	Fark (m ³ /ton)	Yüzde Fark (%)	Ürün (ton/ha)	Etkili yağış miktarı (mm/m)
S1	12.409	16.693	4.284	35	82	148.4
S2	12.382	16.510	4.128	33	76	148.3
S3	12.348	8.500	-3.848	-31	89	148.8
S4	12.417	8.840	-3.577	-29	91	148.2
S5	9.961	9.405	-556	-6	61	98.4
G1	12.348	8.670	-3.678	-30	59	148.8
G2	10.069	11.390	1.321	13	71	111
G3	12.366	12.495	129	1	68	148.3

Tablo 4.2’de görüldüğü üzere S1, S2 ve G2 cropwat programının önerdiğinin üzerinde sulama yaparken, diğer üreticiler daha az sulama yapmaktadır. Bu veriler değerlendirildiğinde ürün miktarındaki değişim ile sulama miktarının fazlalığı üzerine bir ilişki olmadığı görülmektedir.

Nitekim S1 ve S4 %30'lara varan miktarda önerilenden az sulama yapmasına rağmen, neredeyse aynı oranda fazla sulama yapan üreticilerden fazla ürün elde edebilmiştir. Bu durum göstermektedir ki sulama bölgede herhangi bir planlama düşünülmeden yapılmaktadır. Çevresel etkilerin çoğunlukla sulama kaynaklı olduğu görülmektedir. Sulama hem yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını tüketmekte hem de elektrik

kullanımından kaynaklı ekotoksosite artışını sağlamaktadır. Bu sebeple yereldeki üreticilerle ile bir bir, tarla ihtiyacını göz önüne alarak sulama planları yapılması, tarımda akıllı sulama sistemlerinin kullanılması, sulamanın toprağın ihtiyacına göre yapılması için gerekli tedbirlerin uygulanması gerekmektedir.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, gübreleme ekotoksositeyi etkileyen diğer bir etkindir ve etkili olduğu ana çevresel etki tatlı su ektoksitesidir. Üreticiler tamamen sentetik gübre kullanmakta, hayvansal gübre kullanmamaktadır. Bu da hızlı çözünen, bir anda topraktan sucul ortama geçen gübre türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Aynı zamanda gübre kullanımının toprak niteliklerine uygun olarak yapılması gerekmektedir. Üreticilerin toprak analizleri yaptırmaları çok nadir görülen bir durum olup, çoğu zaman ezbere gübre attıkları bilinmektedir. Çalışma kapsamında tüm üreticilerin ana toprak analizleri yapılmıştır. Tüm analizlerde organik madde miktarı ve azot çok düşük çıkmış olmakla beraber, gübre kullanımının toprakta düzelleme sağlamadığı da görülmüştür. Bu sebeple toprağın mikrobiyal sağlığını düzenleyecek bütüncül toprak koruma yöntemleri de uzmanların desteği ile uygulanabilir, ki bu da çevresel etkileri azaltır nitelikte olacaktır.

4.3.Fabrikada Çevresel Etkilerin Azaltılmasına Yönelik Öneriler

Çalışmanın ikinci adımı olan fabrika aşamasında normalizasyon ve karakterizasyon sonuçlarına göre işlenmeye alınmadan önce yıkanan şeker pancarının yıkama aşamasında çevresel etkilerden su tüketimi ve daha sonra işletmeye alındığı aşama olan ve şeker pancarından şeker üretiminin en fazla aşamasının gerçekleştiği kısımda su tüketimi, ekotoksosite ve küresel ısınma etkileri şeker pancarından şeker üretiminde çevresel etkilerin yüksek olduğu aşamalar olarak belirlenmiştir. Şeker pancarından şeker üretimi prosesinde su kullanımının optimizasyon çalışmaları ile su kullanımının optimize edilmesi su tüketimini azaltacaktır. Ayrıca oluşacak atık miktarını azaltmak için şeker pancarının çürümesinin engellenmesi ve şeker pancarının hasat aşamasında mause kullanımı atık oluşumunu kaynağında azaltacaktır. Doğalgaz ve kömür yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr veya güneş enerjisinin değerlendirilmesi, optimum düzeyde su kullanımının ayarlanması bu aşama için ise çevresel etkilerin oluşumunu azaltacaktır. Bu nedenle bu çalışma her iki ürün içinde geçerli olmak üzere üretim aşamalarındaki çevresel etkilerin azaltılması açısından çok önemlidir.

KAYNAKÇA

1. Anonim, 2019. Global greenhouse gas emissions data. (Web sayfası: <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>), (Erişim tarihi: Eylül 2022).
2. Giannetti, B. F., Agostinho, F., Cabello, E. J. J., Yang, Z., Almeida., C., 2020. Cleaner production for achieving the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production** 271:122127
3. Panella, L., Kaffka, R. S., Lewellen, T. R., McGrath, M. J., Metzger, M. S., Strausbaugh A. C., 2014. Yield Gains in Major U.S. Field Crops. **American Society of Agronomy** 487 pp.
4. Yousefi, M., Khoramivafa, M., Mondani, F., 2014. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (Beta vulgaris) agroecosystems in Iran, **Atmospheric Environment** 92:501-505
5. Anonim, 2017. Faaliyet Raporları. (Web sayfası: https://www.turkseker.gov.tr/data/dosyalar/Faaliyet_Raporlari2019_12_07_11_12_21_409.pdf), (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Agriculture production (Web sayfası: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>), (Erişim tarihi: Mart 2022).
7. Asgharipour, M.R., Mondani, F., Riahinia, S., 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: a case study in Khorasan Razavi province. **Energy**, 44:1078-1084
8. Anonim, 2018. Faaliyet Raporu. (Web sayfası: <https://ereglitb.org.tr/wp-content/uploads/2019/06/2018-YILI-FAAL%C4%B0YET-RAPORU.pdf>), (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
9. Harmsen, P., 2014. Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie; gewassen, proces, bleid. (Web Sayfası: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/312696>). (Erişim tarihi: Eylül 2022).
10. Deloitte, 2014. Opportunities for the fermentation-based chemical industry. (Web sayfası: <https://www2.deloitte.com/lk/en/pages/manufacturing/articles/opportunit>

- [ies-for-fermentation-based-chemical-industry.html](#)), (Erişim tarihi: Eylöl 2022).
11. Salazar-Ordóñez, M., Pérez-Hernández, P. P., Martín-Lozano M. J., 2013. Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs. **Energy Policy**, **55**: 662-668
 12. Rinaldi, M., Vittorio, V. A., 1996. The Response of Autumn and Spring Sown Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) to Irrigation in Southern Italy: Water and Radiation Use Efficiency. **Field Crops Research**, **95** (2-3): 103-114
 13. Asadi, M., 2007. Beet-Sugar Handbook. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 866.
 14. Erdal, G., Esengün K., Erdal H., Gündüz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. **Energy**, **32**: 35-41.
 15. Uygan, D., Çetin, Ö., Volkan, V., Sofuoglu, A., 2021. Improvement of water saving and economic productivity based on quotation with sugar content of sugar beet using linear move sprinkler irrigation. **Agricultural Water Management**, **255**: 106989
 16. Źarski, J., Kuřmierek-Tomaszewska, R., Dudek, S., 2020. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in a Moderate Climate. **Agronomy**, **(2)**: 166
 17. Li, Y., Fan, H., Su, J., Fei, C., Wang, K., Tian, X., Ma, F., 2019. **Regulated Deficit Irrigation At Special Development Stages Increases Sugar Beet Yield. American Society of Agronomy, 1534 pp.**
 18. Mahlein, A. K., Ulrike, S., Christian H., Dehne, H. W., Oerke, C. E., 2012. Hyperspectral imaging for small-scale analysis of symptoms caused by different sugar beet diseases. *Plant Methods*, **8**: 41-47
 19. Skaracis, N. G., Pavli, I. O., Biancardi, E., 2010. Cercospora Leaf Spot Disease of Sugar Beet. *Sugar Tech*, **12**: 220-228
 20. Cioni, F., Maines, G., 2010. Weed Control in Sugarbeet. **Sugar Tech**, **12**: 243-255
 21. Sugar Technology, 1998 Beet and Cane Sugar Manufacture. (Web sayfası: <https://losefateatright.com/wp-content/uploads/2018/07/Sugar-Technology.pdf>), (Erişim tarihi: Eylöl 2022).

22. Bubnik, Z., Kadlec, P., 1992. Solubility of sucrose in impure sugar solutions. **Food science technology**, **117** (8): 619-625
23. Şahin, M. Ç., Acır, A., Baysal, E., Koçyiğit E., 2007. Enerji ve Ekserji Analiz Metoduyla Kayseri Şeker Fabrikasında Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi. **Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University**, **22** (1):0
24. Kara, H., Şahin D. M., Ay, Ş., 2010. İklim Değişikliğinin Uşak'ta Tarım Ürünlerine Etkisi. **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**, **3** (1): 39-46
25. Bekiroğlu, O., 2018. Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. (Web sayfası: https://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf), (Erişim tarihi: Eylül 2022).
26. Ağaayak, Ö., Öztürk, L., 2017. Türkiye'de tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejiler. (Web sayfası: <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200313-11032365.pdf>), (Erişim Tarihi: Eylül 2022).
27. Fleming, L.E., McDonough N., Austen, M., Mee L., Moorea, M. Hess, P., Depledge, M.H., White, M., Philippart, K., Bradbrook, P., Smalley, A., 2014. Oceans and Human Health: A rising tide of challenges and opportunities for Europe. **Marine Environmental Research**, **99**: 16-19.
28. Dessane, D., 2003. Energy Efficiency and Life Cycle Analysis of Organic and Conventional Olive Groves. Wageningen University, Plant Sciences, Ecological Agriculture Master of Science, Crete, 102 s.
29. Ulutaş, F., Alkaya, E., Boğurcu, M., Demirer N. G., 2012. Determination of the framework conditions and research–development needs for the dissemination of cleaner (sustainable) production applications in Turkey. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, **19** (3): 203-209
30. Hayashi, K., 2006. Environmental indicators for agricultural management: integration and decision making. **International Journal of Materials & Structural Reliability**, **4** (2): 115-127.
31. Mohamad, S. R., Verrastro V., Cardone, G., Bteich, R. M., Mariafara, F., Moretti, M., Rocco, R., 2014. Optimization of organic and conventional olive agricultural practices from a Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing perspectives. **Journal of Cleaner Production**, **70**: 78-89

32. Bartzas, G., Komnitsas, K., 2017. Life cycle analysis of pistachio production in Greece. **Science of The Total Environment**, **595**: 13-24
33. Nemecek, T., Kägi, T., 2007. Life cycle inventories of swiss and european agricultural production systems. (Web sayfası: https://db.ecoinvent.org/reports/15_Agriculture.pdf), (Erişim tarihi: Eylül 2022).
34. Renouf A. M., Wegener, M.K., Nielsen L.K., 2008. An environmental life cycle assessment comparing Australian sugarcane with US corn and UK sugar beet as producers of sugars for fermentation. **Biomass and Bioenergy**, **32** (12): 1144-1155
35. Wood, R., Manfred, L., Christopher D., Lundie S., 2006. A comparative study of some environmental impacts of conventional and organic farming in Australia. **Agricultural Systems**, **89** (2-3): 324-348
36. Salazar-Ordóñez, M., Pérez-Hernández, P. P., Martín-Lozano M. J., 2013 Sugar beet for bioethanol production: An approach based on environmental agricultural outputs. **Energy Policy**, **55**: 662–668
37. Tuomisto L. H., Hodge, D. I., Riordan, P., Macdonald, W. D., 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. **Journal of Environmental Management**, **112**: 309-320
38. Meier, S. M., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., Stolze, M., 2015. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products- Are the differences captured by life cycle assessment? **Journal of Environmental Management**, **149**: 193-208
39. Mashoko, L., Mbohwa, C., Thomas, V.M., 2010. LCA of the South African sugar industry. **Journal of Environmental Planning and Management**, **53** (6): 793-807.
40. Foteinis, S., Kouloumpis, V., Tsoutsos, T. D., (2011). Life cycle analysis for bioethanol production from sugar beet crops in Greece. **Energy Policy**, **39** (9): 4834-4841
41. Lin Luo, L., van der Voet, E., Huppes G., 2009. Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **13**: 1613–1619

42. Chauhan, K. M., Varun, Chaudhary, S., Kumar, S., Samar, 2011. Life cycle assessment of sugar industry: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **15** (7): 3445-3453
43. Cherubini, F., Bird, N. D., Cowie, A., Jungmeier, G., A., Schlamadinger, B., Woess-Gallascha S., 2009. Energy and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. **Resources, Conservation and Recycling**, **53**: 434–447
44. Silalertruksa, T., Pongpat, P., Gheewala H. S., 2017. Life cycle assessment for enhancing environmental sustainability of sugarcane biorefinery in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, **140**: 906-913
45. Perez, M. G., Moya, Contreras., M. A., Domínguez, E. R., 2013. Life cycle assessment of the cogeneration processes in the Cuban sugar industry. **Journal of Cleaner Production**, **41**: 222-231
46. Hasler, K., Bröring S., Omta, S. W. F., Olfs, W. H., 2015. Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types **European Journal Agronomy**, **69**: 41-51
47. Bessou, C., Lehuger, S., Gabrielle B., Mary, B., 2012. Using a crop model to account for the effects of local factors on the LCA of sugar beet ethanol in Picardy region, **France The International Journal of Life Cycle Assessment**, **18**: 24-36
48. Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., Lammel, J., 2001. Application of the Life Cycle Assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. **European Journal of Agronomy**, **14**: 221–233
49. Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K. A., Jaggard, K., 2004. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. **Agricultural Systems**, **85**: 101-119.
50. Šarauskis, E., Romaneckas, K., Kumhála F., Kriaučiūnienė, Z., 2018. Energy use and carbon emission of conventional and organic sugar beet farming. **Journal of Cleaner Production**, **201**: 428-438
51. Contreras, A. M., Rosa, E., Perez, M., Van Langenhove, H., Dewulf, J., 2009. Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-

products of cane sugar production. **Journal of Cleaner Production**, **17**: 772-779

52. Anonim, 2009. Kayseri ilinin ilçe haritası (Web sayfası: <https://www.lafsozluk.com/2009/04/kayseri-ilinin-ilceleri-ve-nufus-sayilari.html>), (Erişim tarihi: Eylül 2022).
53. Nordzucker, 2022. Şeker üretimi (Web sayfası: https://www.nordzucker.com/en/wp-content/uploads/2020/08/NZ_Zuckerflyer_EN_2022_online.pdf), (Erişim tarihi: Eylül 2022).
54. Chauan, K.M., Chaudhary, S., Kumaar, S., 2011. Life cycle assessment of sugar industry: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **15**: 3445-3453

EKLER

EK 1. 2020 yılında üreticilerle iletişim anket formu

Anket Bilgileri

İsim

Telefon

Tarih

Üreticiyle İlgili Bilgiler

- 1) Üreticinin yaşı
- 2) Kaç yıldır şeker pancarı üretimi yapıyor?
- 3) Şeker pancarı üretimi dışında başka hangi bitkilerin üretimi yapıyor?

Üretim Alanı Bilgileri

Ekim tarihi:

- 1) Ürün yetiştirilen alanın büyüklüğü kaç dekar?
- 2) Üretim alanında geçen sene üretim yapıldı mı?
() Hayır () Evet ise nedir?
- 3) Ekimi yapılmış olan şeker pancarı tohumu hangi firmaya aittir?
a) KWS b) Florimond Desprez c) Syngenta d) Başka bir üretici
- 4) Tohum özellikleri nelerdir? (Örneğin, herbisite dayanıklı bir tohum mu?)
a) Çıplak/hastalıklara karşı toleranslı
b) Çıplak/hastalıklara karşı toleransı yok
c) Kaplamalı/hastalıklara karşı toleranslı
d) Kaplamalı/hastalıklara karşı toleransı yok
- 5) Üretim alanında dekara kaç ünite tohum kullanılmıştır?
- 6) Ekimde sıra üzeri mesafe kaç cm?
- 7) Ekimde sıra arası mesafe kaç cm?

TOPRAK YÖNETİMİ

- 1) Kaç adet traktörünüz bulunmaktadır?
- 2) Tarlada kullanılan traktör/traktörlerin gücü (hp ya da Kw) ne kadar?
- 3) Şeker pancarı ekimi öncesinde ekim alanlarında hangi işlemler yapıldı?
- 4) Yapılan her bir işlem için 1 dekara ne kadar yalıt kullanılmaktadır?

İLAÇLAMA

- 1) Tarlaya hangi tür ilaçlamalar yapıldı/yapılacak?
☐ Hayır ☐ Evet ise aşağıdaki soruları cevaplandırınız.
 - a) Herbisit
 - b) İnsektisit
 - c) Fungusit
 - d) Herbisit -İnsektisit
 - e) Herbisit -Fungusit
 - f) İnsektisit-Fungusit
 - g) Herbisit-İnsektisit-Fungusit
- 2) Uygulanan ilaç/ilaçların isimleri nedir/nelerdir?
- 3) Traktörle mi uygulandı?
☐ Hayır ☐ Evet ise ilaçlama işleminde 1 dekara ne kadar yakıt kullanılmaktadır?

GÜBRELEME

- 1) Sonbaharda gübreleme yaptınız mı?
☐ Hayır ☐ Evet
- 2) Taban gübresi kullanıldı mı?
☐ Hayır ☐ Evet ise aşağıdaki soruları cevaplandırınız.
- 3) Traktörle mi uygulandı?
☐ Hayır ☐ Evet ise traktör taban gübresi uygulama işleminde 1 dekara ne kadar yakıt tüketmektedir?
- 4) Kullanılan gübre ismi/isimleri nedir/nelerdir?
 - a) Uygulama tarihi?
 - b) Hangi gübre/gübrelerden dekara kaç kg kullanıldı?
- 5) Üst gübresi kullanıldı mı?
☐ Hayır ☐ Evet ise aşağıdaki soruları cevaplandırınız.
- 6) Traktörle mi uygulandı?

() Hayır () Evet ise üst gübresi uygulama işleminde 1 dekara ne kadar yakıt kullanılmaktadır?

7) Kullanılan gübre ismi/isimleri nedir/nelerdir?

Evet ise, traktör üst gübresi uygulama işleminde 1 dekara ne kadar yakıt kullanılmaktadır?

8) Ne ile uygulandı?

Uygulama tarihi

Dekara kaç kg kullanıldı?

9) Yaprak gübresi kullanıldı mı? Ne ile uygulandı?

a) Evet b) Hayır

10) Traktörle mi uygulandı?

a) Evet b) Hayır

Evet ise, traktör yaprak gübresi uygulama işleminde 1 dekara ne kadar yakıt tüketmektedir?

Evet ise kaç kg kullanıldı?

Uygulama tarihi?

ÇAPALAMA

1) Tarlada çapa yapılıyor mu?

a) Hayır b) Evet ise aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

2) Hangi çapalar yapılmaktadır?

a) Makine çapası b) El çapası c) Her ikisi

3) Makine çapası yapıldıysa kaç kere yapıldı?

a) 1 b) 2 c) 3

4) Çapa için işçi çalıştırdınız mı?

a) Hayır b) Evet ise aşağıdaki soruları cevaplandırınız.

5) Kaç işçi çalıştırdınız?

6) İşçiler kaç gün çalıştı?

7)

SULAMA

1) Çıkış sulaması yaptınız mı?

2) a) Hayır b) Evet

Evet ise; kaç defa yapıldı?

a) 1 b) 2 c) 3

Kaç saat yapıldı?

- a) 1 b) 2 c) 3

3) Sulamayı nereden yapıyorsunuz?

- a) Irmak b) Baraj c) Sulama kanalı d) Yeraltı suyu

4) Yer altı suyu ile sulama yapıyorsa;

Kuyuda kullanılan motor/motorların gücü kaç kW ya da hp?

5) Sulama metodu nedir?

- a) Yağmurlama b) Damlama c) Salma su

6) Sulama şekli yağmurlama ise; kullanılan sulama başlığı nedir? (K4, K 30, mini spring)

7) Ekiminden hasatına kadar kaç kere sulama yapıldı/yapılacak?

8) Her sulamada kaç saat sulama yapıldı/yapılacak?

HASAT

1) Hasat ne zaman yapıldı/yapılacak?

2) Hasat ne ile yapıldı/yapılacak?

- a) Traktör arkasına bağlanan makine b) Kendinden motorlu başka bir makine

3) Traktör kullanıldıysa eğer kaç traktör hasat için kullanıldı?

4) Traktör / traktörlerin hasat işleminde 1 dekar için tarlada geçirdiği süre?

5) Hasat yapan traktör/traktörlerin beygir gücü Hp ya da Kw?

- a) Hasat işlemini yapan traktör/traktörlerin dekarda tükettiği yakıt miktarı ne kadar?

- b) Kendinden motorlu başka bir makine ile hasat yapıldıysa eğer;

6) Hasatı yapan traktör/traktörlerin gücüne kadar? (Hp ya da Kw)

7) Hasat için başka bir makine kullanıldıysa makinenin gücü ne kadar?

8) Hasat yapıldıktan sonra ürün fabrikaya ne ile taşınmaktadır?

9) Hasat miktarı dekara kaç ton?

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet CANITEZ

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği	2018
Lise	Yenimahalle Şehit Mehmet Şengül Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Ankara	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018-Halen	Kayseri Şeker Fabrikası A.Ş.	AR-GE Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR