

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ET ve ET ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ**  
**DEĞERLENDİRMESİ**

**TUĞBA DEMİRBAŞ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE**

**2023**

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ET ve ET ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE**  
**YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

**TUĞBA DEMİRBAŞ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI**  
**DOÇ. DR. MURAT EYVAZ**

**GEBZE**  
**2023**



## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13/07/2023 tarih ve 2023/39 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 24/07/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Tuğba Demirbaş'ın tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Doç. Dr. Murat Eyvaz

ÜYE

: Prof. Dr. Murat Özdemir

ÜYE

: Doç Dr. Elif Soyer

### ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

Bu çalışmada 30 ton/gün kapasiteye sahip olan bir et ve et ürünleri işletmesinin spesifik ürünlerinden dana sosis, dana sucuk, piliç sosis ve piliç sucuk olmak üzere dört ürününün yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) çalışması yapılmıştır. İşletme verileri, YDE (Yaşam Döngüsü Envanteri) ve dolayısıyla çevresel etkilerin miktarının tahmin edilmesi için kullanılmıştır. Toplanan envanter verilerinin tamamı, gerçek zamanlı üretim proseslerinden elde edilmiştir. Varsayım ve kabûle dayanan veri kullanılmamıştır. Çalışma kapsamındaki tesis hem ülke içi hem de ülke dışı üretim yapan bir tesis olup, YDD’de ulaşım hesaba katılmayıp sadece fabrika içindeki üretim bantları değerlendirmeye alınmıştır (beşikten kapıya YDD / cradle-to-door LCA). Web tabanlı ve açık erişimli OpenLCA yazılımı kullanılarak YDD’ye ait 15 etki kategorisi (Asidifikasyon, İklim Değişikliği, Eko-Toksite, Ötrofikasyon, İnsan Toksikitesi, Ozon Tabakasının İncelmesi, İyonlaştırıcı Radyasyon, Fotokimyasal Ozon Tabakasının İncelmesi, Partikül Madde, Kaynak Kullanımı, Su Kullanımı, Arazi Kullanımı) dikkate alınmıştır. Etki kategorilerinin tamamının alt bileşenleri hesaplanarak, herbir ürün için değerlendirilmiştir. Bulunan sonuçlar literatür değerleri ile mukayese edilmiştir. Sonuç olarak, EF 3.0 yöntemine dayanan YDD ile, ürünler arasında en fazla sayıda kategorik etkiyi en yüksek su ve enerji tüketimiyle piliç sosis ürününün; 15 etki kategorisi arasında en çok etkilenen çevresel parametrenin ise iklim değişikliği olduğu tespit edilmiştir. Dana sucuk için 64,23 kgCO<sub>2</sub>, dana sosis için 38,42 kgCO<sub>2</sub>, piliç sucuk için 71,41 kgCO<sub>2</sub> ve piliç sosis için 56,31 kgCO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Değerlerin literatür değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Et ve Et Ürünleri Endüstrisi, Çevresel Etki Değerlendirmesi.

## SUMMARY

In this study, life cycle evaluation (YDD) studies of four specific products of a meat and meat products enterprise with a capacity of 30 tons/day, namely beef sausage, beef sausage, chicken sausage and chicken sausage, were conducted. Enterprise data was used to estimate the amount of LCI (Life Cycle Inventory) and therefore environmental impacts. All of the inventory data collected is derived from real-time production processes. Data based on assumptions and assumptions were not used. The facility within the scope of the study is a facility that produces both domestically and abroad, and only the production lines within the factory are taken into consideration (cradle-to-door YDD / cradle-to-door LCA) in YDD. Using the web-based and open-access OpenLCA software, 15 impact categories of YDD (Acidification, Climate Change, Eco-Toxicity, Eutrophication, Human Toxicity, Ozone Depletion, Ionizing Radiation, Photochemical Ozone Depletion, Particulate Matter, Resource Use, Water Use) , Land Use) were taken into account. Subcomponents of all impact categories were calculated and evaluated for each product. The results were compared with the literature values. As a result, with the YDD based on the EF 3.0 method, the chicken sausage product with the highest water and energy consumption has the highest number of categorical effects among the products; It has been determined that the most affected environmental parameter among the 15 impact categories is climate change. It was calculated as 64.23 kgCO<sub>2</sub> for veal sausage, 38.42 kgCO<sub>2</sub> for veal sausage, 71.41 kgCO<sub>2</sub> for chicken sausage and 56.31 kgCO<sub>2</sub> for chicken sausage. The values were found to be compatible with the literature values.

**Keywords: Life Cycle Analysis, Meat and Meat Products Industry, Environmental Impact Assessment.**

# TEŞEKKÜR

BaŐta, y¼ksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluŐmasının yolunu açan danıŐmanım Doç. Dr. Murat EYVAZ'a,

B¼t¼n çalıŐmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecr¼belerini benimle paylaŐan değerli hocam Dr.Ahmed M.S.ALBAHNASAWI'ye ve Dr. Ercan G¼RBULAK'a

B¼t¼n tez çalıŐmam boyunca bana her t¼rl¼ destekte bulunan iş yerindeki m¼d¼rlerime ve çalışma arkadaşlarıma

ve g¼stermiŐ olduğu desteklerinden dolayı sevgili aileme en içten teŐekk¼rlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	1
2. LİTERATÜR	3
2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi(YDD)	3
2.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Metodolojisi	7
2.2.1. Amaç ve Kapsam Belirleme	7
2.2.2. Hedef Tanımı Belirlemenin YDD'yi Etkilemesi	7
2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Temel Özellikleri	8
2.4. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi (YDE)	9
2.5. Yaşam Döngüsü Etki Analizi (YDEA)	10
2.6. Yaşam Döngüsü Yorumlama	11
2.7. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Kullanım Alanları	11
2.7.1. Çevresel Etki Kategorileri	12
2.8. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ISO Standardı	13
2.9. Et ve Et Ürünleri Üretimi	15
2.9.1. Et ve Et Ürünleri İşletmesi Hakkında Genel Bilgiler	15
2.9.1.1. Kırmızı Et İmalatı	15
2.9.1.2. Şarküteri İçi Hazırlama (Karıştırma) Ünitesi	16
2.9.1.3. Köfte İmalatı	17
2.9.1.4. Salam, Sosis, Sucuk, Jambon Dolum Ünitesi	18
2.9.1.5. Pişmiş Döner ve Kavrma İmalatı, Fırın Ünitesi	18
2.9.1.5.1. Kavrma İmalatı	18

2.9.1.5.2. Pişmiş Döner İmalatı	19
2.9.1.5.3. Fırın Ünitesi	19
2.9.1.6. Haşlama Ünitesi	20
2.9.1.7.Sosis Soyma Ünitesi	20
2.9.1.8. Ambalajlama ve Etiketleme	21
2.9.2. İşletmenin Çevresel Etkileri	21
2.9.2 1. Su ve Atık su Yönetimi	21
2.9.2.2. Atık su Arıtma Tesisleri Hakkında Bilgi	22
2.9.3. Hava Yönetimi	23
2.9.3.1. Emisyon Kaynakları Hakkında Bilgi	23
2.9.4. Atık Yönetimi	23
2.9.4.1. Genel Atıklar	23
2.9.5. Kimyasal Yönetimi	23
2.9.5.1. Güvenlik Bilgi Formu	23
2.9.5.2. Kimyasal Depolama/Kullanım	24
2.9.5.3. Kimyasallara İlişkin Beyanlar	24
2.10. Et ve Et Ürünleri İşleme Tesisinde YDD	24
2.10.1. Çevresel Performans Göstergeleri	26
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1. Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi	27
3.1.1. Fonksiyonel Birim	27
3.1.2. Sistem Sınırları	27
3.2. Envanter Analizi	28
3.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Yöntemleri	28
3.3.1. openLCA	29
4. TARTIŞMA ve SONUÇ	31
4.1. Etki Kategorilerinin Ürün Bazında Karşılaştırılması	31
4.1.1. Asidifikasyon	31
4.1.2. İklim Değişikliği Potansiyeli	31
4.1.3. Ötrofikasyon Potansiyeli	32
4.1.4. Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli	32
4.1.5. Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli	33
4.1.6. Eko-Toksisite Potansiyeli	33

4.1.7. Abiyotik Tükenme Potansiyeli	34
4.1.8. İnsan Toksisitesi	34
4.1.9. İyonlaştırıcı Radyasyon	35
4.1.10. Arazi Kullanımı	36
4.1.11. Partiküler Madde	36
4.1.12. Su Kullanımı	37
4.2. Etki Kategorilerinin Alt Sınıflarının Değerlendirilmesi	37
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	59
EKLER	60

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklamalar</u></b>
°C	: Celcius/ Santigrat derece
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
YDEA	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
YDE	: Yaşam Döngüsü Envanter Analizi
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
N <sub>2</sub> O	: Azot Protoksit
CH <sub>4</sub>	: Metan
HCFC	: Hidrokloroflorokarbon
CFC	: Kloroflorokarbon
NO	: Azotmonooksit

# ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Aşamaları.	4
2.2: YDD Aşamaları.	4
2.3: Karkas Kesim Alan.	14
2.4: Parça Et Üretimi Vaziyet Planı ve İş Akış Şeması.	15
2.5: Şarküteri İçi Ünitesi Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	16
2.6: Köfte İmalatı Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	17
2.7: Şarküteri Ürünleri Dolum Ünitesi Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	18
2.8: Kavurma İmalatı Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	18
2.9: Pişmiş Döner İmalatı Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	19
2.10: Fırın Ünitesi Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	20
2.11: Haşlama Ünitesi Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	20
2.12: Sosis Soyma Ünitesi Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	20
2.13: Ambalajlama ve Etiketleme Vaziyet Planı ve İş Akım Şeması.	21
2.14: Atık su Arıtma Tesis Üniteleri Şeması.	22
2.15: Kırmızı ve Beyaz Et İmalatı Sektörünün Doğrudan Çevresel Etkileri.	24
2.16: Ülkemiz Et Sektöründen Bazı Ana Performans Göstergeleri.	26
2.17: Ülkemizdeki Mezbahaların Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporlarından Bazı Göstergeler.	26
3.1: openLCA Sitesinin Açılış Ekranı.	29
4.1: Sucuk Üretim Süreci Akış Şeması.	38
4.2: Dana Sucuk Mâmülü için Asidifikasyon Etki Kategorisi Bileşenleri.	39
4.3: Dana Sucuk Mâmülü için İklim Değişikliği Etki Kategorisi Bileşenleri.	40
4.4: Dana Sucuk Mâmülü için Ekotoksisite Etki Kategorisi Bileşenleri.	40
4.5: Dana Sucuk Mâmülü için Ötrofikasyon, Temiz Su Etki Kategorisi Bileşenleri.	41

4.6:	Dana Sucuk Mâmülü için Ötrofikasyon Etki Kategorisi Bileşenleri.	42
4.7:	Dana Sucuk Mâmülü için Ötrofikasyon, Karasal Etki Kategorisi Bileşenleri.	42
4.8:	Dana Sucuk Mâmülü için İnsan Toksisitesi Etki Kategorisi Bileşenleri.	43
4.9:	Dana Sucuk Mâmülü için İyonlaştırıcı Radyasyon Etki Kategorisi Bileşenleri.	43
4.10:	Dana Sucuk Mâmülü için Arazi Kullanımı Etki Kategorisi Bileşenleri.	44
4.11:	Dana Sucuk Mâmülü için Ozon Tabakasının İncelmesi Etki Kategorisi Bileşenleri.	45
4.12:	Dana Sucuk Mâmülü için Partikül Madde Etki Kategorisi Bileşenleri.	45
4.13:	Dana Sucuk Mâmülü için Fotokimyasal Ozon Tabakası İnceltme Etki Kategorisi Bileşenleri.	46
4.14:	Dana Sucuk Mâmülü için Kaynak Kullanımı, Fosiller Etki Kategorisi Bileşenleri.	47
4.15:	Dana Sucuk Mâmülü için Kaynak Kullanımı Etki Kategorisi Bileşenleri.	47
4.16:	Dana Sucuk Mâmülü için Su Kullanımı Etki Kategorisi Bileşenleri.	48
4.17:	Sosis Üretim Süreci Akış Şeması.	49
4.18:	Ürün Bazında Etki Kategorilerinin Karşılaştırmalı Analiz Sonuçları.	50
4.19:	Ürün Bazında Etki Kategorilerinin Karşılaştırmalı (Rölatif) Analiz Sonuçları.	50
4.20:	1 Ton Dana Sucuk Üretimi için Karakterize Edilmiş YDD Sonuçları.	51
4.21:	1 Ton Dana Sosis Üretimi için Karakterize Edilmiş YDD Sonuçları.	51
4.22:	1 Ton Piliç Sucuk Üretimi için Karakterize Edilmiş YDD Sonuçları.	52

4.23: 1 Ton Piliç Sosis Üretimi için Karakterize Edilmiş YDD  
Sonuçları.

52



# TABLolar DİZİNİ

<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: ISO 14040 Standartları Serisi.	14
4.1: Asidifikasyon Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	31
4.2: Küresel Isınma Potansiyeli Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	32
4.3: Ötrofikasyon Potansiyeli Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	32
4.4: Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	33
4.5: Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	33
4.6: Eko-Toksisite Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	34
4.7: Abiyotik Tükenme Karşılaştırma Tablosu.	34
4.8: İnsan Toksisitesi, Kanser Karşılaştırma Tablosu.	35
4.9: İyonlaştırıcı Radyasyon Karşılaştırma Tablosu.	35
4.10: Arazi Kullanımı Karşılaştırma Tablosu.	36
4.11: Partikül Madde Karşılaştırma Tablosu.	37
4.12: Su Kullanımı Etki Kategorisi Karşılaştırma Tablosu.	37
4.13: Etki Kategorilerinin Ürünler Arası Karşılaştırılması.	54

# 1.GİRİŞ

Ülkemizde. mevcut et ve et ürünleri tesisleri arasında hemen hemen tüm teknolojik imkanlara sahip, hijyenik koşullara uygun ve gerekli eğitimleri almış personeliyle üretim yapan birçok işletme faaliyet göstermektedir. Diğer yandan uzun yıllardır faaliyet gösteren, teknolojisi günümüz şartlarının gerisinde kalmış, mevcut alet ve ekipmanı ve hatta binası yıpranmış kuruluş sayısı da azımsanmayacak ölçüdedir. Bu tür işletmelerde mevzuata uymak için çeşitli değişiklikler (atık su arıtma, yan ürün geri kazanımı vb.) yapıldığı halde istenilen ölçüde bir iyileşme sağlanamamaktadır. Ülkemizde sosis, salam, sucuk, jambon ve pastırma gibi çeşitli et ürünlerini üreten çok sayıda işletme bulunmaktadır. Fakat bu işletmelerin büyük bir kısmı geleneksel aile işletmesi şeklinde çalışan küçük ölçekli işletmelerdir. Ülkemizde bu ürünlerin formülasyonu ve üretimi açısından işletmeler arasında önemli farklılıklar vardır. Diğer taraftan gelişmiş ülkelerde hızla uygulamaya geçen yeni teknolojiler ülkemiz et sektöründe de uygulama alanı bulmaktadır. Bu konularda yapılan çeşitli Ar-Ge ve kapasite artırma çalışmaları sonucunda sektörel olarak önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Bu gelişmelerin bir kısmı üretim teknolojisinde diğer bir kısmı ise ürün temelinde gerçekleşmektedir. Bu teknolojilerde gerçekleşen yenilikler gelişmiş ülkelerde endüstriye kolaylıkla uygulanabilirken ülkemizde ise adaptasyon süreci daha uzun olmaktadır.

## 1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada, bir et ve et ürünleri tesisindeki dana sosis, dana sucuk, piliç sosis ve piliç sucuk gibi spesifik ürünlerin yaşam döngü değerlendirmesi yapılmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), ürün, hizmet ve süreçlerin yaşam döngüleri boyunca çevresel etkisini, kaynak verimliliğini ve atık üretim miktarını ölçen bir değerlendirme yöntemidir ve son zamanlarda daha fazla popülerlik kazanmıştır. Bu değerlendirme, kaynakların çıkarılması, üretimi, dağıtımı, kullanımı ve tüketimi ve imhasının farklı aşamalarını içerir. YDD'nin amacı, bir yaşam döngüsünde çevre üzerindeki yüke önemli ölçüde katkıda bulunan belirli aşamaları bulmaktır. Bu nedenle, bu aşamalara yönelik iyileştirmeler çevreye en büyük faydayı sağlayacaktır. En basit düzeyde, bir YDD çalışması, bir ürün veya süreçle ilişkili çevresel sonuçların bir listesi olmaktadır.

Çalışma kapsamında, ürün/proses olarak 30 ton üretim kapasitesine sahip, üretim ve paketlemenin beraber yapıldığı entegre bir tesis seçilmiştir. Tesiste üretim ve temizlik amaçlı 4000 m<sup>3</sup>/ay su tüketilmektedir. Üretim sonrası paketleme aşamasında meydana gelen yaklaşık 10 ton atık ambalaj geri dönüşüme tabidir. İşletmenin spesifik ürünlerinden dana sosis, dana sucuk, piliç sosis ve piliç sucuk olmak üzere dört ürününün yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) çalışması gerçekleştirilmiştir. İşletme verileri, YDE (Yaşam Döngüsü Envanteri) ve dolayısıyla çevresel etkilerin miktarının tahmin edilmesi için kullanılmıştır. Toplanan envanter verilerinin tamamı, gerçek zamanlı üretim proseslerinden elde edilmiştir. Varsayım ve kabûle dayanan veri kullanılmamıştır. Çalışma kapsamındaki tesis hem ülke içi hem de ülke dışı üretim yapan bir tesis olup, YDD’de ulaşım hesaba katılmayıp sadece fabrika içindeki üretim bantları değerlendirmeye alınmıştır (beşikten kapıya YDD / cradle-to-door LCA). Web tabanlı ve açık erişimli OpenLCA yazılımı kullanılarak YDD’ye ait 15 etki kategorisi (Asidifikasyon, İklim Değişikliği, Eko-Toksisite, Ötrofikasyon, İnsan Toksisitesi, Ozon Tabakasının İncelmesi, İyonlaştırıcı Radyasyon, Fotokimyasal Ozon Tabakasının İncelmesi, Partikül Madde, Kaynak Kullanımı, Su Kullanımı, Arazi Kullanımı) dikkate alınmıştır. Etki kategorilerinin tamamının alt bileşenleri hesaplanarak, her bir ürün için değerlendirilmiştir. Bulunan sonuçlar literatür değerleri ile mukayese edilmiştir.

Bu YDD çalışması, et ve et ürünleri endüstrisinin potansiyel çevresel etkilerinin değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır. Önerilen yaklaşımlar, çevresel etkileri azaltmak için ileriye yönelik YDD’lerde kullanılabilir. Ayrıca, bu çalışmanın benzer ürünlerin YDD uygulamalarına da katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu araştırmanın ileriye yönelik planları ise belirsizlik analizi yapılması ve farklı enerji kaynakları kullanılarak yenilenebilir enerji entegrasyonu analiziyle bu çalışmanın genişletilmesidir.

## 2. LİTERATÜR

### 2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)

Yaşam döngüsü değerlendirme veya yaşam döngüsü analizi, bir eylemin tüm çevresel faktörlerini; hammaddenin doğadan elde edilen, tüm atıklar tekrar doğaya dönene kadar değerlendiren bir sistemdir. Bu değerlendirme, ürünün işlenmesinde ile birlikte hammaddenin üretilmesi, kullanılması ve daha sonrasında havaya, suya ve toprağa olan tüm etkileri kapsar. YDD'ler hem doğrudan (üretim aşamasında oluşan emisyonlar ve kullanılan enerji v.b.) hem de dolaylı (hammadde eldesi, ürünün dağıtılması, tüketici tarafından kullanılması ve sorunların çözülmesi v.b.) etkileri saptamak ve ölçmek için kullanılmaktadır YDD'nin sistematik yaklaşımı, belirli bir ürün ya da sistemin etkilerinin doğru bir biçimde ölçülmesini sağlar. Belirli bir tesise ve yalnızca sahada oluşan aktivitelere odaklanan endüstriyel bir prosesin çevresel denetimlerinin yanı sıra YDD, firmanın tedarikçileri ve müşterileri ile arasındaki ilişkileri de ele alır. Sonuç olarak, bir ürünün çevresel etkilerinin beşikten mezara kadar olan toplam analizini verir [Bishop, 2000].

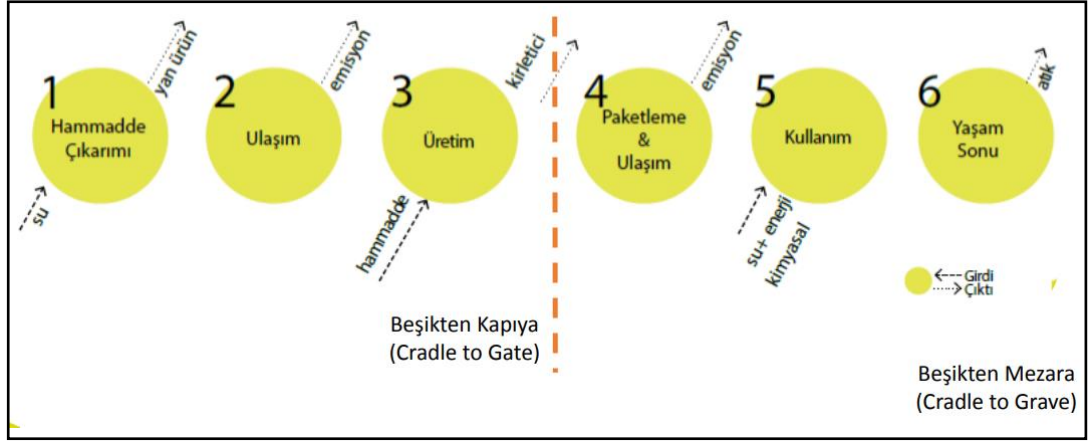
YDD yaklaşımları, YDD'nin varyantları olarak etiketlenen birçok şekilde gerçekleştirilebilir. Bu varyantların en yaygın olanları şunlardır:

-Beşikten mezara-bir yaşam döngüsünün tüm aşamalarını içeren tam bir yaşam döngüsü değerlendirmesidir.

-Beşikten kapıya-sadece hammadde çıkarma, üretim, imalat, paketlenme ve nakliye süreçleriyle ilgilenen bir çalışmadır. Sadece fabrika içinde gerçekleşen faaliyetleri içerir. Dağıtım, tüketici kullanımı ve benzeri aşamalarını içermemektedir.

-Kapıdan kapıya- tüm üretim zincirinde sadece bir katma değerli sürece bakan kısmi bir YDD metodudur. Kapıdan kapıya modüller daha sonradan beşikten kapıya değerlendirme oluşturmak için uygun üretim zincirlerine bağlanabilir. [Web 2, 2023].

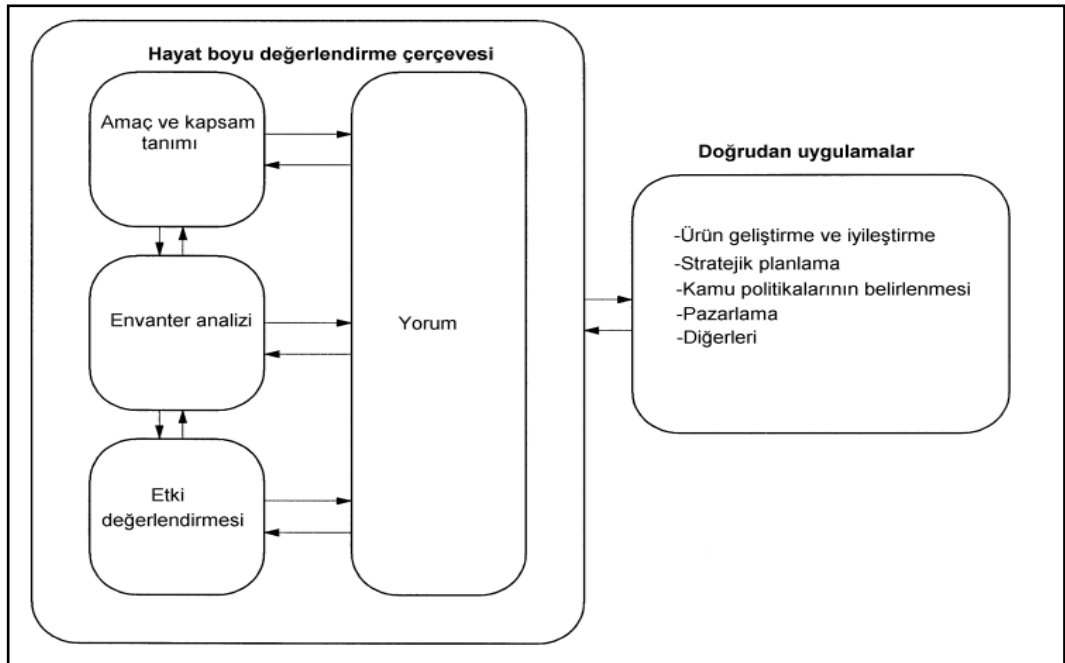
Şekil 2.1' de de tüm bu anlatılanlar gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) aşamaları.

Yaşam Döngüsü Değerlendirme çalışmaları dört aşamadan oluşur. Bu aşamalar arasındaki ilişki Şekil 2.2.'de gösterilmiştir. Bu safhalar aşağıdaki gibidir:

- Amaç ve kapsam tanımı,
- Envanter analizi,
- Etki değerlendirmesi,
- Yorum [ISO, 2006].



Şekil 2.2: YDD aşamaları.

YDD gerçekleştirmenin avantajları:

- Şirketler bir ürünün diğerinden daha iyi olduğunu iddia edebilir.
- YDD envanter süreci, çevresel emisyonlarda en büyük düşüşlerin yapılabileceği alanı daraltmaya yardımcı olur.
- YDD, üretim maliyetlerini azaltmak için kullanılabilir.
- Bir YDD'nin sonuçları, ürünü bir eko-etiket için nitelendirebilir [ISO, 2006].

Bir YDD'nin Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDEA) aşaması, yaşam döngüsü envanteri sırasında tanımlanan çevresel kaynakların ve salımların potansiyel insan sağlığı ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir. Etki değerlendirme, ekolojik ve insan sağlığı etkilerini ele almalıdır; aynı zamanda kaynakların tükenmesini de ele alabilir. Bir yaşam döngüsü etki değerlendirme, ürün veya süreç ile potansiyel çevresel etkileri arasında bir bağlantı kurmaya çalışır.

Envanter tablosu, bir YDD çalışmasının en objektif sonucudur. Ancak, bir madde listesinin yorumlanması zordur. Bu görevi kolaylaştırmak için, etkilerin değerlendirilmesinde yaşam döngüsü etki değerlendirme (YDEA) kullanılır.

- Sınıflandırma ve karakterizasyon
- Normalleştirme
- Değerlendirme veya ağırlıklandırma

En eski etki değerlendirme yöntemlerinden biri İsveç'te IVL tarafından geliştirilen Çevresel Öncelik Stratejisi sistemidir. Bu yöntemde, bir insan eşdeğeri üzerindeki her etkiden kaynaklanan tam neden-sonuç zinciri hesaplanır.

Diğer bir yöntem ise İsviçre hükümeti için geliştirilen Ecopoints yöntemidir. Hedefe olan mesafe ilkesine dayanmaktadır. Bir etkinin mevcut seviyesi ile hedef seviye arasındaki mesafenin, emisyonun ciddiyetini temsil ettiği varsayılır [Curran, 2005].

Sınıflandırma adımında, tüm maddeler çevre üzerindeki etkilerine göre sınıflara ayrılır. Örneğin, sera etkisine katkıda bulunan veya ozon tabakasının incelmeye katkıda bulunan maddeler iki sınıfa ayrılır. Bazı maddeler birden çok sınıfa dahil olmaktadır. [Curran, 2005].

Karakterizasyonda, maddeler bir etki puanı oluşturmak için her sınıf içinde toplanır. Ağırlıklar uygulamadan sadece ilgili maddelerin miktarlarını toplamak yeterli

değildir. Bazı maddeler diğerlerinden daha yoğun bir etkiye sahip olabilir. Bu sorun, farklı maddelere ağırlıklandırma faktörleri uygulanarak çözülür. Bu adım karakterizasyon adımı olarak adlandırılır [Curran, 2005].

Bir etkinin görelî boyutunu daha iyi anlamak için bir normalleştirme adımı gereklidir. Bir ürünün yaşam döngüsü için hesaplanan her bir etkiyi, bu sınıf için bilinen etkilerin tümüyle karşılaştırılır. Örneğin, Eko gösterge yöntemi, ortalama bir Avrupalının bir yıl boyunca neden olduğu etkilerle normalleşir. Elbette normalleşme için başka bir temel seçmek mümkündür [Curran, 2005].

Normalleştirme, sonuçlarla ilgili anlayışımızı önemli ölçüde geliştirir. Ancak, tüm etkilerin eşit öneme sahip olduğu düşünülmediğinden nihai bir karar verilemez. Değerlendirme aşamasında, normalleştirilmiş etki puanları, etkinin görelî önemini temsil eden bir ağırlık faktörü ile çarpılır [Curran, 2005].

Farklı süreçler arasında karşılaştırılabilir hale getirirken çevresel etkileri ölçmek çok zordur. Ancak, bu sorunları ve diğerlerini ölçebilmek çok önemlidir YDD kullanan her çalışmada bunlarla karşılaşılır çünkü bir sürecin toplam çevresel etkisini ölçmeye çalışmamız gerekir. Tam YDD değerlendirmesi, envanterin verilerinin sonraki herhangi bir niteliğine çalışmaya odaklanmaya yardımcı olur. Hangi değişimlerin en büyük potansiyel etkilere sahip olduğunu gösterir ve bu nedenle mümkün olan en yüksek hassasiyet ve kesinlik derecesi ile gerçekleştirilmelidir. Dolayısıyla etki değerlendirmesi, envanteri ürünler arasındaki karşılaştırmalarda kararlar için temel olarak nitelendirir ve ayrıca verilerin daha fazla toplanmasını belirsizliklerin bulunduğu alanlara odaklamak için de kullanılabilir.

YDD yönteminin etki değerlendirme aşaması, şeffaflık, tekrarlanabilirlik ve bilimsel temeller açısından YDD'deki diğer aşamalarla aynı genel gerekliliklere tabidir. Bununla birlikte, bu bölümde daha önce açıklanan bazı çevresel etkiler için mutlak bir ölçüme sahip olunamamasıyla ilgili sorunlar nedeniyle, bir değerlendirmenin hiçbir zaman tamamen objektif olamayacağı kavramın doğasında vardır [Zhu, 2004].

Etki değerlendirmesi üç adımda ilerler:

Çeşitli etki kategorilerine potansiyel katkıların hesaplanması. Bir YDD etki değerlendirmesinin ilk adımında, değişime atfedilen çevresel etki türleri değerlendirilir. Her bir çevreye emisyon için, daha sonra çeşitli etki kategorilerine katkıların büyüklüğü hakkında bir hesaplama yapılır. Ana kategoriler: abiyotik tükenme, Enerji tükenmesi, Küresel Isınma, İnsan toksisitesi; Ekotoksisite, Asidifikasyon; Nitrifikasyon; Ozon tükenmesi; Fotokimyasal ozon incelmeleri

potansiyelidir Normalleştirilmiş etki potansiyelleri veya kaynak tüketimleri doğrudan karşılaştırılmadan önce, her bir etkinin diğerlerine göre ciddiyeti dikkate alınmalıdır. Bilimsel, politik ve normatif mülahazalar, etki kategorilerinin ve kaynak tüketimlerinin her biri için bir ağırlıklandırma faktörüyle ifade edilen bu adımda yer alır. Normalleştirme ve ağırlıklandırma öğeleri YDD yöntemine bağlıdır ve bu nedenle toplam sonuçta birlikte sunulur. Çevresel etki kategorileri için, "ekotoksosite" ve "insan toksisitesi"nin nicel değerlendirmesi önemli miktarda çalışma gerektirir. Bu nedenle, bu etki kategorileri için niteliksel bir değerlendirme yöntemi de YDD yönteminin bir parçası olarak başkaları tarafından, kimyasalların tehlike sınıflandırması ve etiketlemesinde sunulan bilgilere dayalı olarak geliştirilmiştir [Zhu, 2004].

## **2.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Metodolojisi**

### **2.2.1. Amaç ve Kapsam Belirleme**

YDD çalışmasının ilk safhası olan amaç ve kapsam belirlemede, yapılacak olan çalışmanın amacını ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak olan çevresel etkilerin karar verme sürecine nasıl katılacağına dair metodun belirlendiği aşamadır. Karar verme sürecinde katkı sağlayacağına inanılan bilgilerin türleri, katkı sağlayacak sonuçların ne kadar katı olması gerektiği sağlamak için nasıl yorumlanması ve sunulması gerektiği gibi hususlar bu safhada netleştirilmelidir [Demirer, 2011].

### **2.2.2. Hedef Tanımı Belirlemenin YDD'yi Etkilemesi**

YDD süreci herhangi bir ürün, süreç ya da hizmetten kaynaklanabilecek muhtemel çevresel etkilerin saptanmasında kullanılır. YDD'nin hedef ve kapsamını belirlemek için, ne kadar zaman ve kaynağa ihtiyaç duyulacağını ortaya çıkaracağı gibi değerlendirme tamamlandığında da en anlamlı sonuçların alınabilmesini sağlayacak şekilde tüm analiz safhalarına yol gösterecektir. Hedef tanımı ve kapsam belirleme safhasında alınacak olan her karar, çalışmanın nasıl yönetileceğini ve nihai sonuçların uygunluğunu etkileyecektir [Demirer, 2011].

## 2.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmenin Temel Özellikleri

Yaşam döngüsü değerlendirmenin bazı esas özellikleri şu şekildedir:

- Ürün sisteminin ham madde alımından nihaî bertarafına kadar, çevresel faktörlerini ve etkilerini belirlenen hedef ve kapsama uygun bir şekilde sistematik olarak değerlendirir.

- Yaşam döngüsü değerlendirmenin nispi olma özelliği, metodolojinin fonksiyonel birim özelliğine bağlıdır.

- Bir yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasının detay düzeyi ve zaman çerçevesi, hedef ve kapsam tanımına bağlı olarak büyük bir değişiklik gösterebilir.

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmasının amaçlanan uygulamasına bağlı olarak, gizliliğe saygı göstermek için gerekli tedbirler alınır.

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisi, bilimsel bulguların ve teknolojideki en son gelişmelerin kullanılmasına açıktır.

- Kamuoyuna açıklanması amaçlanan karşılaştırmalı beyanlarda kullanılması hedeflenen özel gerekler yaşam döngüsü değerlendirmesine uygulanır.

- Yaşam döngüsü değerlendirmesini gerçekleştirmek için tek bir metot yoktur. Kuruluşlar, amaçlanan uygulamaya ve kuruluşun gereklerine göre, bu standartta ortaya konulduğu gibi yaşam döngüsü değerlendirmesini uygulama esnekliğine sahiptir.

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi, fonksiyonel bir birime dayalı mutlak bir yaklaşım olduğundan, diğer birçok teknikten (çevresel performans değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmesi ve risk değerlendirmesi gibi) farklı olup, bu diğer tekniklerin eldesiyle bilgileri de kullanabilir.

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi, olası çevresel etkileri ele alır. Yaşam döngüsü değerlendirilmesi, olası çevresel etkilerin referans bir birime göre nispi ifadesinden, zamana ve mekâna göre çevresel verilerin bütünlüğünden, çevresel etkilerin modellenmesindeki doğal belirsizliğinden, bazı olası çevresel etkilerin, açıkça gelecekte de etkileri olacağından dolayı mutlak ve kati çevresel etkileri tahmin etmez.

- Diğer yaşam döngüsü değerlendirmesi aşamalarıyla birlikte yaşam döngüsü etki değerlendirmesi aşaması, bir veya daha fazla ürün sistemi/sistemleri için çevresel ve kaynaklarla ilgili hususların sistem ölçeğinde bir perspektifini sağlar.

- Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi, yaşam döngüsü değerlendirmesi sonuçlarının etki kategorilerini sıralar. Her bir etki kategorisi için, bir hayat boyu etki

kategorisi seçilip kategori gösterge sonucu hesaplanır. Gösterge sonuçlarının toplanması ya da yaşam döngüsü etki değerlendirmesi profili ürün sisteminin girdileri ve çıktılarıyla ilgili çevresel konulara dair bilgi sağlar.

- Önem belirleme, değer seçimleri gerektirdiğinden, sonuçların tek bir genel değere ya da sayıya indirgemek için bilimsel bir esas yoktur.

- Hayat boyu yorum, çalışmanın hedef ve kapsam tanımında açıklandığı gibi uygulamanın gereklerini karşılamak için bir yaşam döngüsü değerlendirmesinin bulgularına dayalı kararların tanımlanması, nitelendirilmesi, kontrol edilmesi, değerlendirilmesi ve sunulması için sistematik bir prosedür kullanır.

- Hayat boyu yorum, hem yorum aşamasının kendi içerisinde hem de yaşam döngüsü değerlendirmesinin diğer aşamaları ile tekrarlı bir prosedür kullanır.

- Hayat boyu yorum, hedef ve kapsam tanımıyla ilgili bir Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin kuvvetli yönlerini ve sınırlarını vurgulayarak çevre yönetimi için diğer teknikler arasındaki bağlantılar için hükümler ortaya koyar [ISO, 2006].

## **2.4. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi (YDE)**

Envanter analizi, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca hammadde eldesinden bertarafına kadar girdi ve çıktıların tanımlandığı; enerji ve hammadde gereksinimlerinin, hava ve su emisyonlarının, katı ve diğer çevresel atıkların belirlendiği adımdır. Bir YDD çalışmasının YDE safhasında, bütün ilgili veriler toplanmaktadır. YDE safhasında verilerin güvenilirliği oldukça önemlidir. YDE olmadan karşılaştırmalı çevresel etkiler veya buradaki potansiyel değişiklikler belirlenemez. YDE, YDD çalışmasının diğer safhalarının doğruluğunu, toplanan verilerin doğruluk düzeyini ve detayları doğrudan etkilemektedir. YDE sonucunda, çevreye salınan emisyon ve kirleticilerle birlikte hammadde tüketimi, enerji kullanımı, doğal kaynak kullanımıyla ilgili bir liste hazırlanmaktadır. Bu listeden ürünün “beşikten mezara” kadar olan süreçte tüm girdi ve çıktıları gösterilmiş olmaktadır. Bu şekilde farklı ürün ya da prosesler için girdi ve çıktılar karşılaştırılıp malzeme seçiminde çevresel açıdan en uygun proses ve/veya malzeme seçilebilmektedir. Ayrıyeten hükümetlerde bu safha sayesinde, kaynak kullanımı ve çevresel emisyonlar konusunda politika belirleyip mevzuat geliştirebilmektedir [Demirer, 2017].

## 2.5. Yaşam Döngüsü Etki Analizi (YDEA)

YDEA safhasında, YDE sırasında belirlenen verilerle muhtemel çevresel salınımların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Etki analizi, insan sağlığı ve çevresel değerlerinden farklı olarak doğal kaynak tüketimini de ele almaktadır. YDEA ürün/proses ve bunun muhtemel çevresel etkileri arasında bağlantı kurmaktadır [Demirer, 2017]. YDE safhasında toplanan veriler ile birlikte bir proses hakkında birçok bilgi sağlamaktadır. Fakat farklı iki ürün veya proses arasında karşılaştırma yapabilmek amacı ile YDEA gerekmektedir. ISO tarafından YDD için “Yaşam Döngüsü Etki Analizi ISO 14002” adlı bir standart geliştirmiştir. Bu standarda göre zorunlu olan ilk üç safha; etki kategorilerinin seçimi, sınıflandırması ve karakterizasyonudur. Etki kategorilerinin seçimi; ortaya çıkan çevresel etkilerinin hangi kategoride (küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon, kaynak tüketimi, su toksisitesi vb.) olacağını belirlemesidir. Sınıflandırma, yaşam döngüsü envanter girdi ve çıktılarının çalışma amacına uygun olarak seçilen etki kategorilerine ayrılmasıdır. YDE aşamasının sonuçları birçok farklı emisyonu içermektedir. İlgili etki kategorisi seçildikten sonra envanter sonuçları bir veya birden çok etki kategorisine atanır. Eğer maddeler birden çok etki kategorisine katkıda bulunuyorsa, ilgili tüm etki kategorilerine katkıda bulunacak şekilde sınıflandırılmaktadırlar. Gruplandırma ise; toplanan verilerin çevresel etkilerine göre etki kategorilerinde gruplandırılmasıdır. Aynı veriler farklı çevresel etkiler yaratabilmekte ve böyle durumlarda veri her iki etki gurubunda da yer almaktadır. YDEA sınıflandırılması için iki yöntem kullanılmaktadır. Göstergelerin özelliklerine ya da lokasyonlarına göre gruplandırılması ve göstergelerin öncelik sistemine (düşük, orta veya yüksek öncelikli) göre gruplandırılmasıdır [ISO, 2006].

## 2.6. Yaşam Döngüsü Yorumlama

Yaşam döngüsü değerlendirmesini son aşaması olan yorumlama kısmında, YDE ve YDEA aşamalarında elde edilen sonuçlar uygun tekniklerin yardımıyla değerlendirilmektedir. Bu aşama ISO tarafından tanımlanmaktadır. Bu tanımların birincisi; yaşam döngüsünün önceki safhalarında elde edilen verilerin değerlendirilmesi, sonuçların belirlenmesi, çalışmadaki kısıtların tanımlanması, önerilerin yapılması ve YDD çalışması sonuçlarının şeffaf bir şekilde raporlanmasıdır. İkincisi ise; YDD sonuçlarının, çalışmanın ilk basamağı olan amaç ve kapsam bölümü ile uyumlu olarak, kolay anlaşılabilir, eksiksiz ve tutarlı bir şekilde sunulmasıdır [ISO, 2006].

## 2.7. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Kullanım Alanları

YDD'nin başlıca kullanım alanları şu şekildedir:

- Belirli bir ürünle ilgili problemlerin analiz edilmesi,
- Ürün geliştirmesi için yapılacak bir çalışmayı etkileyen önemli parametrelerin belirlenmesi,
- Yeni ürün tasarımı,
- Birbirleri ile benzeşen ürünler, prosesler ve hizmetler arasında seçim yapılması.

YDD kullanıcıları ile yapılan bir anketin sonuçlarına göre YDD'nin başlıca kullanım alanları arasında iş geliştirme stratejileri (%18), araştırma ve geliştirme (%18), ürün ya da süreç tasarımı (%15) ve eko-etiket ya da ürün deklarasyonları (%11) yer almıştır [ISO, 2006].

YDD'nin özellikle kullanıldığı alanlarından birisi de gerek kamu gerek özel sektörde görülen yeşil satın alma uygulamalarıdır. Bu tür satın alma uygulamalarının doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebilmesi, var olan alternatiflere yönelik bir YDD çalışması yapılması ile mümkün olabilmektedir [ISO, 2006].

### 2.7.1. Çevresel Etki Kategorileri

En yaygın çevresel etki kategorilerinin tanımı:

Sınıflandırma ve karakterizasyon, envanterin her bir etki parametresinin çevresel etkiye katkıya dönüştürüldüğü bir hesaplama sürecidir. Genel olarak, aşağıdaki çevresel temalar dikkate alınır.

Abiyotik tükenme potansiyeli (ADP) - abiyotik tükenme, cevherler gibi yenilenemeyen ham maddelerin çıkarılmasıyla ilgilidir.

Enerji tükenme potansiyeli (EDP) - enerji tükenmesi, yenilenemeyen enerji taşıyıcılarının çıkarılmasıyla ilgilidir.

Küresel ısınma potansiyeli (GWP) - dünya atmosferinde artan miktarda CO<sub>2</sub>, radyoaktif enerjinin daha fazla emilmesine ve sonuç olarak Dünya'daki sıcaklıkların artmasına neden olur. Buna küresel ısınma denir. CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve aerosollerin tümü küresel ısınmaya katkıda bulunur.

İnsan toksisitesi (HT) - insanların toksik maddelere maruz kalması sağlık sorunlarına neden olur. Maruz kalma, özellikle besin zinciri yoluyla hava, su veya toprak yoluyla gerçekleşebilir.

Ekotoksisite (ECA/ECT) - flora ve faunanın toksik maddelere maruz kalması olumsuz etkiler meydana getirir. Ekotoksisite, su (sukul ekotoksisite) ve toprak (karasal ekotoksisite) için tanımlanır.

Asidifikasyon potansiyeli (AP) – toprağa ve suya asit birikimi, yerel duruma bağlı olarak asitlik derecesinde değişikliklere yol açabilir. Bu durum flora ve faunayı çoğunlukla olumsuz yönde etkilemektedir.

Nitrifikasyon potansiyeli (NP) – suya veya toprağa besin maddelerinin eklenmesi biyokütle üretimini artıracaktır. Bu da balık gibi daha yüksek organizmaları etkileyen oksijen konsantrasyonunda azalmaya yol açar, bir ekosistemdeki türlerin sayısında istenmeyen kaymalara ve dolayısıyla biyolojik çeşitlilik için bir tehdit oluşturabilir. Bu bölümdeki ana elementler azot içeren maddeler, fosfatlar ve organik maddelerdir.

Ozon tabakasının incilmesi (ODP) – ozon tabakasının incilmesi, dünya yüzeyine ulaşan UV ışığı miktarında bir artışa yol açar. Bu, insan hastalıklarına yol açabilir ve ekosistemleri olumsuz yönde etkileyebilir.

Fotokimyasal oksidan oluşturma potansiyeli (POCP) – No<sub>x</sub>'in uçucu organik maddelerle reaksiyonu, UV işığının etkisi altında, dumana neden olan fotokimyasal oksidan oluşumuna yol açar.

Her bir ęevresel etki kategorisi, ağırlıklandırılmadan ve toplanmadan önce ayrı ayrı hesaplanır. Ancak, bir maddenin dahil edilmeden önce belirli bir ęevresel etki kategorisine katkıda bulunup bulunmadığını belirlemek için kriterler belirlenir. Eşdeğerlik faktörü, bir maddenin bir gramı kadar ęevresel etkiye aynı katkıyı sağlayacak referans maddenin miktarı olarak bir maddenin potansiyel ęevresel etkisini ifade eder. Her bir ęevresel etki kategorisi için, referans madde tipik veya önemli bir katkı maddesi olarak seçilir. Örneğin CO<sub>2</sub>, sera etkisine en fazla katkıda bulunan gaz olduğu için sera gazları durumunda kullanılır.

Küresel olmayan etki kategorileri için, potansiyel etkilerin hesaplanmasında saha faktörlerinin kullanılması uygun olabilir. Saha faktörlerinin dahil edilmesi, o yerel bölge için hesaplanan etki potansiyellerini nitelendirecektir. Bununla birlikte, yer faktörlerinin kullanımı henüz YDD yönteminde genel olarak uygulanmamaktadır [Zhu, 2004].

## **2.8. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ISO Standardı**

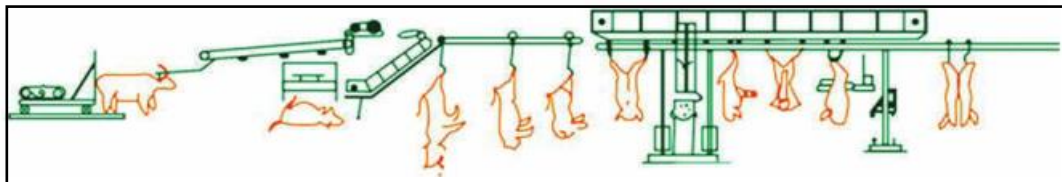
ISO; hem endstriyellemiş hem de gelişmişlkelerdeki ulusal kuruluşları içeren, hedefi geniş bir yelpazedekirn ve etkinliklerin standartlaşmasını amaçlayan dünya çapında özel bir organizasyondur YDD, ISO'nun da çalışma konusu içinde yer almaktadır. ISO alışmaları 1994 yılında başlamış ve YDD standartlarının ilk serisinin oluşturulması bu çalışma ile amaçlanmıştır. Bunlardan 14000 serisi YDD ile ilişkili birçok standardı (14040 serisi) ve evre yönetim sistemizerindeki 14001 standardını kapsamaktadır. ISO 14040 Standartları serisi Tablo 2.1'de gösterilmektedir. Bu genel standartlar ISO 14040 (evresel Yönetim-Hayat Boyu Değerlendirme) serisi içinde ISO tarafındanretilmiştir. Bu standartlardan bazıları Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılarak revize edilen ISO 14040 [ISO, 2006] standardını içermektedir. Yürürlükten kaldırılan standartlar ISO 14040 [ISO, 2006] standartları olup, Tablo 2.1'de mevcut olan standartlar ile birlikte bunlar belirtilmektedir.

Tablo 2.1: ISO 14040 standartları serisi.

ISO 14040 STANDARLARI SERİSİ
ISO 14040 (2006): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve
ISO 14040 (1997): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO/DIS 14041(1998) Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14042 (2000): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14043 (2000): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Yorumu (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14044 (2006): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Gereksinimler ve Kılavuzlar
ISO 14047 (2003): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14042 Uygulama Örnekleri
ISO/TS 14048 (2002): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Veri Belgeleme Biçimi
ISO 14049 (2003): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14041 Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi Uygulama Örnekleri

## 2.9. Et ve Et Ürünleri Üretimi

Ülkemizdeki et ve et ürünleri üreten tesisler, maliyetin daha düşük olması sebebiyle genellikle geleneksel üretim metodunu kullanmaktadır. Canlı hayvan veya karkas et alımıyla başlayan geleneksel üretim metoduna göre, kemik ve sinirlerinden ayrılan et kıyma haline dönüştürüldükten sonra proses sürecine göre fermente edilir ve/veya baharat eklenir. Daha sonrasında, zararlı mikroorganizmalardan arındırmak üzere ısı işlem gören ürünler soğutulularak paketlenir ve müşteriye sevk edilir. Hem enerji, hem su, hem de kullanılan et açısından oldukça verimsiz olan geleneksel üretim yöntemleri, hali hazırda kurulu tesislerde yapılacak müdahalelerle daha verimli hale getirilebileceği gibi, yeni kurulacak tesisler kaynak kullanımı açısından çok daha verimli olacak şekilde dizayn edilebilir [Alpas, 2016].

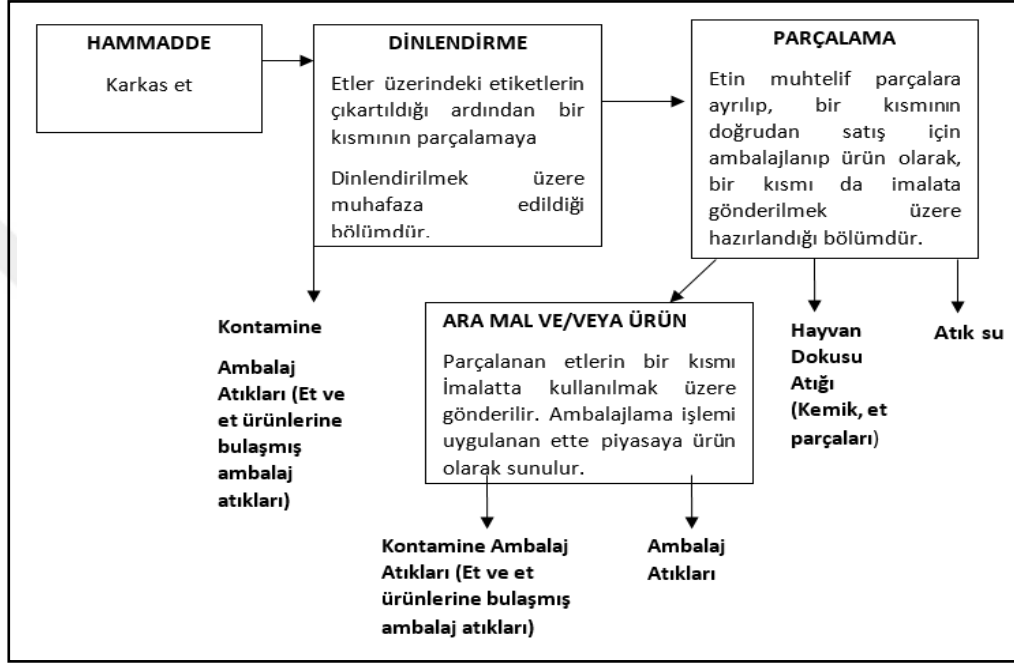


Şekil 2.3: Karkas kesim alanı.

## 2.9.1. Et ve Et Ürünleri İşletmesi Hakkında Genel Bilgiler

Bu çalışmaya konu olan işletme Kocaeli İli, Çayırova İlçesinde “Et ve et ürünleri” üretimi konusunda faaliyet göstermektedir.

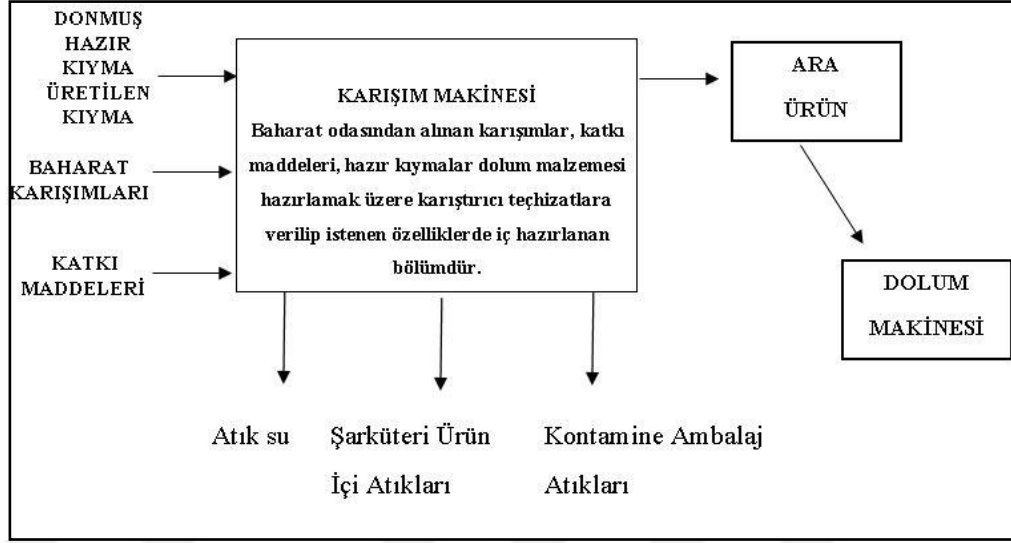
### 2.9.1.1. Kırmızı Et İmalatı



Şekil 2.4: Parça et üretimi vaziyet planı ve iş akış şeması

Parça et üretim ünitesi işletmede 150 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu üniteye parçalanmış etler ürün olarak piyasaya sürüldüğü gibi, proseyer döner, sucuk, sosis, kavurma, pastırma yapımında kullanılmaktadır.

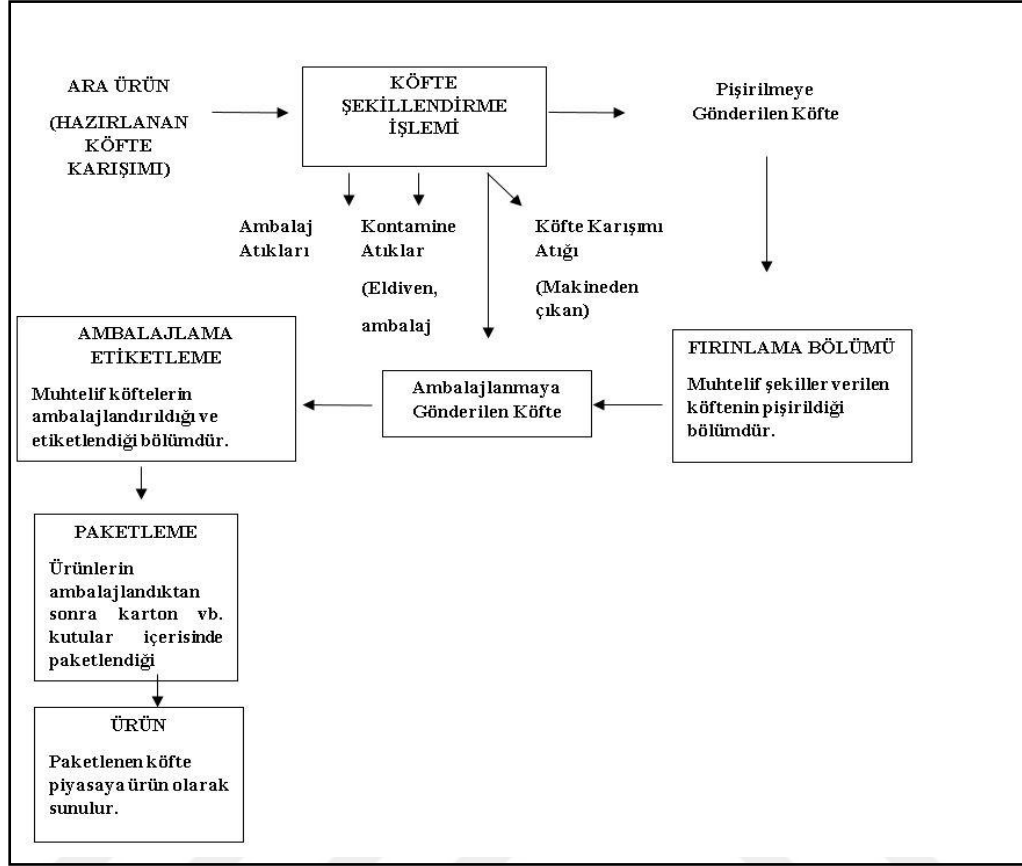
## 2.9.1.2. Şarküteri İçi Hazırlama (Karıştırma) Ünitesi



Şekil 2.5: Şarküteri içi ünitesi vazyet planı ve iş akım şeması.

Şarküteri Ürün İçi Hazırlama (Karıştırma) Ünitesi işletmede 150 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu üniteye kıyma, baharat, katkı maddeleriyle karıştırılıp, suçuk, salam, sosis, hamuru hazırlanır.

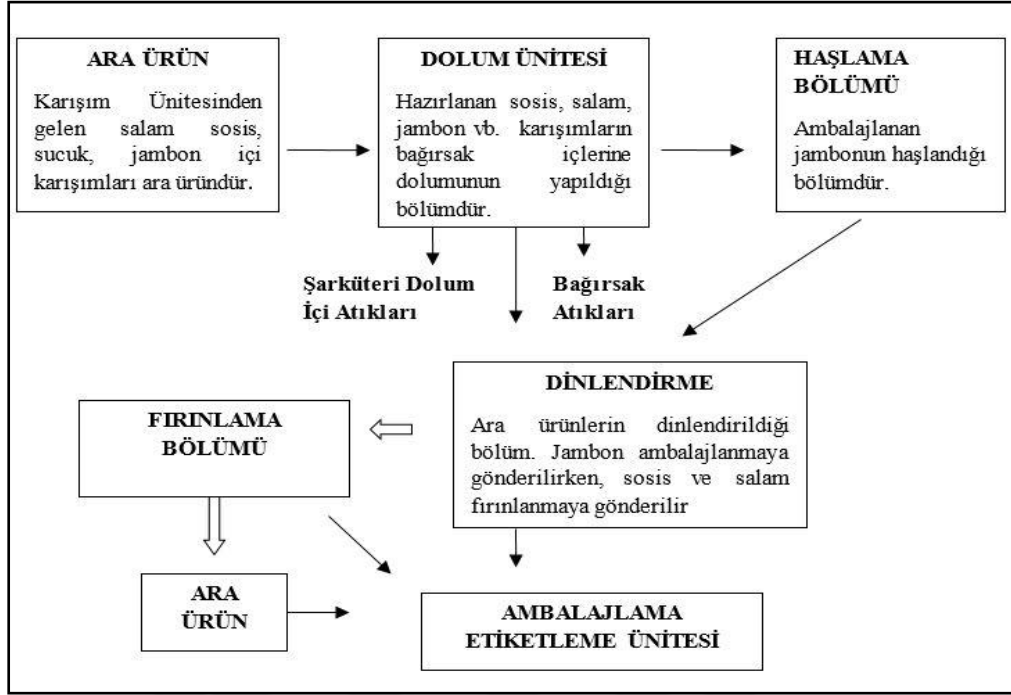
### 2.9.1.3. Köfte İmalatı



Şekil 2.6: Köfte imalatı vaziyet planı ve iş akım şeması.

Köfte şekillendirme ünitesi işletmede 450 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu üniteye hamur halindeki karışım köfteye form kazandıran teçhizata verilip, standart ebatlarda istenen şekillerde köfte üretilir.

## 2.9.1.4. Salam, Sosis, Sucuk, Jambon Dolum Ünitesi

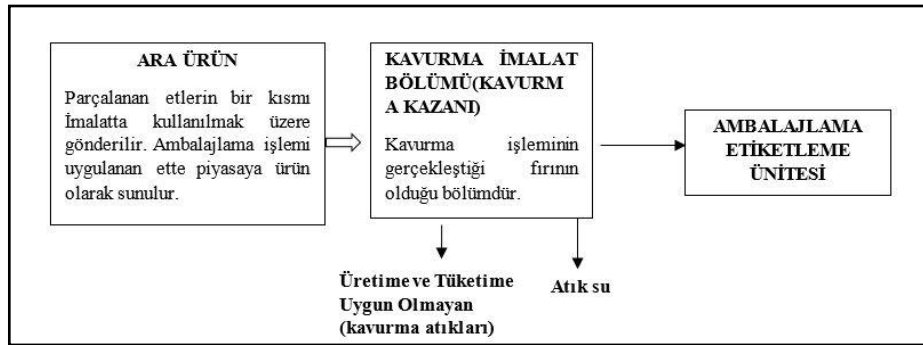


Şekil 2.7: Şarküteri ürünleri dolum ünitesi vaziyet planı ve iş akım şeması.

Salam, sosis, jambon dolum ünitesi işletmede 50 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu üniteye salam, sosis, jambon iç karışımları bağırsaklara doldurularak fırınlamaya gönderilirler.

## 2.9.1.5. Pişmiş Döner ve Kavurma İmalatı, Fırın Ünitesi

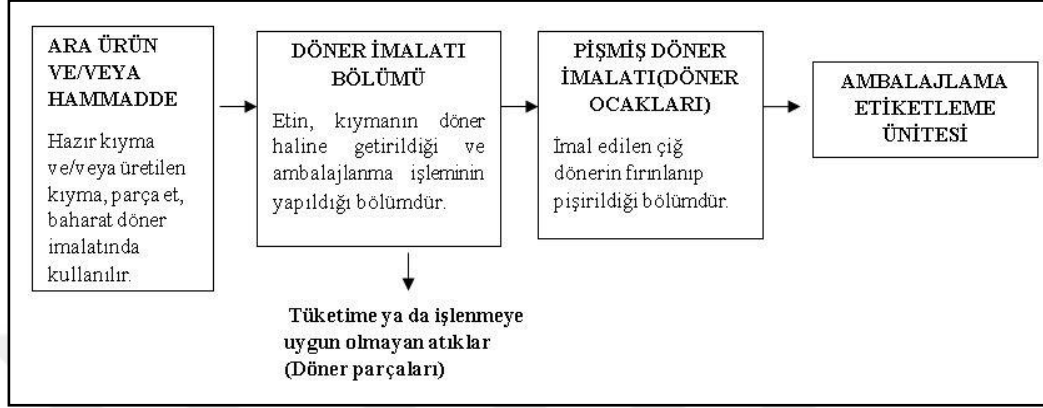
### 2.9.1.5.1. Kavurma İmalatı



Şekil 2.8: Kavurma imalatı vaziyet planı ve iş akım şeması.

Kavurma İmalatı işletmede 200 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite de kavurma kazanında pişmiş ürün (kavurma) hazırlanır.

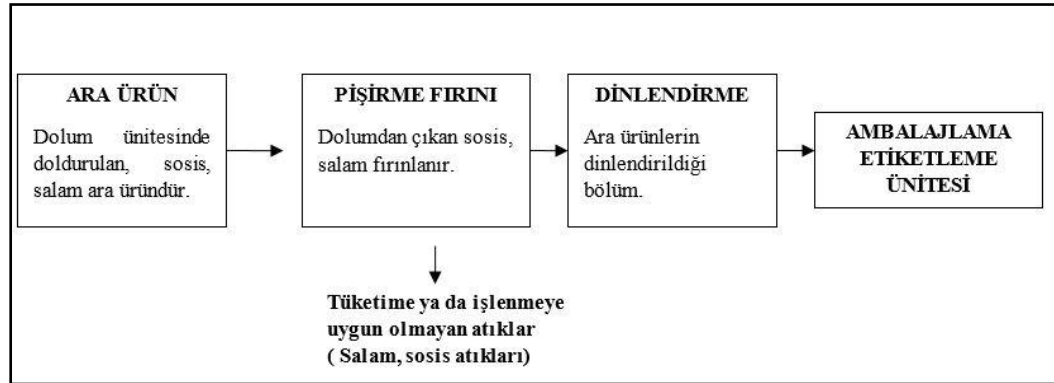
### 2.9.1.5.2. Pişmiş Döner İmalatı



Şekil 2.9: Pişmiş döner imalatı vaziyet planı ve iş akım şeması.

Pişmiş Döner İmalatı işletmede 200 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite de döner ve kavurma kazanında, pişmiş ürün hazırlanırken, dolum bölümünün yanında da salam, sosıs, jambon fırınlanır.

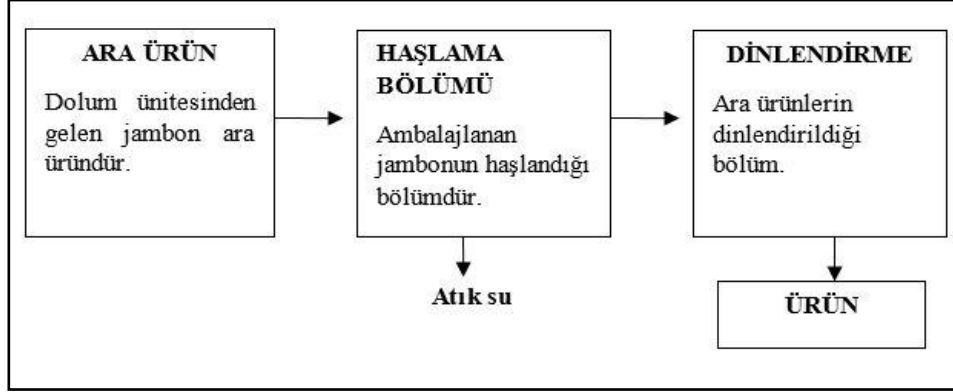
### 2.9.1.5.3. Fırın Ünitesi



Şekil 2.10: Fırın ünitesi vaziyet planı ve iş akım şeması.

Fırın Ünitesi işletmede 30 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite de şarküteri ürünleri (salam, sosıs) fırınlanır.

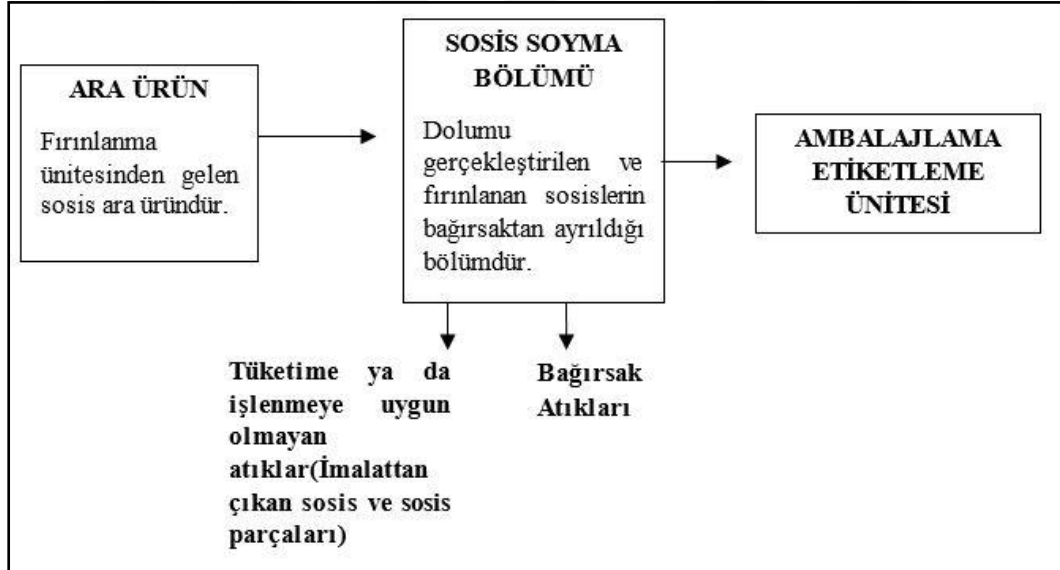
### 2.9.1.6. Haşlama Ünitesi



Şekil 2.11: Haşlama ünitesi vaziyet planı ve iş akım şeması.

Haşlama Ünitesi işletmede 10 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite dolumu gerçekleştiren jambon haşlanır ve dinlendirmeye gönderilir.

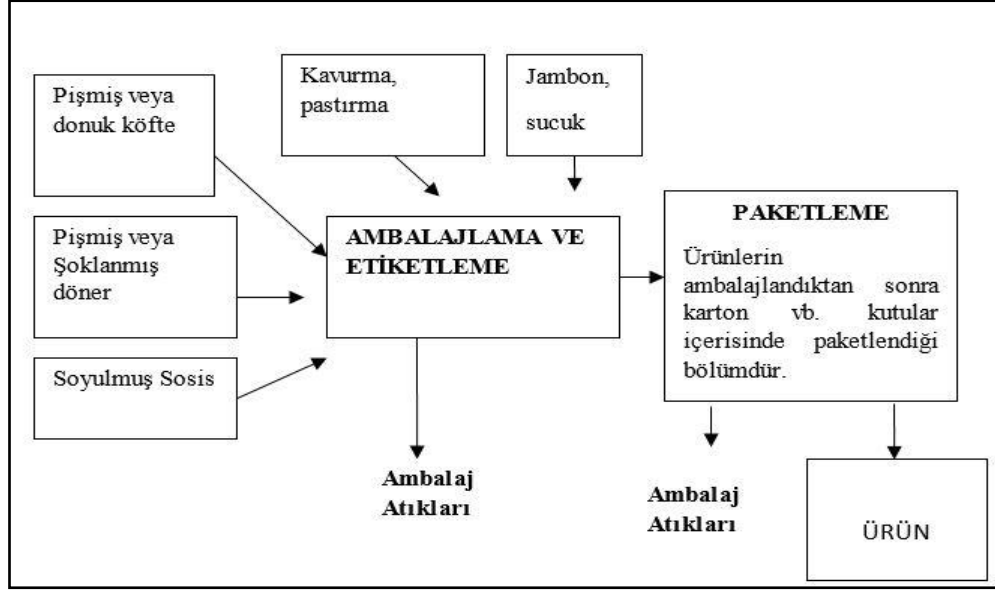
### 2.9.1.7. Sosis Soyma Ünitesi



Şekil 2.12: Sosis soyma ünitesi vaziyet planı ve iş akım şeması.

Sosis Soyma Ünitesi işletmede 20 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite fırınlanan sosisler, ambalajlarından ayrılarak, çoklu ambalajlanmak üzere ambalajlama ünitesine gönderilirler.

## 2.9.1.8. Ambalajlama ve Etiketleme



Şekil 2.13: Ambalajlama ve etiketleme vaziyet planı ve iş akım şeması.

Ambalajlama ve Etiketleme Ünitesi işletmede 630 m<sup>2</sup> alanda (tamamı kapalı alan) yer almaktadır. Bu ünite ara ürünler ambalajlanıp piyasaya ürün olarak sunulmaya hazır hale gelirler.

## 2.9.2. İşletmenin Çevresel Etkileri

### 2.9.2.1. Atık su ve Su Yönetimi

Belirli bir firmadan tankerle su alınmaktadır. Rapor dönemi içerisinde 49608 m<sup>3</sup>/yıl su tüketilmiştir. Tesiste kuyu bulunmamaktadır. İçme suyu ihtiyacı tedarikçilerden damacanalardan karşılanmaktadır. Rapor döneminde yaklaşık 25 m<sup>3</sup>/ay damacana suyu kullanılmaktadır.

İşletmede yemekhane, lavabo ve tuvaletlerden kaynaklı yaklaşık 2112 m<sup>3</sup> evsel atık su oluşmuştur. Oluşan atık sular İSU kanalizasyon sistemine verilmektedir.

Tesiste makina ekipman temizliği sonucu oluşan endüstriyel nitelikli atık su arıtmada arıtıldıktan sonra İSU kanalizasyon sistemine verilmektedir. Makine ekipman temizliğinde yaklaşık 42 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

Yağmur ve yıkama suları İSU kanalına verilmektedir.

Tesiste su kullanılan üniteler ve yaklaşık kullanım miktarları aşağıda bulunmaktadır. Proseste su kullanılmakta olup, kullanılan su ürünlerin içerisinde kalmaktadır. Atık su oluşmamaktadır. Kullanılan su miktarı üretim miktarına göre değişkenlik göstermektedir.

-Su hazırlama (yumuşatma) 1 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

-Kazan blöf suyu 15 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

-AAT kimyasal hazırlama 8,5 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

-Soğutma kulesi 22 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

-Yangın hidratlarında kullanılan su 1 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

-Yıkamalar(yumuşatma, kum filtre ve aktif karbon) 4 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

\*kullanılan su ve atık su miktarları mevsimlere göre değişkenlik göstermekte olup, ortalama değerleri yukarıda belirtilmiştir.

### 2.9.2.2. Atık su Arıtma Tesisleri Hakkında Bilgi

Tesiste atık su arıtma tesisi bulunmaktadır. Arıtılan atık sular İSU kanalizasyon sistemine verilmektedir. Atık su arıtma tesisi kapasitesi 200 m<sup>3</sup>/gün dür. İSU tarafından atık su arıtma çıkışında belli aralıklarla numune alımları yapılmaktadır. Atık su arıtma tesisi üniteleri aşağıda bulunmaktadır. Atık su arıtma tesisleri için kimyasal hazırlama 8,5 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır. Yıkamalar(yumuşatma, kum filtre ve aktif karbon) 4 m<sup>3</sup>/gün su kullanılmaktadır.

ATIKSU ARITMA TESİSİ ÜNİTELERİ									
✓	FİZİKSEL	✓	KİMYASAL	✓	BİYOLOJİK	İLERİ ARITMA	✓	DEZENFEKSİYON	DERİN DENİZ
								KLOR VE	DEŞARJ
								BİLEŞİKLERİ	
✓	İNCE İZGARA		KİMYASAL DAF		YAPAY SULAK ALAN	MIKRO	✓	KLOR VE	DERİN DENİZ
	KABA İZGARA		NÖTRALİZASYON		STABİLİZASYON HAVUZU	FILTRASYON		BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
	ELEKLER	✓	KOAGÜLASYON		DAMLATMALI FİLTRE	ULTRA		KLOR VE	DERİN DENİZ
	KUM TUTUCU	✓	FLOKÜLASYON		DÖNER BİYODİSK	FILTRASYON		BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
	YAĞ TUTUCU	✓	KİMYASAL ÇÖKTÜRME	✓	ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR	NANO		KLOR VE	DERİN DENİZ
	KUM-YAĞ					FILTRASYON		BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
	TUTUCU		ELEKTROKOAGÜLASYON		KLASİK AKTİF ÇAMUR	UV		KLOR VE	DERİN DENİZ
	ÖN ÇÖKTÜRME		ELEKTROFLOKÜLASYON		UZUN HAVALANDIRMALI	TERS OZMOS		BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
	DENGLEME		AMONYAK SIYIRMA		BARDENPHO(4- KADEMELİ)	AKTİF KARBON		KLOR VE	DERİN DENİZ
	HAVUZU		İYON DEĞİŞİMİ		BARDENPHO(5- KADEMELİ)	KUM FİLTRE		BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
✓	FİZİKSEL DAF				A/O (İKİ AŞAMALI	MIKROELEK		KLOR VE	DERİN DENİZ
	EVAPORASYON				PHOREDUK)			BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ
					A2/O (üç aşamalı phoredux)			KLOR VE	DERİN DENİZ
					Havasız arıtma Sistemi			BİLEŞİKLERİ	DEŞARJ

Şekil 2.14: Atık su arıtma tesis üniteleri şeması.

İşletmede alıcı ortama atık su deşarj edilmediği için iç izleme yapılmamaktadır. İşletme alıcı ortama atık su deşarj edilmemektedir. Tesisin denize kıyısı bulunmamaktadır.

### **2.9.3. Hava Yönetimi**

#### **2.9.3.1. Emisyon Kaynakları Hakkında Bilgi**

Tesiste 14 adet havalandırma bacası bulunmaktadır. Tesis Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliğin Ek-2 listesi 7.22<sup>1,2</sup> maddesinin " 1,2 " işaretli olması sebebiyle Hava Emisyon Konulu ve Gürültü Konulu Çevre İzinlerinden Muafır. Emisyon ölçümleri yapılmamaktadır. Tesiste daha önce altı adet baca bulunmaktaydı. Havalandırma bacalarında yapılan iyileştirilmeler ve revizyon sonucunda baca sayısı 14'e yükselmiştir. Tesiste kontrolsüz emisyon kaynağı bulunmamaktadır.

### **2.9.4. Atık Yönetimi**

#### **2.9.4.1. Genel Atıklar**

Tesiste oluşan evsel nitelikli katı atıklar ağızı kapalı çöp bidonlarında toplanarak Çayırova Belediyesi tarafından düzenli periyodlarla alınmaktadır. Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlardır.

### **2.9.5. Kimyasallar Yönetimi**

#### **2.9.5.1. Güvenlik Bilgi Formu**

Kimyasallar tehlikelilik özelliklerine dikkat edilerek uygun şartlarda depolanmaktadır.

### 2.9.5.2. Kimyasal Depolama/Kullanım


































Tesiste kullanılan kimyasallar Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarında belirtildiği gibi depolama alanında güvenlik tedbirlerini sağlayacak şekilde uygun şartlar altında depolanmakta ve kullanılmaktadır.

### 2.9.5.3. Kimyasallara İlişkin Beyanlar









Tesis yönetmelikler kapsamında bulunan kimyasalların üretimini ve ithalatını yapmadığı için kimyasallara ilişkin bildirimlerden muafır.

## 2.10. Et ve Et Ürünleri İşleme Tesisinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Et ve et ürünleri işleme tesislerinin önemli çevresel etkileri arasında yüksek su tüketimi, yüksek organik madde içeren atık su oluşumu ve yüksek enerji tüketimi yer alır (bkz. Şekil 2.15). Çevresel etkilerin en kritik olanları şekil 2.15'te gösterilmektedir [Demirer, Alpas, 2016].

Süreçler	Çevresel Etkiler						
	Tüketim				Oluşum		
Çözdürme							
Kesme /Parçalama/Yağ Sıyırma/Çekme							
Pişirme/Tütsüleme							
Dehidrasyon/Fermantasyon/ Tuzlama/ Kürleme/Salamura							
Yıkama/Fırçalama							
Kurutma/Olgunlaşma							
Ambalajlama							
Pastörizasyon/Sterilizasyon							
Soğutma/Dondurma							
Temizleme ve Dezenfeksiyon							
Enerji Temini							

Tüketim				Oluşum			
Ham Madde	Su	Enerji	Kimyasal	Atık Su	Katı Atık	Sera Gazı	Hava Emisyonu / Koku
							

Şekil 2.15: Kırmızı ve beyaz et imalatı sektörünün doğrudan çevresel etkileri.

Su tüketimi, et ve et ürünlerini işleme süreçlerinde hijyen standartlarını sağlamak için yüksek miktarlarda su kullanılmaktadır. Su, bu işletme tesisinde en çok ekipmanların yıkanmasında ve çalışma alanlarının temizlenmesiyle birlikte karkasların yıkanması süreçlerinde kullanılmaktadır. Bilhassa temizlik işlemleri önemli bir su kullanım alanıdır [Demirer, Alpas, 2016].

Enerji tüketimi, et işleme tesislerinde gerçekleştirilen temizlik, sterilizasyon ve rendering işlemlerinde yoğun olarak termal enerji (buhar ve sıcak su) kullanılmaktadır. Tesislerde bulunan çeşitli makineler, soğutucular, havalandırma, aydınlatma, hava kompresörleri, vd. ekipmanları için ise elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Su tüketimi gibi, soğutma da ürün kalitesini etkiler. Enerji tüketimi, fosil yakıt kaynaklarının tükenmesine ilave olarak, hava kirliliğine ve iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır [Demirer, Alpas, 2016].

Hava emisyonları, et işleme tesislerinden kaynaklanan hava emisyonları, üretimde kullanılan enerji sebebiyle oluşur. Rendering ve temizlik işlemlerinde kullanılan buhar genellikle tesislerde bulunan kazanlarda üretilmektedir. Yakma sonucu oluşan hava kirleticileri arasında azot oksitler, sülfür ve partikül madde bulunmaktadır [Demirer, Alpas, 2016].





Koku, yan ürünler ve atık suyun iyi yönetilemediği ve rendering işleminin tesiste gerçekleştirildiği zaman, koku önemli bir etken oluşturabilir. Koku; tesiste tütsüleme, pişirme ve rendering işlemleri sırasında oluşmaktadır. Mezbaha atık sularının arıtıldığı (genelde biyolojik olan) sistemler de önemli bir koku kaynağı olmaktadır. Yetersiz kapasite ya da sisteme yapılan şok dozlar (ani deşarjlar) arıtma prosesindeki mikrobiyolojik dengeyi olumsuz etkileyerek, hidrojen sülfür ve diğer koku yayan bileşiklerin oluşumuna sebep olmaktadır [Demirer, Alpas, 2016].

Soğutma gazları, kloroflorokarbon (CFC) bazlı soğutma işlemlerinde ortaya çıkan muhtemel kaçaklar sebebiyle bu gazlar atmosfere karışarak ozon tabakasına zarar verir. Bu işlemlerde CFC bazlı gazlara kıyasla CFC içermeyen (örneğin amonyak) veya daha az içeren soğutma gazlarının kullanımı önemlidir [Demirer, Alpas, 2016].

Gürültü, eğer tesis kentsel alanlara yakınsa, çeşitli ekipman ve makinelerin çalışması ile tesise giren çıkan araç trafiği gürültü oluşumuna neden olur. Tesis yeri seçilirken bu potansiyel gürültü sorunları dikkate alınmalıdır [Demirer, Alpas, 2016].

## 2.10.1. Çevresel Performans Göstergeleri

Çevresel performans göstergeleri birim ham madde veya ürün başına kaynak kullanımı, atık üretimi, vd. konularda bilgi sağlayan skalalardır. Çevresel performans göstergeleri kullanılarak et işleme tesislerinin benzeri tesislerden daha çok kaynak kullandığı, atık ürettiği, vb. alanlar oluşturularak; firmanın çevresel performansı saptanabilir ve bunu iyileştirmek amacıyla yapılması gereken kaynak verimliliği çalışmaları önceliklendirilebilir. Et işleme tesislerinin çevresel performansları tesisin türü, büyüklüğü, yan ürünlerin tekrar kullanılma oranı, vd. etkenlere bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilir [Demirer, Alpas, 2016].

Gösterge		Kırmızı Et	Kanatlı Eti	
	Su	Tüketilen hammadde başına tüketilen su miktarı (ton/ton)		
		10	5,22	
	Elektrik	Tüketilen hammadde başına tüketilen elektrik miktarı (MWh/ton)		
		1	0,21	
	Fuel Oil	Tüketilen hammadde başına tüketilen fuel oil miktarı (kg/ton)		
		116,7	-	
	Atık Su Miktarı	Tüketilen hammadde başına üretilen atık su miktarı (ton/ton)		
		10	4,64	
	Kirlenici Yükü	Üretilen birim atık su miktarı başına KOİ (mg/L)		
		Kesimhane: 5000 İşleme Tesisi: 3500	6000	
		Üretilen birim atık su miktarı başına AKM (mg/L)		
	1000	2000		
	Katı Atık	Tüketilen hammadde başına üretilen katı atık miktarı (ton/ton)		
		-	0,081	

Şekil 2.16: Ülkemiz et sektöründen bazı ana performans göstergeleri.

Girdiler	Kesilen Hayvan Sayısı	Büyükbaş 92 adet/gün	1,60
	Küçükbaş 56 adet/gün	Büyükbaş 250 adet/gün	1,78
	Küçükbaş 50 adet/gün	2,47	1,62
	Su Miktarı	12,06 m <sup>3</sup> /gün	365 m <sup>3</sup> /gün
	Enerji	2000 kW/gün	758.400 m <sup>3</sup> / yıl doğalgaz
Çıktılar	<b>Katı Atıklar</b>		
	Hayvan Dışkı	65,36 kg/gün	5750 kg/gün
	İşkembe Atığı	1740 kg/gün	16.182 kg/gün
	<b>Sıvı Atıklar</b>		
	Kan	3590,4 kg/gün	9686 kg/gün
	Atık Su	16,164 m <sup>3</sup> /gün	365 m <sup>3</sup> /gün

Şekil 2.17: Ülkemizdeki mezbahaların çevresel etki değerlendirmesi

## **3. Materyal ve Metod**

### **3.1. Hedef ve Kapsamın Belirlenmesi**

Bu çalışmanın amacı, Et ve Et Ürünleri Endüstrisinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile çevresel etkilerini ortaya koymak, proseste kullanılan hangi bileşenin ne kadar çevresel etkiye katkıda bulunduğunu hesaplamak ve çevresel etkilerini azaltmak için yapılabilecek alternatifleri belirlemektir. Bu amaçla tesisin her bir biriminde kullanılan kimyasallar, kullanılan enerji ve bertaraf aşamasını içeren çevresel etkiler YDD yaklaşımı ile incelenecektir. Analizlerde openLCA programı kullanılacaktır. Bu çalışma sayesinde YDD hesaplama yöntemlerinin temeli ve mantığı anlaşılacak, böylece Et ve Et Ürünleri Tesisinin çevresel etkileri belirlenecektir.

#### **3.1.1. Fonksiyonel Birim**

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında bir ürün, hizmet veya sürecin çevresel etki değerlendirilmesi yapılır. Bu çalışmada ürün et ve et ürünleri olup, çevresel etki değerlendirilmesi yapılacaktır.

#### **3.1.2. Sistem Sınırları**

Seçilen Et ve Et Ürünleri Tesisi; 30 ton/gün üretim kapasitesine sahip, üretim ve paketlemenin beraber yapıldığı entegre bir tesis seçilmiştir. Tesiste üretim ve temizlik amaçlı 4000 m<sup>3</sup>/ay su tüketilmektedir. Üretim sonrası paketleme aşamasında meydana gelen yaklaşık 10 ton/ay miktarda atık ambalaj geri dönüşüme gönderilmektedir. Tesiste, çözündürme, dondurma, parçalama, pişirme, tütsüleme, fermantasyon, tuzlama, kütleme, yıkama, fırçalama, kurutma, olgunlaştırma, ambalajlama, enerji temini, sterilizasyon, temizlik, ve dezenfeksiyon işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Sistem sınırları et ve et ürünleri tesisinde kullanılan kimyasalların tüketimini, tesise taşınmasını, tüm proseslerde kullanılan elektrik enerjisinin tüketimini ve atık suyun arıtma tesisine girdikten sonra arıtılmasından, atık suya deşarjına kadar olan tüm arıtma proseslerini kapsar.

Sistem sınırları, beşikten mezara veya kapıdan kapıya yaklaşımları içerir. Beşikten mezara yaklaşımında seçilen sistem sınırları, hammadde temininden başlayarak, malzemelerin üretim, nakliye, kullanım ve atık bertaraf aşamalarından kaynaklanan tüm çevresel etkileri değerlendirilmektedir. Kapıdan kapıya yaklaşımında, şirket sadece kendi bünyesinde oluşturduğu süreçlerden veya hammaddenin şirketten çıkışına kadar olan süreçte çevresel etkilerini değerlendirir.

### **3.2. Envanter Analizi**

Sistem sınırları içindeki tüm girdiler ve çıktılar envantere dahil edilir. Veriler tesisin her biriminden yıllık, aylık ve günlük olarak alınır ve 1 m<sup>3</sup> arıtılmış su başına normalleştirilerek düzenlenmiştir.

### **3.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirme Yöntemleri**

Bir Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) yöntemi, bir dizi etki kategorisinden oluşur. İhtiyaca uygun yöntemi seçmek için yöntemlerin detayları bilinmelidir.

YDD'de kullanılan birçok YDED yöntemi vardır. Bu yöntemler, kuruluşlar tarafından farklı ihtiyaçları karşılamak için geliştirilmiştir. Kullanılacak yöntem genellikle şunlara bağlıdır:

- Çalışma için ele alınması gereken etki kategorileri,
- Çalışmanın hedef kitlesi ve paydaşlarının ilgi alanları,
- Yöntem ve veri tabanı arasındaki akışların teknik uyumluluğu.

Yöntem, bir veri tabanındaki işlemlerle aynı akışları kullanmıyorsa, hesaplanan etkiler sıfır olacaktır.

Kırdan fazla yöntem vardır. Gabi, Ecoinvent ve openLCA gibi birçok yöntem paketi bulunmaktadır. Bu paketler, yazılımları ve veri tabanları ile uyumlu yöntemlere sahiptir. Bu çalışmada openLCA tarafından geliştirilen yöntemler incelenecek ve en uygun olanı kullanılmıştır.

### 3.3.1. openLCA

Ürün Çevresel Ayak İzi, Örgütsel Çevresel Ayak İzi, Döngüsel Ekonomi ve diğerleri gibi tüm yaklaşımların yanı sıra Standartların özünde bir yaşam döngüsü değerlendirmesi vardır [Web 1, 2023]. Bu nedenle, yaşam döngüsü sistemlerini modellemek için çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri güçlü ve esnek yöntemlerle hesaplayabilen hesaplamalı yazılımlara ihtiyaç vardır. Bu nedenle bu araştırmada openLCA kullanılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle bu araştırmada openLCA kullanılmasına karar verilmiştir.

openLCA, GreenDelta tarafından 2006 yılında Life Cycle Assessment ve sürdürülebilirlik değerlendirme çalışmaları için geliştirilmiştir [Web 1, 2023].

Program veri tabanı odaklıdır. Analiz edilmesi planlanan ürün/süreç ile ilgili verilerin girilmesi için bir veri tabanı oluşturulur. Veri tabanında Proje, Ürün sistemi, Süreçler, Akışlar ve Parametreler alt kategorileri bulunmaktadır.

Bu alt kategoriler aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.1: openLCA Sitesinin açılış ekranı.

Projeler genellikle ürün sistemlerini karşılaştırmak için oluşturulur. Bir ürün sisteminden birden çok proje oluşturulabilir.

Bir ürünün yaşam döngüsü modeline ürün sistemi denir. Veri tabanı özelliklerine ve kullanıcı tercihlerine bağlı olarak ürün sistemlerini oluşturmanın, düzenlemenin ve tamamlamanın farklı yolları vardır. Ürün sisteminde, ürüne ait giriş ve çıkışlar bulunur ve programa kaydedilir.

Birim süreçler ve sistem süreçleri olarak iki tip olabilir. Süreç, girdiyi çıktıya dönüştüren bir faaliyettir. Örneğin et ve et ürünleri prosesinde girdiler, tüketilen enerji, kimyasallar vb. gibi parametreler. İşlem sonrasında ise tedavi sürecinin çıktıları ortaya çıkar. Bu çıktılar, çevresel etki kategorilerine göre eşdeğer miktarlar vermektedir.

openLCA veri tabanından içe aktarılan etki değerlendirme yöntemleri bu bölümde bulunur. Kullanıcı tarafından belirlenen yöntem seçilerek proje tamamlanır.

Tüm girdiler yazılıma kaydedildikten sonra proje menüsünde hesapla butonu tıklanarak YDD analizi yapılır. Sonuçlar etki kategorilerine göre grafiklerle kullanıcıya sunulur.



## 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### 4.1. Etki Kategorilerinin Ürün Bazında Karşılaştırılması

#### 4.1.1. Asidifikasyon Potansiyeli

Asidifikasyon potansiyeli toprağa ve suya asit birikimi olarak tanımlanabilir, yerel duruma bağlı olarak asitlik derecesinde değişikliklere yol açabilir. Bu durum flora ve faunayı çoğunlukla olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışmadaki ürünlerin asidifikasyon potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.1’de sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar 0,5-0,91 arasında değişkenlik göstermektedir. Literatürdeki bir çalışmaya göre benzer sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4.1: Asidifikasyon kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SIĞIR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Asidifikasyon	mol H+ eq	0,78	0,5	0,91	0,53	0,81

#### 4.1.2. İklim Değişikliği Potansiyeli

İklim Değişikliği Potansiyeli sera gazlarının etkisini, bu gazların ışımsal zorlamayı ne ölçüde artırdığına bağlı olarak karakterize eder ve hesaplar. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen belirli gazlar için GWP değerleri, aynı etkiyi veren karbondioksit miktarı cinsinden belirli bir süre boyunca bir emisyonun kümülatif ışıma zorlamasını ifade eder. Tablo 4.2’e göre ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar 38,43-71,41 arasında değişkenlik göstermektedir. Literatürdeki bir çalışmaya göre benzer sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4.2: İklim değışikliği potansiyeli kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SIĞIR ETİ [Ferronato vd., 2021]
İklim Değişikliği	kg CO2 eq	64,23	38,43	71,41	56,31	49,3

#### 4.1.3. Ötrofikasyon Potansiyeli

Ötrofikasyon Potansiyeli (EP), "alg patlamaları" gibi oksijen tüketimine yol açan mikrobiyolojik büyümeyi destekleyen tüm kirleticileri içerir. Azot ve fosfor, ötrofikasyona karışan iki ana besin maddesidir: tür kompozisyonunda kaymalara ve biyolojik üretkenliğin artmasına neden olabilirler. Tablo 4.3'te görüldüğü gibi sonuçlar 0,11-0,34 arasında değışkenlik göstermektedir. Literatürde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4.3: Ötrofikasyon potansiyeli kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SIĞIR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Ötrofikasyon	kg N eq	0,18	0,12	0,22	0,11	0,34

#### 4.1.4. Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli

Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli (POCP), referans tür olarak etene eşdeğer olarak ifade edilen troposferik ozon oluşturma potansiyelini ölçer. Birim olarak kgNMVOC kullanılmıştır. Bu ise 'kg metan olmayan uçucu organik bileşikler' demektir. Çalışmadaki ürünlerin fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.4'te sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar 0,5-0,91 arasında değışkenlik göstermektedir. Literatürdeki bir çalışmaya göre benzer sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4.4: Fotokimyasal ozon oluşturma potansiyeli kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SIĞIR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Fotokimyasal Ozon Oluşturma	kg NMVOC eq	0,086	0,058	0,11	0,19	0,055

#### 4.1.5. Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli

Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli (ODP), stratosferik ozonun incelmesini ölçer. Klorlu ve bromlu maddeler ozonun yok olma oranını arttırır. Birim olarak kg CFC11 kullanılmıştır. Bu ise ‘kg kloro floro karbon 11’ demektir. Geçmişte soğutucu, itici gaz ve çeşitleri olarak kullanılmıştır. Çalışmadaki ürünlerin ozon tabakası inceleme potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.5’te sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar verilmiştir. Literatüre göre yakın değerler ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.5: Ozon tabakası incelmesi potansiyeli kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SIĞIR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Ozon Tabakası İncelmesi	kg CFC11 eq	1,26E-06	1,02E-06	1,85E-06	6,48E-06	3,17E-05

#### 4.1.6. Ekotoksosite

İnsan faaliyetleri sonucunda açığa çıkan kimyasallar, organizmalar üzerinde toksik etki yaparak ekosistemlerin işlevini ve yapısını etkiliyorsa ‘ekotoksosite’ye katkıda bulunur. Emisyonun neden olduğu çevreye zararlı maddelerin konsantrasyonları yeterince yüksekse, toksik etkiler maddeler salındığı anda ortaya çıkabilir. Bu toksik etki biçimine akut ekotoksosite denir. Genellikle maruz kalan organizmaların ölümüyle sonuçlanır. Ekotoksosite, ağırlıklı olarak çevreyi yerel ve bölgesel ölçekte etkileyen bir etkidir. Canlı organizmalarda birikme eğilimi yüksek olan ve çok düşük biyobozunurluğa sahip bazı toksik maddeler için küresel bir etki olabilir. Eşdeğerlik faktörlerinin hesaplanması, maddenin çevredeki potansiyel akıbeti ve ona maruz kalan ekosistemler üzerindeki etkilerine dayalıdır. Bir ürün sisteminde,

suda, toprakta, atık su arıtma tesislerinde aşağıdaki emisyonlar için ekotoksositeye potansiyel katkılar dikkate alınır. [Ün, 2009].Birim olarak kullanılan CTUe, kronik toksik demektir. Suda yaşayan mikroorganizmalar üzerindeki toksisiteyi ölçer. Tablo 4.6'da görüldüğü gibi sonuçlar 185,2-1367,25 arasında değişkenlik göstermektedir. Piliç sosis ürünü en yüksek değere sahip olmuştur.

Tablo 4.6: Eko-Toksosite kategorisi karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SİĞİR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Eko-Toksosite	CTUe	518,77	396,74	735,21	1367,25	185,2

#### 4.1.7. Kaynak Kullanımı

Kaynak tüketimini değerlendirme prosedürü, bir ürün sisteminde meydana gelen çeşitli kaynak türlerinin tüketimlerinin sıralanmasını sağlar. Çeşitli kaynak türlerinin tüketimlerinin bir envanterini çıkarmak için, yer kabuğu, deniz, orman vb. dahil olmak üzere doğadan birincil kaynakların çıkarılmasına kadar tüm malzeme ve yakıtların tüketimini takip edilmedir [Zhu, 2004]. Tablo 4.7'de görüldüğü gibi sonuçlar 115-535,05 arasında değişkenlik göstermektedir. Piliç sosis ürünü en yüksek değere sahip olmuştur.

Tablo 4.7: Kaynak kullanımı karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SİĞİR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Kaynak Kullanımı	MJ	118,79	117,17	198,2	535,05	115

#### 4.1.8. İnsan Toksisitesi

Diğer etki kategorilerinin aksine, insan toksisitesi, DNA hasarı, alerjinin indüklenmesi veya spesifik enzimlerin inhibisyonu gibi birçok farklı etki mekanizmasını içerir. Hala geliştirme aşamasındadır; çünkü birçok maddenin etki mekanizması bilinmemektedir. Bu nedenle, toksisitenin altında yatan farklı mekanizmalar, burada tek bir birincil etki mekanizması varmış gibi ele alınmaktadır.

İnsan toksisitesine katkıda bulunan olarak sınıflandırılan ürün sistemindeki maddelerin listesi, diğer çevresel etki kategorilerine karşılık gelen listeden daha kapsamlı ve daha az tekdüzedir. Çevredeki kirleticilerin etkilerine maruz kalmanın yolları şunlardır: soluma, kirli yeraltı sularının, yüzey sularının veya toprağın yutulması. Dolaylı maruz kalma aynı zamanda: kirliliğe maruz kalan birincil üreticilerin yutulması, tüketicilerin veya ürünlerinin yutulması yoluyla da gerçekleşir [Zhu, 2004]. Çalışmadaki ürünlerin ozon tabakası incelme potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.8’de sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar verilmiştir. Literatüre göre yakın değerler ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.8: İnsan toksisitesi, kanser karşılaştırma tablosu.

<b>Etki Kategorisi</b>	<b>Birim</b>	<b>DANA SUCUK</b>	<b>DANA SOSİS</b>	<b>PİLİÇ SUCUK</b>	<b>PİLİÇ SOSİS</b>	<b>SİĞİR ETİ [Ferronato vd., 2021]</b>
İnsan Toksikitesi, Kanser	CTUh	1,57E-08	1,19E-08	2,18E-08	1,37E-07	9.76E-09

#### 4.1.9. İyonlaştırıcı Radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon iyonlaşabilen atomlardan ya da iyonlaşabilen moleküllerden elektron koparmak amacıyla yeterli enerji taşıyan kuantumlara sahip olan herhangi bir elektromanyetik radyasyon türüdür. Bunun yanı sıra iyonlaştırıcı radyasyonun farklı çeşitlerinin farklı biyolojik faktörleri gözlemlenmiştir ve yüksek biyolojik zararlar verebilirler. İyonlaşma derecesi ve niteliği, onların sayısına ve taneciklerin her birinin enerjilerine bağlıdır [Web 5, 2023]. Çalışmadaki ürünlerin iyonlaştırıcı radyasyon potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.9’da sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar verilmiştir. Literatüre göre yakın değerler ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.9: İyonlaştırıcı radyasyon karşılaştırma tablosu.

<b>Etki Kategorisi</b>	<b>Birim</b>	<b>DANA SUCUK</b>	<b>DANA SOSİS</b>	<b>PİLİÇ SUCUK</b>	<b>PİLİÇ SOSİS</b>	<b>SİĞİR ETİ [Ferronato vd., 2021]</b>
İyonlaştırıcı Radyasyon	kBq U-235 eq	2,204	2,847	3,920	4,84691596	7.08E-02

#### 4.1.10. Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı ve arazi kullanımı, terimlerin çeşitli yönleri ifade etmesi ve farklı disiplinlerde ve alanlarda farklı anlamlarda kullanılması nedeniyle değişir, bu da bazen yanlış anlamalara ve kafa karışıklığına yol açar. Farklı anlamlar arasında, diğerlerinin yanı sıra, i) politika bağlamında ve raporlama şemalarında arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişikliği (örn. çevre bilimcileri, politika yapıcılar, STK'lar ve diğer çıkar grupları için oldukça ilgi çekici olan iklim değişikliği, iii) biyoçeşitlilik sıcak noktaları için bir tehdit oluşturan ve çevre bilimcileri, politika yapıcılar, STK'lar ve diğer çıkar grupları için nispeten geniş ölçüde ilgi çekici olan bir fenomen ve iv) görece az sayıda çıkar grubunun ilgi alanına giren, arazinin üretkenliği ve arazinin eşit ve adil kullanım imkanı dahil olmak üzere ekosistem hizmetlerini etkileyen bir olgu olmuştur [Mattilda vd., 2011]. Tablo 4.10'da sunulmuştur. Tablodan görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar verilmiştir. Literatüre göre yakın değerler ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.10: Arazi kullanımı karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	SİĞİR ETİ [Ferronato vd., 2021]
Arazi Kullanımı	Pt	3987,28	2523,33	4559,02	1661,657	2140,3

#### 4.1.11. Partikül Madde

Partikül madde, dış ortam havasındaki küçük partiküllerin tamamını kapsamaktadır. Bu partiküllerin solunum yolları rahatsızlıkları ve ölüm gibi insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz faktörleri olabilmektedir [Salihoğlu vd., 2019]. Tablo 4.1 11'den görebileceği gibi ürünlerin çeşidine bağlı olarak bu sonuçlar verilmiştir. Literatüre göre yakın değerler ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.11: Partikül madde karşılaştırma tablosu.

Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	LİTERATÜR [Ferronato vd., 2021]
Partikül Madde	disease inc..	5,24E-06	3,33E-06	6,13E-06	4,49E-06	6.03E-06

#### 4.1.12. Su Kullanımı

Su verimliliği ve yeniden kullanımı, su sürdürülebilirliğini ve direncini artırmaya yönelik güçlü stratejiler olsa da, hâlâ yeterince kullanılmamaktadır. Aşırı dolu nehirlerden ve akiferlerden su çekilmesinin yanı sıra kuraklıklara ve diğer su kaynağı kısıtlamalarına karşı savunmasızlığı azaltmaya yardımcı olabilirler. Ayrıca, su verimliliği ve yeniden kullanımı enerji tasarrufu sağlayarak sera gazı emisyonlarını ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilir [Web 6, 2023]. Çalışmadaki ürünlerin su kullanımı potansiyeline ait sonuçlar Tablo 4.12’de sunulmuştur. Literatürdeki bir çalışmaya göre benzer sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4.12: Su kullanımı etki kategorisi karşılaştırma tablosu.

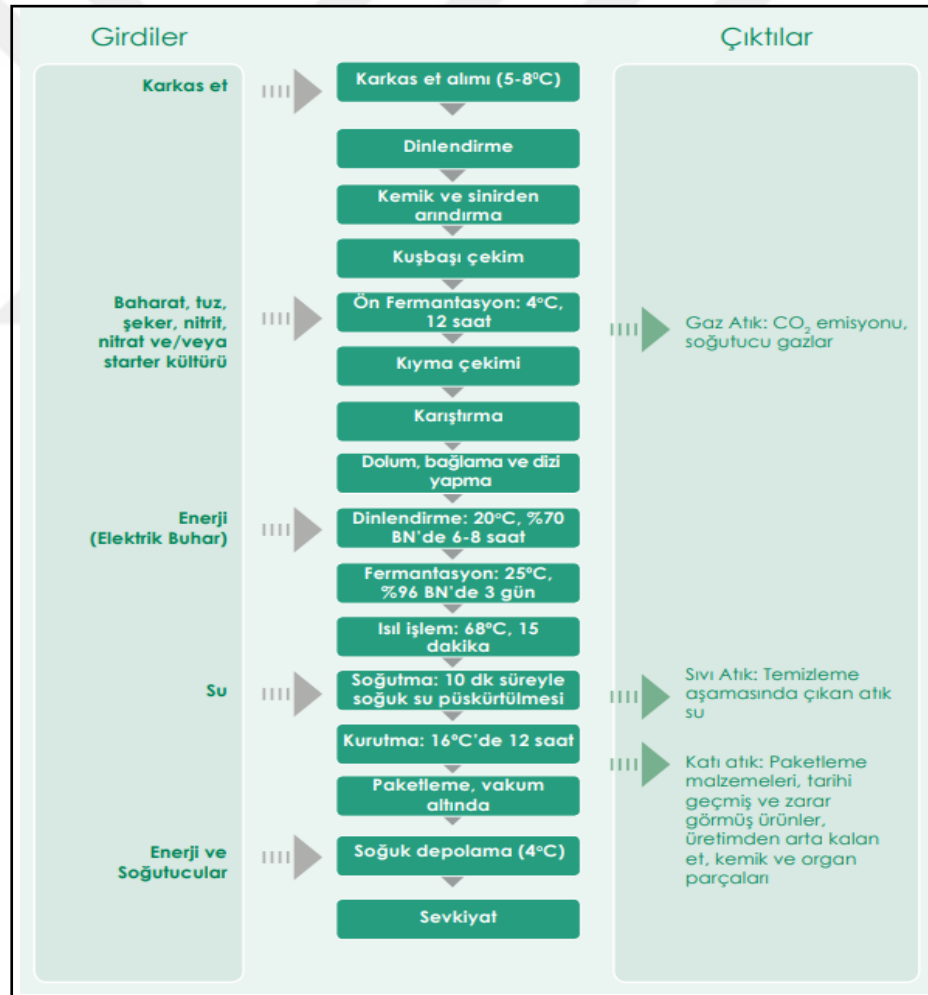
Etki Kategorisi	Birim	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PİLİÇ SUCUK	PİLİÇ SOSİS	LİTERATÜR [Ferronato vd., 2021]
Su Kullanımı	m3 depriv.	1,16E+01	9,44E+00	1,83E+01	2,91E+01	1.68E+01

## 4.2. Etki Kategorilerinin Alt Sınıflarının Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamındaki dört ürünün her birine ait etki kategorileri içerisinde yer alan alt bileşenlerin payları da hesaplanmıştır. Bu bileşenlerden sifıra yakın olanlar ihmal edilerek alt bileşenlerin gösterildiği grafiklere dahil edilmemiştir. Sayıca fazla olan ve ürün bazında benzerlik gösteren alt bileşen grafiklerinin tamamı bu bölümde sunulmamış, sadece dana sucuk için ilgili pasta grafiklerine (Şekil 4.2-4.12) yer verilmiştir. Diğer üç ürünün alt bileşen grafikleri ekte (EK-B Şekil 1-Şekil 43.) gösterilmiştir.

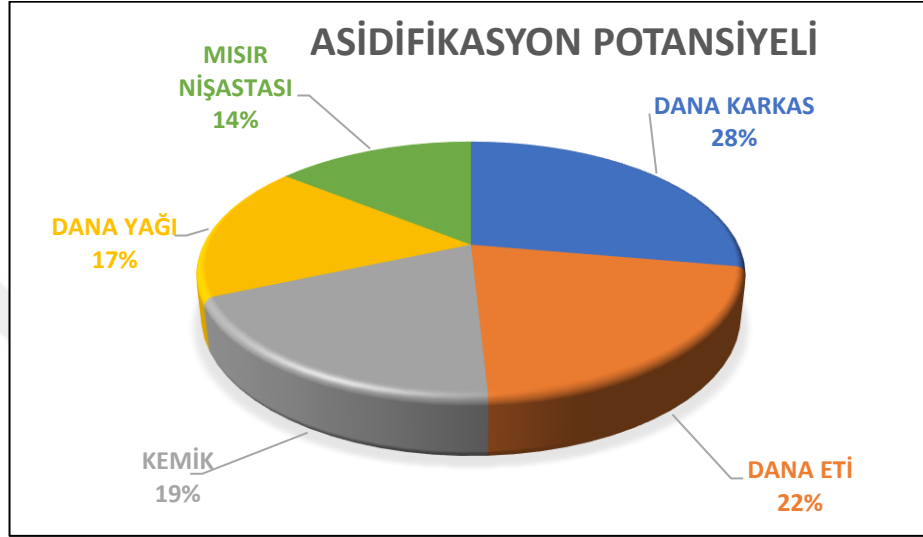
Dana sucuk üretim süreci üreticiden karkas et alımı ile başlar. İlk olarak 4-8°C’lik depolarda soğutulduktan sonra, dinlendirilen karkas et kemik ve sinirlerinden

ayrıldıktan sonra kuşbaşı çekme makinesinde çekilerek kuşbaşı haline getirilir. Baharat, tuz, şeker, nitrit, nitrat ve/veya starter kültürü eklenerek 12 saat boyunca 4°C’de ön fermantasyonu yapılır. Daha sonra kıyma makinesinde çekilerek sucuk hamuru haline getirilerek karıştırılan et, dolum makinelerinde sentetik kolajen kılıflara doldurulur ve uçları bağlanarak kangal veya dizi haline getirilir. Elde edilen sucuk kangalları çelik askılara asılarak 20°C’de ve %70 bağıl nem koşullarında 6-8 saat boyunca dinlendirilir. Daha sonra 25°C’de ve %85-90 bağıl nemde 3 gün fermente edilen sucuk 68°C’de 15 dakika boyunca ısıtılma girer ve 10 dakika boyunca soğuk su püskürtülerek oda sıcaklığına düşürülen sucuk 16°C’de 12 saat boyunca kurutulur. Tüm bu işlemlerden sonra vakum altında paketlenerek 4°C soğuk hava depolarında tutulan sucuklar tüketiciye ulaştırılmak üzere sevk edilir [Dalmış, 2007].



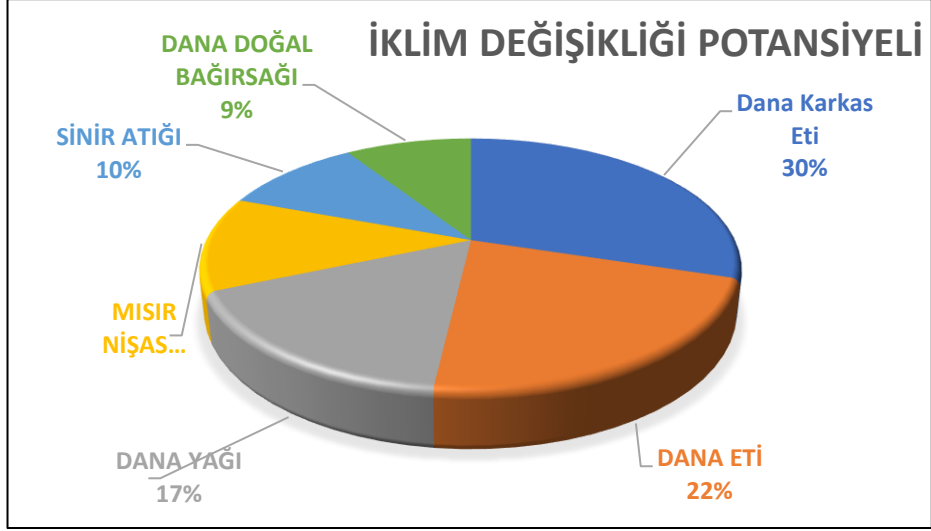
Şekil 4.1: Sucuk üretim süreci akış şeması.

Şekil 4.2’de dana sucuğun asidifikasyon potansiyeli gösterilmektedir. Şekle göre %28 ile en çok etkileyen Dana Karkas olmuştur. Özel sektör entegre tesisleri, canlı hayvanın kesimini kendi kesimhanelerinde yaptıkları gibi diğer kesimhanelerden gelen karkasları da üretime girdi olarak kullanmaktadır. Bu çalışmadaki tesis, mezbahanesi olmayan bir tesistir ve diğer mezbahalardan gelen karkasları kullanmaktadır. Beklendiği gibi bu etki kategorisi daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.2: Dana sucuk mâmülü için asidifikasyon etki kategorisi bileşenleri.

İklim değişikliği dünya atmosferinde artan miktarda CO<sub>2</sub>, radyoaktif enerjinin daha fazla emilmesine ve sonuç olarak Dünya'daki sıcaklıkların artmasına neden olur. Buna küresel ısınma denir. CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> ve aerosollerin tümü küresel ısınmaya katkıda bulunur [Ün,2009]. Şekil 4.3'te dana sucuğun iklim değişikliği etki kategorisini gösterilmektedir. Şekle göre %30 ile en çok etkileyen yine Dana Karkas olmuştur.



Şekil 4.3: Dana sucuk mâmülü için iklim değişikliği etki kategorisi bileşenleri.

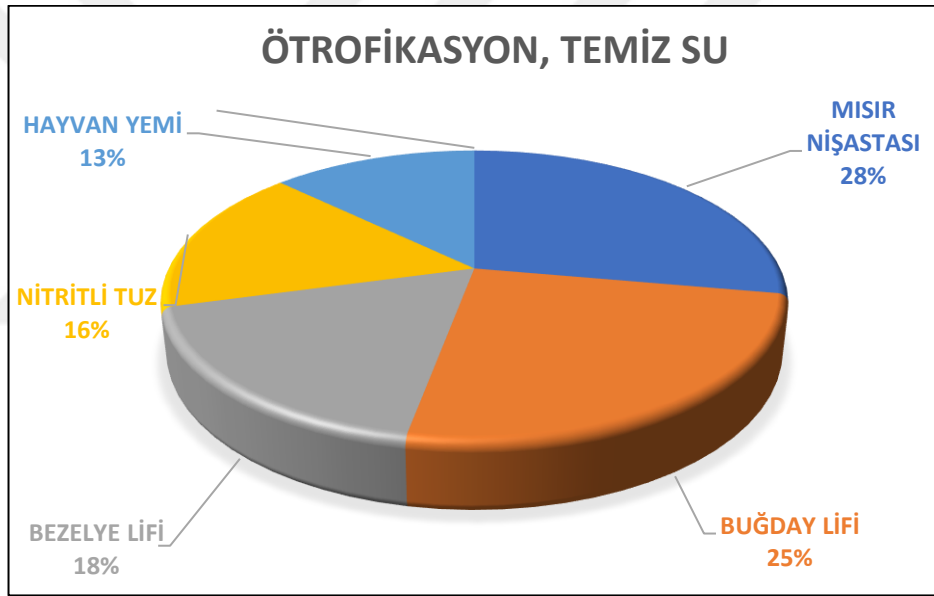
Ekotoksosite, genellikle deniz, kara ve tatlı suyu gösteren üç ayrı etki kategorisi olarak ölçülmektedir. Ağır metaller ve benzeri maddelerin emisyonlarının ekosistem üzerinde etkileri olabilir. Toksikite değerlendirmesi, ekosistemler için sudaki maksimum tolere edilebilir konsantrasyonlara dayanmaktadır [Aitor vd., 2017]. Şekil 4.4'te dana sucuğun ekotoksosite, tatlı su- organikler etki kategorisini göstermektedir. Şekle göre %63 ile en çok etki payı mısır nişastasına ait olmuştur.



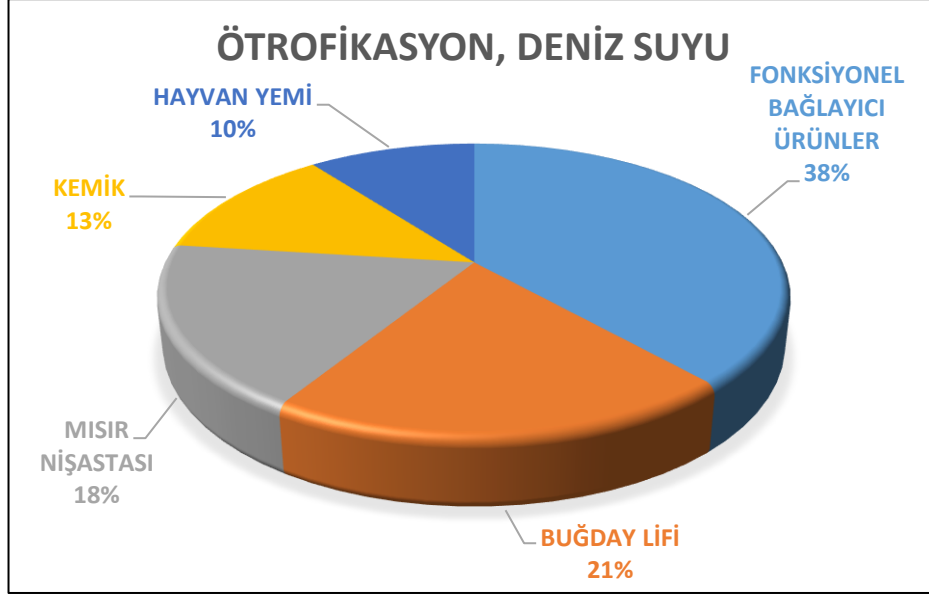
Şekil 4.4: Dana sucuk mâmülü için eksosite, tatlı su etki kategorisi bileşenleri.

Ötrofikasyon, göl ve benzeri herhangi bir büyük su ekosisteminde, ilk olarak karalardan gelenleri, çeşitli nedenlerle besin maddelerinin büyük oranda artması

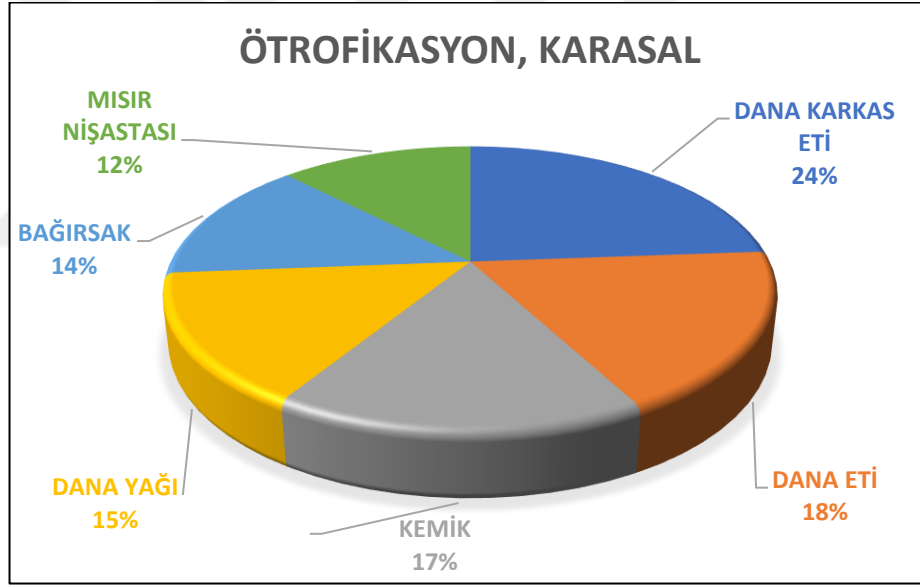
nedeniyle, plankton ve alg varlığının yoğun olarak çoğalmasdır. Fosfor, azot ve diğer besin maddeleri yaşlı su ekosistemlerinde yavaş yavaş artmaktadır. Bir sistemdeki besin maddesine dönüştürülebilen organik malzemenin artması, sistemin üretkenlik düzeyini yükseltmektedir. Su ekosistemi çevresindeki karalardan sürüklenerek gelen toprak canlı artıkları içermektedir. Su yüzeyinde toplanan alg ve mikroskobik organizmalar güneş ışınlarını engelleyerek su altı yaşamı için çok önemli olan oksijen emilimini engeller. Özellikle fosfattan kaynaklanan ötrofikasyon, fosfat kirlenmesi olarak da bilinir. [Web 3,2023] Şekil 4.5'te en çok etkileyen faktör %28 ile mısır nişastası, Şekil 4.6'ta %38 ile fonksiyonel bağlayıcı ürünler, Şekil 4.7'de %24 ile dana karkas eti olmuştur. Bu ürün gamında ötrofikasyon için etki potansiyeli 0,18 kg N eq bulunmuştur



Şekil 4.5: Dana sucuk mâmülü için ötrofikasyon, temiz su etki kategorisi bileşenleri.

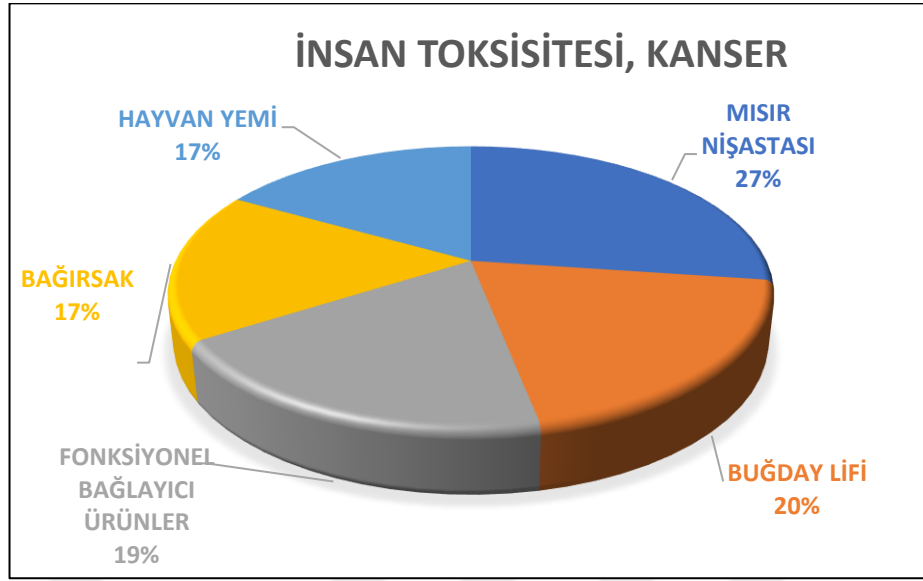


Şekil 4.6: Dana sucuk mâmülü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



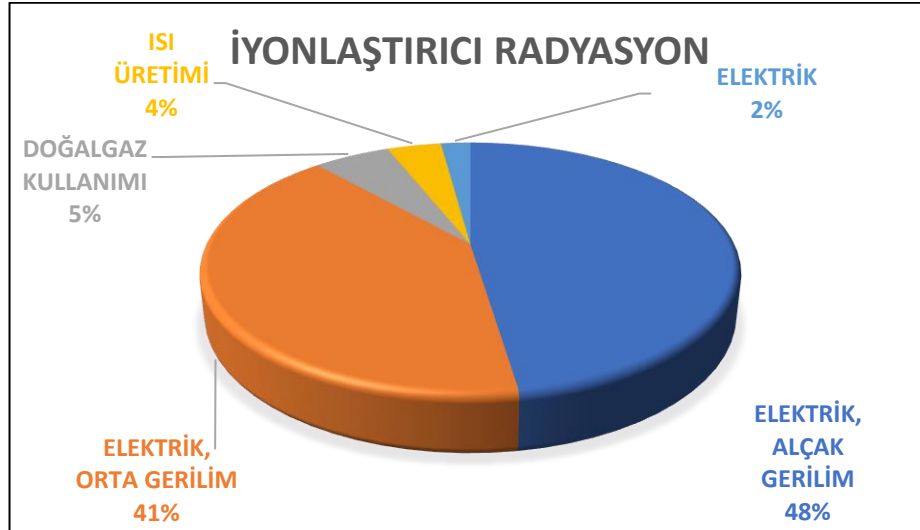
Şekil 4.7: Dana sucuk mâmülü için ötrofikasyon, karasal etki kategorisi bileşenleri.

İnsan toksisitesi potansiyeli, çevreye salınan bir kimyasalın potansiyel zararını yansıtmaktadır. Bunlar, başlıca arsenik, sodyum dikromat ve hidrojen florürdür. Fosil kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi sebebiyle genellikle doğaya salınırlar ve soluma, yutma hatta temas yoluyla insanlar için potansiyel olarak tehlikeli kimyasallardır [Zhu, 2004]. Şekil 4.8’de dana sucuğun insan toksisitesi, kanser etki kategorisini göstermektedir. Şekle göre %27 ile en çok etki payı mısır nişastasına ait olmuştur.



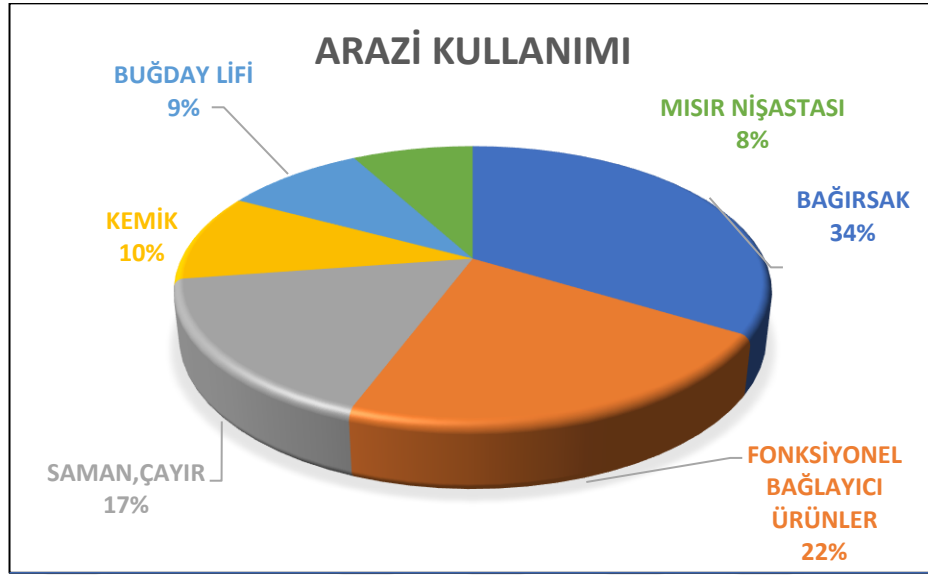
Şekil 4.8: Dana sucuk mâmulü için insan toksisitesi etki kategorisi bileşenleri.

İyonlaştırıcı radyasyon, YDD'da bir yaşam döngüsü boyunca radyonüklid emisyonların insan sağlığına ve ekosisteme verdiği zararlarla ilgili bir etki kategorisidir [Aitor vd., 2017]. Şekil 4.9'da dana sucuğun iyonlaştırıcı etki kategorisini göre %48 ile en çok etki elektrik, alçak gerilime ait olmuştur.



Şekil 4.9: Dana sucuk mâmulü için iyonlaştırıcı radyasyon etki kategorisi bileşenleri.

Arazi kullanımı, doğal yaşam için elzem olan karasal yaşam alanı kaybı ve düzenli depolama alanında azalmadır [Demirer, 2011]. Şekil 4.10'a göre dana sucuğun arazi kullanımı kategorisinde %34 ile en çok etki bağırsağa ait olmuştur.



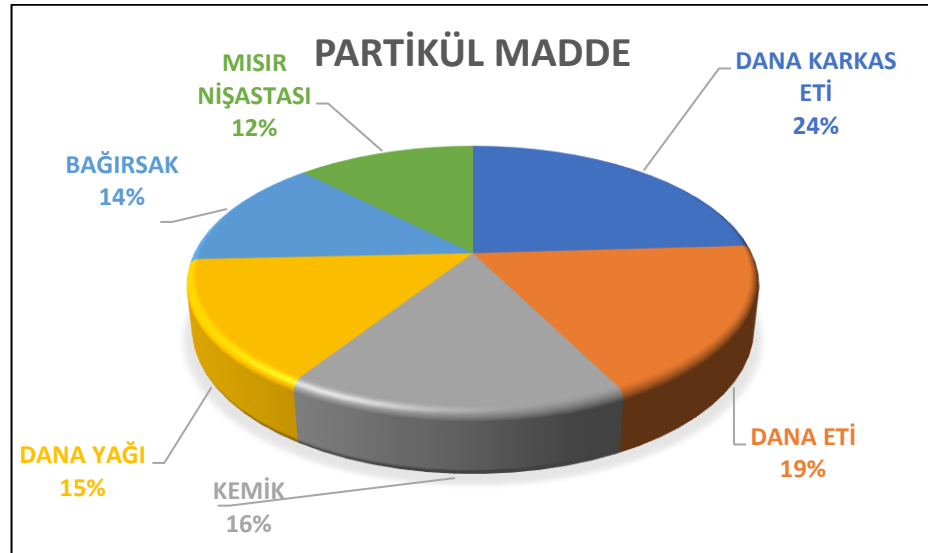
Şekil 4.10: Dana sucuk mâmülü için arazi kullanımı etki kategorisi bileşenleri.

Ozon tabakası dünyayı ultraviyole iŐınlarından korur. Stratosfere ulaŐacak kadar kararlı olan tüm klorlu ve bromlu bileşikler ozon tabakası üzerinde zararlı etkiye sahiptir. Ozon tabakasının incelmesine etki eden ana maddeler HCFC'ler, halonlar ve CFC'lerdir [Aitor vd., 2017]. Ozon tabakasının zarar görmesi ile birlikte dünya yüzeyine ulaşan kanserojen ultraviyole iŐık miktarı artar. Karakterizasyon modeli, kg CFC-11 eşdeğeri olarak ifade edilir. Referans madde kloroflorokarbon-11 ile karŐılaŐtırıldıĐında farklı gazların ozon tabakasını inceltme potansiyelini tanımlamaktadır. Şekil 4.11 'e göre en çok % 38 ile elektrik, alçak gerilimi olmuştur [Zhu, 2004].



Şekil 4.11: Dana sucuk mâmülü için ozon tabakası etki kategorisi bileşenleri.

Parçacıklı Madde, asitler (nitratlar ve sülfatlar gibi), organik kimyasallar, metaller ve toprak veya toz parçacıkları dahil olmak üzere son derece küçük parçacıkların karmaşık bir karışımıdır. Çoğu solunum yolu hastalığı partikül kirliliği ile ilişkilidir [Aitor vd., 2017]. Şekil 4.12 'e göre en çok % 24 ile dana karkas eti olmuştur.



Şekil 4.12: Dana sucuk mâmülü için partikül madde etki kategorisi bileşenleri.

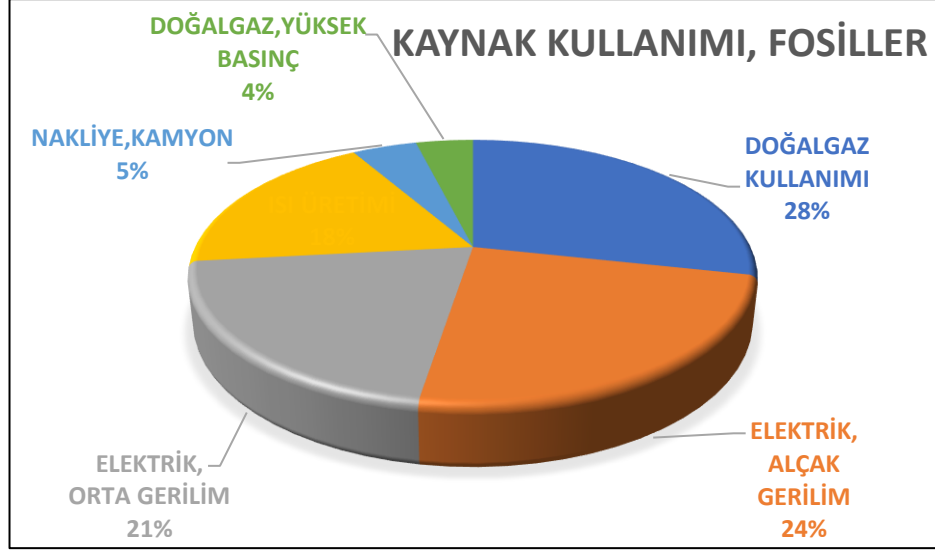
Çözücüler ve diğer uçucu organik bileşikler atmosfere salındıklarında genellikle birkaç gün içinde bozunurlar. İlgili reaksiyon, güneşten gelen ışığın etkisi altında

meydana gelen bir oksidasyondur. Nitrojen oksitlerin (NO<sub>x</sub>) varlığında ozon oluşabilir. Nitrojen oksitler, ozon oluşumu sırasında tüketilmez, ancak katalizör benzeri bir işleve sahiptir. Bu işleme fotokimyasal ozon oluşumu denir [Zhu, 2004]. Şekil 4.13 'e göre en çok % 49 ile dizel kullanımı olmuştur.

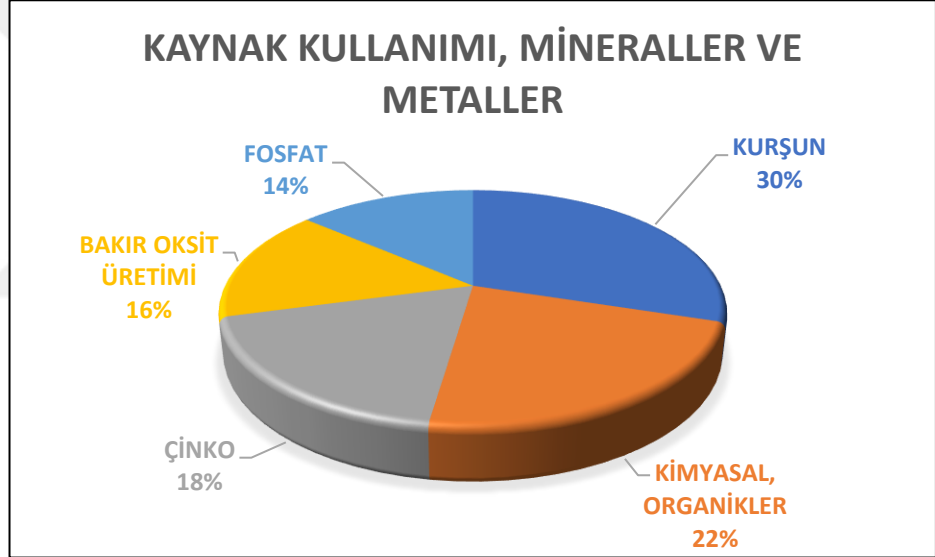


Şekil 4.13: Dana sucuk mâmulü için fotokimyasal ozon tabakası etki kategorisi.

Kaynak tüketimini değerlendirme prosedürü, bir ürün sisteminde meydana gelen çeşitli kaynak türlerinin tüketimlerinin sıralanmasını sağlar. Çeşitli kaynak türlerinin tüketimlerinin bir envanterini çıkarmak için, yer kabuğu, deniz, orman vb. dahil olmak üzere doğadan birincil kaynakların çıkarılmasına kadar tüm malzeme ve yakıtların tüketimini takip etmek gerekir. Tüm tüketimler ürün sistemindeki birincil kaynakların envanteri ilke olarak çıkarılmalıdır. Bu nedenle yöntemdeki ilk adım, ürün sistemindeki tüm alımları birincil alımlar, yani saf kaynaklar olarak ifade etmektir [Zhu, 2004]. Şekil 4.14'e göre kaynak kullanımı, fosiller için en çok etki eden faktör %28 ile doğalgaz kullanımı ve şekil 4.15'e göre kaynak kullanımı, mineraller ve metaller için en çok etki eden faktör %30 ile kurşun olmuştur.

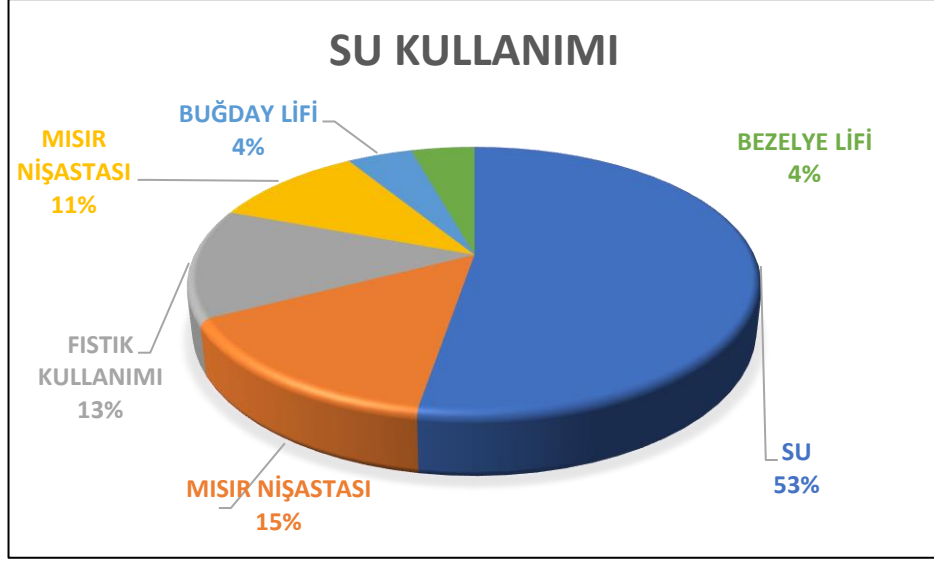


Şekil 4.14: Dana sucuk mâmulü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



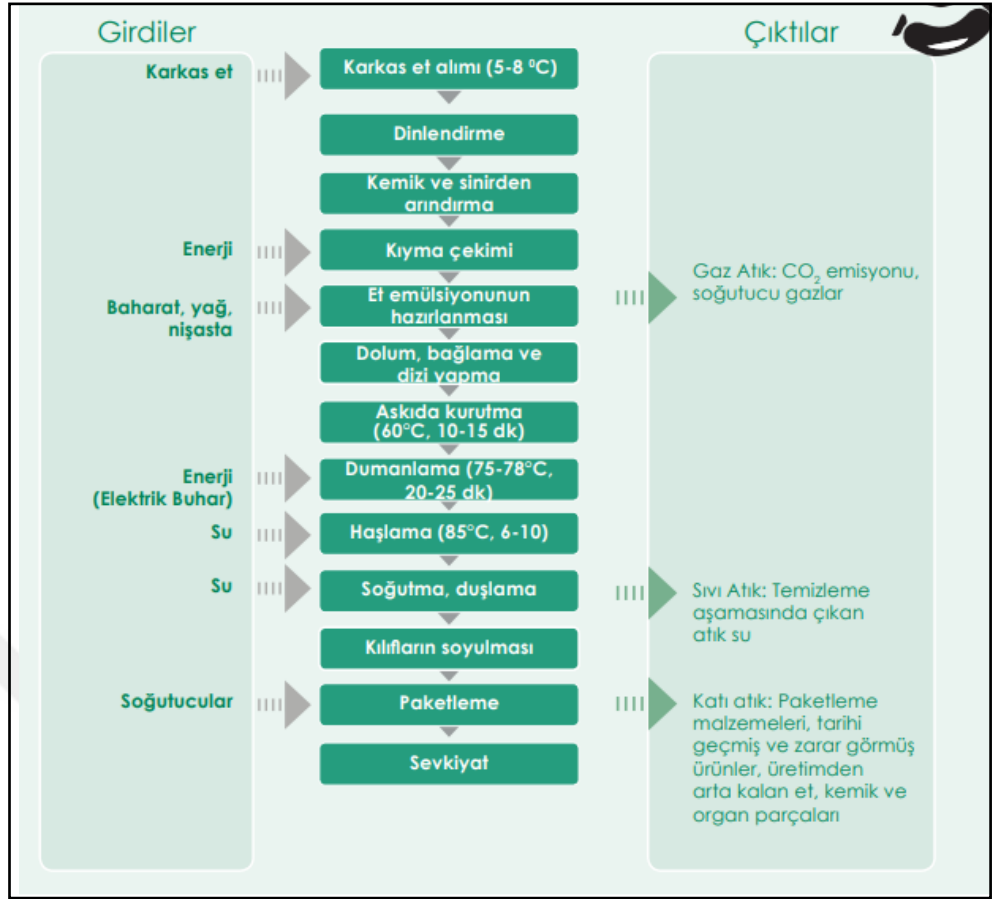
Şekil 4.15: Dana sucuk mâmulü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.

Bir ürün sistemine toplam tatlı su girişi "su kullanımı" olarak adlandırılır. Su girişinin bir kısmı ürün sisteminden atık su olarak salınırken, kalan kısmı ise buharlaşma veya ürün entegrasyonu nedeniyle kullanılamaz hale gelen kısım "su tüketimi" olarak adlandırılır. [Berger ve Finkbeiner, 2010]. Şekil 4.16'a göre su kullanımı için en çok etki eden faktör %53 ile su olmuştur



Şekil 4.16: Dana sucuk mâmülü için su kullanımı etki kategorisi bileşenleri.

Dana Sosis retim prosesi üreticiden karkas et alımı ile başlar. Öncelikle 4-8°C'lik soğuk hava depolarında soğutulduktan sonra dinlendirilen karkas et, kemik ve sinirlerinden ayrılır ve kıyma makinesinden çekilerek kıyma hale getirilir. Hazırlanan kıymaya baharat, yağ ve niŐasta eklenerek et emülsiyonu hazırlanır. Daha sonra et dolum makinelerinde sentetik kılıflara doldurularak uçları bağlanan karışım dizi haline getirilerek hamur elik askılara asılır. Sonrasında 60°C'de 10-15 dakika boyunca kurutulur ve 75-78°C, 20-25 dakika tutularak dumanlanan diziler 85°C'de 6-10 dakika süresince haŐlandıktan sonra soğuk su püskürtülerek soğutulan kılıflar soyulur. En sonunda ise paketlenerek 4°C soğuk hava depolarında tutulan sosis müşteriye ulaŐmak üzere sevk edilir [Karaali, 2003]. Dana sosis ürününe ait alt bileşen pasta grafikleri ekler kısmında Şekil.1- Şekil.14 arasında gösterilmiştir.



Şekil 4.17: Sosis üretim süreci akış şeması.

Piliç Sucuk ise piliç etleri kıyma makinasından geçirilir, baharat katkı karışımları ve yağ ilave edilerek kuterleme işlemi yapılarak sucuk hamuru elde edilir. Elde edilen sucuk hamurları otomatik dolum makinalarında belirli kalibre ve gramajlarda doldurulur. Klimatik odalarda fermentasyon işleminden sonra dinlendirilir. Sucuklar soğuk hava deposuna alınarak soğutma işlemi yapılır. Paketleme bölümünde ürünün tipine göre ambalajlanarak ( vakum ve/veya Map) paketlenir. Kolileme işlemlerinden sonra son ürün deposunda muhafaza edilir. ( 0/+4 ) °C de frigofrik araçlarda sevk edilir. Piliç sucuk ürününe ait alt bileşen pasta grafikleri ekler kısmında Ek B kısmında Şekil B1.15- Şekil B1.28’arasında gösterilmiştir.

Piliç Sosis ise dana etleri kıyma makinasından geçirilir, baharat katkı karışımları ve yağ ilave edilerek kuterleme işlemi yapılarak sosis hamuru elde edilir. Elde edilen sosis hamurları otomatik dolum makinalarında belirli kalibre ve gramajlarda doldurulur. Otomatik fırınlarda pişirme işlemleri yapıldıktan sonra dinlendirilir. Sosisler soğuk hava deposuna alınarak soğutma işlemi yapılır ve otomatik sosis soyma

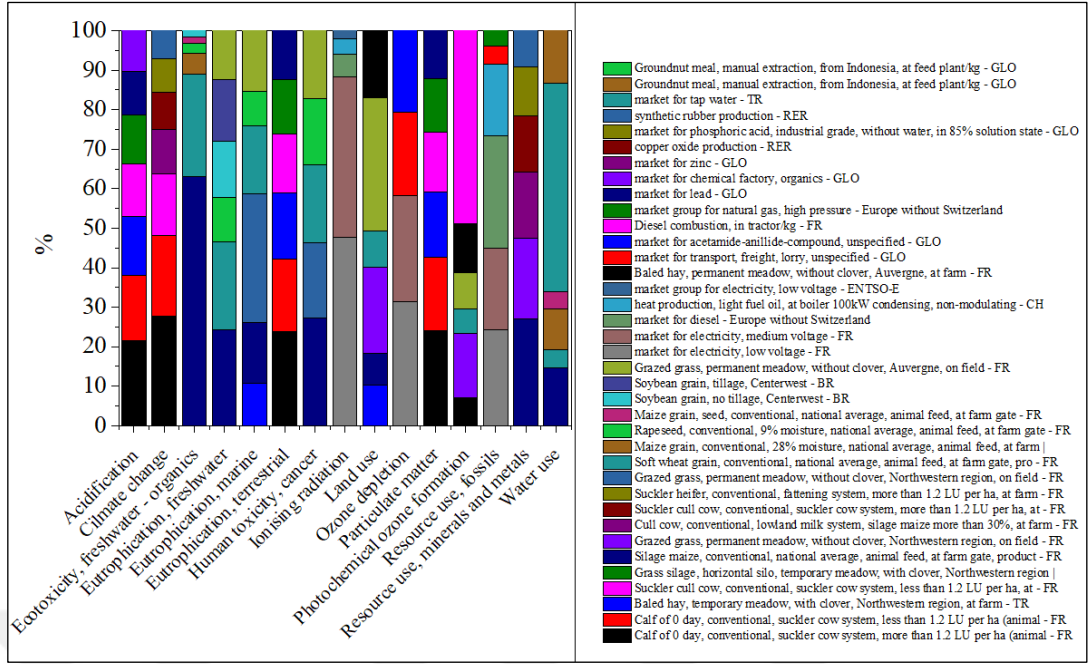
makinalarında soyma işlemleri gerçekleştirilir. Soyulan sosisler vakum altında paketlenme bölümünde istenilen gramajlarda paketlenir. Kolileme işlemlerinden sonra son ürün deposunda muhafaza edilir. ( 0/+4 ) °C de frigofrik araçlarda sevk edilir. Piliç sosis ürününe ait alt bileşen pasta grafikleri ekler kısmında Şekil B1.29- Şekil B1.43’arasında gösterilmiştir. İşletme içerisinde dört ürünün de toplam olarak çevresel etkileri ve YDD etki kategorileri içerisindeki payları Ek B kısmında Şekil B1.29 ve Şekil B1.43’te sunulmuştur. En fazla pay, dokuz etki kategorisiyle piliç sosise ait olarak hesaplanmıştır. Bu durum, piliç sosisin üretiminde kullanılan su miktarının diğer ürünlere göre daha fazla olması ve kullanılan bağlayıcı/fonksiyonel kimyasalların/katkı maddesi miktarlarının farklı olması ile ilişkilendirilebilir.



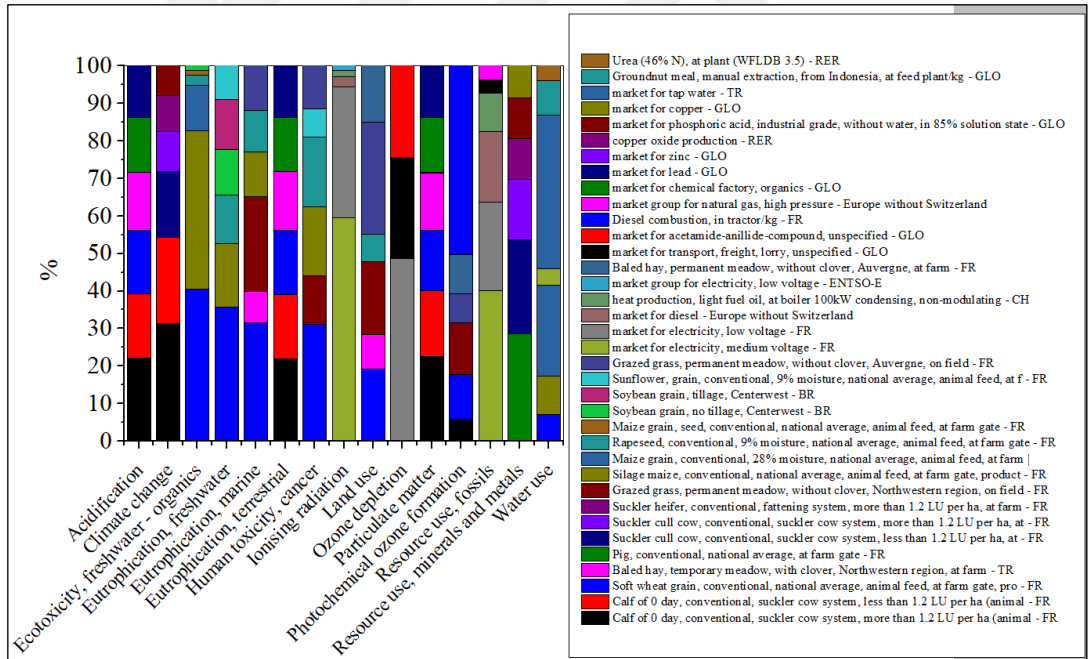
Şekil 4.18: Ürün bazında etki kategorilerinin karşılaştırmalı analiz sonuçları.



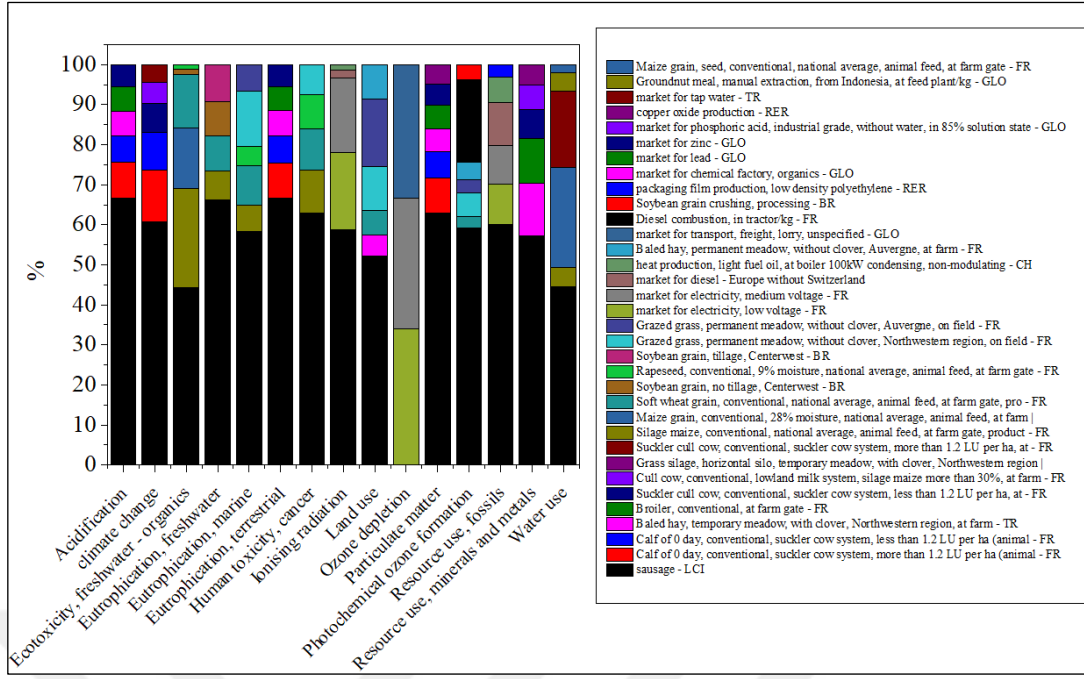
Şekil 4.19: Ürün bazında etki kategorilerinin karşılaştırmalı (rölatif) analiz sonuçları.



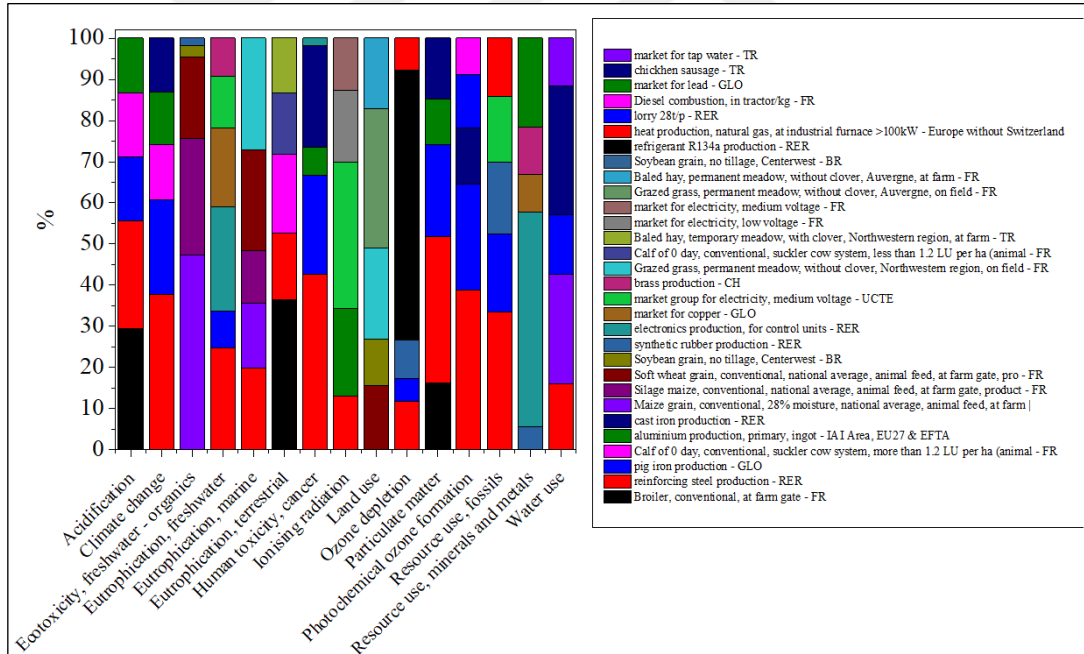
Şekil 4.20: 1 Ton Dana sucuk üretimi için karakterize edilmiş YDD sonuçları.



Şekil 4.21: 1 ton dana sosis üretimi için karakterize edilmiş YDD sonuçları.



Şekil 4.22: 1 ton piliç sucuk üretimi için karakterize edilmiş YDD sonuçları.



Şekil 4.23: 1 ton piliç sosis üretimi için karakterize edilmiş YDD sonuçları.

1 ton dana sosis, dana sucuk, piliç sosis ve piliç sucuk ürünlerinin karakterize edilmiş YDD sonuçları Şekil 4.20 ile Şekil 4.23 arasında verilmiştir. Sütun grafiklerdeki renkler, sağ tarafta malzeme/enerji kaynakları adına göre sıralanmıştır. 15 farklı kategori sonuçlarına göre ise piliç sucuk ürünüde en çok sosis baharat karışımlarının etkili olduğu görülmüştür, iklim değişikliği kategorisinde de diğer

ürünlere göre en yüksek değer 71,41 kg CO<sub>2</sub> eq ile piliç sucuğa ait olmuştur. Dana sucuk ve dana sosis ürünlerinde özellikle dana karkas eti çok etkili olmuştur. Bu işletme de kesimhane olsaydı çok daha fazla etki olacaktı. Piliç sosis ürünün içerisindeki su miktarının fazla olması nedeniyle su kullanım oranı yüksek çıkmıştır.

Bu çalışmada elde edilen YDD sonuçları ile literatürdeki benzer gıda endüstrisine ait YDD çalışmalarının sonuçları kullanılan hesaplama metotlarıyla birlikte Tablo 4.13'te verilmiştir.

Et ve et ürünleri ile ilgili veri toplama bu çalışmanın hedeflerinden biridir ve buna karşılık gelen bir yaşam döngüsü değerlendirmesi için kullanılacak bir envanter oluşturmak gereklidir. Literatürde sadece birkaç orijinal veri seti bildirildiğinden, sığır eti, piliç eti ve ürünleri ile ilgili verilerin toplanması bu çalışmanın en büyük zorluklarından biri olmuştur. Aslında, bir dizi gıda ürünleri üzerine birçok YDD çalışması vardır, ancak sadece birkaçı et ve et ürünleri içerir [Ferronato vd., 2021]. Bu çalışmayı oluşturmak için tüm literatür kaynakları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Çok kapsamlı bir çalışmaya rağmen, literatürdeki orijinal veri sayısı hala oldukça sınırlıdır.

Tablo 4.13: Etki Kategorilerinin ürünler arası karşılaştırılması.

ETKİ KATEGORİLERİ	Reference unit	DANA SUCUK	DANA SOSİS	PILIÇ SUCUK	PILIÇ SOSİS	PILIÇ ETİ   Kalhor vd., 2016	BEZELEYE LİFİ   Smetana vd., 2021	İSVİÇRE PEYİNİR   Altig vd., 2014
Asidifikasyon	mol H+ eq	0,783356421	0,49512407	0,911349354	0,52735956	29,58	-	2,24E-01
İklim Değişikliği	kg CO2 eq	64,23518837	38,42737743	71,41039325	56,31829169	1389,85	0,1682	1,26E+00
Ekotoksite, Tath Su-Organikler	CTUe	518,7750138	396,7411234	735,2120526	1367,250117	58,43	0,0663	9,08E-02
Ötrofikasyon, Temiz Su	kg P eq	0,003671875	0,002842114	0,005376639	0,028965817	11,02	0,0002	-
Ötrofikasyon, Deniz Suyu	kg N eq	0,186302278	0,127652743	0,227695311	0,116864898	-	-	-
Ötrofikasyon, Karasal	mol N eq	3,475471596	2,210099985	4,035273714	1,809557193	-	-	-
İnsan Toksikitesi, Kanser	CTUh	1,56995E-08	1,19218E-08	2,18011E-08	1,36972E-07	653,33	-	2,12E-01
İyonlaştırıcı Radyasyon	kBq U-235 eq	2,204125862	2,847149169	3,920279577	4,84691596	-	1,3886	-
Arazi Kullanımı	Pt	3987,287779	2523,330513	4559,020178	1661,657172	-	0,4443	1,71E+00
Ozon Tabakasının İncelmesi	kg CFC11 eq	1,26221E-06	1,0253E-06	1,85896E-06	6,48475E-06	0,001	0,0136	-
Partikül Madde	disease inc.	5,24287E-06	3,32914E-06	6,13162E-06	4,49083E-06	-	-	-
Fotokimyasal Ozon Tabakası İncelme	kg NMVOC eq	0,0867853	0,057906388	0,108262274	0,193974269	3,2	-	-
Kaynak Kullanımı, Fosiller	MJ	118,7829148	117,1672483	198,1996732	535,0471727	-	-	-
Kaynak Kullanımı, Mineraller ve Metaller	kg Sh eq	2,47981E-05	1,9115E-05	3,569E-05	0,001064124	-	-	-
Su Kullanımı	m3 depriv.	11,61230724	9,435555908	18,32358876	29,11534717	-	-	-

## 5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada 30 ton/gün kapasiteye sahip olan bir et ve et ürünleri işletmesinin spesifik ürünlerinden dana sosis, dana sucuk, piliç sosis ve piliç sucuk olmak üzere dört ürününün yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) çalışması yapılmıştır. İşletme verileri, YDE (Yaşam Döngüsü Envanteri) ve dolayısıyla çevresel etkilerin miktarının tahmin edilmesi için kullanılmıştır. Toplanan envanter verilerinin tamamı, gerçek zamanlı üretim proseslerinden elde edilmiştir. Varsayım ve kabûle dayanan veri kullanılmamıştır. Çalışma kapsamındaki tesis hem ülke içi hem de ülke dışı üretim yapan bir tesis olup, YDD'de ulaşım hesaba katılmayıp sadece fabrika içindeki üretim bantları değerlendirmeye alınmıştır (beşikten kapıya YDD / cradle-to-door LCA).

Web tabanlı ve açık erişimli OpenLCA yazılımı kullanılarak YDD'ye ait 15 etki kategorisi (Asidifikasyon, İklim Değişikliği, Eko-Toksisite, Ötrofikasyon, İnsan Toksisitesi, Ozon Tabakasının İncelmesi, İyonlaştırıcı Radyasyon, Fotokimyasal Ozon Tabakasının İncelmesi, Partikül Madde, Kaynak Kullanımı, Su Kullanımı, Arazi Kullanımı) dikkate alınmıştır. Etki kategorilerinin tamamının alt bileşenleri hesaplanarak, her bir ürün için değerlendirilmiştir. Bulunan sonuçlar literatür değerleri ile mukayese edilmiştir.

Sonuç olarak, EF 3.0 yöntemine dayanan YDD ile, ürünler arasında en fazla sayıda kategorik etkiyi en yüksek su ve enerji tüketimiyle piliç sosis ürününün; 15 etki kategorisi arasında en çok etkilenen çevresel parametrenin ise iklim değişikliği olduğu tespit edilmiştir. dana sucuk için 64,23 kgCO<sub>2</sub>, dana sosis için 38,42 kgCO<sub>2</sub>, piliç sucuk için 71,41 kgCO<sub>2</sub> ve piliç sosis için 56,31 kgCO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır. Değerlerin literatür değerleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çalışma sonucunda gelecekte aşağıdaki çalışmalar planlanabilir:

-Tesisin kendi içerisinde güneş enerjisine (güneş panelleri) geçme planları vardır. Bu durumda proste kullanılan ısıtma ve elektrik için gereken enerji ihtiyacının yenilenebilir enerjiden karşılanarak, etki kategorilerindeki değerler azaltılabilecektir.

-YDD'de beşikten kapıya (cradle-to-door) yaklaşımı yerine beşikten mezara (cradle-to-grave) yaklaşımı ile ürünün üretiminden son kullanıcıya (müşteri) ulaşana kadarki (nakliye + soğuk zincir gibi bileşenler de dahil) çevresel etkileri hesaplanabilir.

-Yine beşikten mezara yaklaşımı ile proses sonucunda açığa çıkan hayvansal (kemik, doku, hatalı ürün vb.), ambalaj ve kimyasal atıkların anaerobik çürütme veya kompost senaryoları ile çevresel etkilerinin nasıl değişeceği hesaplanabilir.

Bu YDD çalışması, et ve et ürünleri endüstrisinin potansiyel çevresel etkilerinin değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır. Önerilen yaklaşımlar, çevresel etkileri azaltmak için ileriye yönelik YDD'lerde kullanılabilir. Ayrıca, bu çalışmanın benzer ürünlerin YDD uygulamalarına da katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu araştırmanın ileriye yönelik planları ise belirsizlik analizi yapılması ve farklı enerji kaynakları kullanılarak yenilenebilir enerji entegrasyonu analiziyle bu çalışmanın genişletilmesidir.

## KAYNAKLAR

- Aitor P. A., Rodríguez C., Citroth A., (2017), ‘‘Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories’’, GreenDelta, OpenLCA.
- Alig M.,Nemecek T., Bysticky M., GérardGaillard, (2014), ‘‘Influence of Site Conditions and Production System on Environmental Impacts of Domestic and Imported Cheese’’, 9th International Conference LCA of Food San Francisco, USA.
- Alpas H., (2016), ‘‘Sektörel Birebir Görüşmeler’’, ODTÜ Gıda Mühendisliği, Ankara.
- Bishop, P.L.,(2000), ‘‘Pollution Prevention’’, Mc Graw Hill, Singapore.
- Curran M. A., (2005), LCA Team Leader , ‘‘What is the LCA?’’, USA Environmental Protection Agency; National Risk Management Research Laboratory, 26 W. Martin Luther King Drive, Cincinnati, Ohio 45268, USA.
- Dalmış, Ü., (2007), ‘‘Sucukta üretim ve depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişimler’’, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- Demirer, G.N., (2011), ‘‘Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I, Yaşam Döngüsü Analizi’’, Bölgesel Çevre Merkezi- REC Türkiye, Yıldız-Ankara, Türkiye.
- Demirer, G.N., Alpas H., Akpulat O, Baş D., (2016), ‘‘Et ve Et Ürünleri İmalatı Kaynak Verimliliği Rehberi’’, Bölgesel Çevre Merkezi (REC) Türkiye-Ankara.
- Ferronato G., Corrado S., Laurentiis V. D., Sala S., (2021), ‘‘The Italian meat production and consumption system assessed combining material flow analysis and life cycle assessment’’, Journal of Cleaner Production 128705, Italy.
- Salihoğlu G., Poroy Z., Salihoğlu N.Z., (2019), ‘‘Kentsel atık yönetiminde yaşam döngüsü değerlendirmesi: Bursa analizi’’, 3. Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye.
- Karaali, A., (2003), ‘‘Gıda işletmelerinde HACCP uygulamaları ve denetimi’’, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- International Organization for Standardization. (2006), Environmental management Life cycle assessment Principles and framework (ISO Standard No. 14040:2006). ,Geneva.
- Tuomas M., Tuomas H., Riina A., Sampo S., Kim P. and Helena W., (2011), ‘‘Land use in life cycle assessment, The Finnish Environment’’ 24, The publication is available only in the internet: [www.ymparisto.fi/publications](http://www.ymparisto.fi/publications) ISBN 978-952-11-3926-0 (PDF) ISSN 1796-1637 (verkkoj.).

Ün Y., (2009), ‘‘Life Cycle Assessment Of Wastewater Treatment Plants’’, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Web 1, (2023), [openLCA modeling suite | openLCA.org. \(n.d.\). OpenLCA. https://www.openlca.org/openlca/](https://www.openlca.org/openlca/) (Erişim Tarihi: 12.02.2023).

Web 2, (2023), <https://www.carbonhints.com/blogdetay/7461/yasam-dongusu-degerlendirmesi>, (Erişim Tarihi: 26.04.2023).

Web 3, (2023), <https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%96trofikasyon>, (Erişim Tarihi: 27.05.2023).

Web 4, (2023), [https://www.imsad.org/files/fileman/Uploads/Documents/medya/haberler/Yasam Dongusu Analizi Sezenay Arslan 10.06.2021.pdf](https://www.imsad.org/files/fileman/Uploads/Documents/medya/haberler/Yasam_Dongusu_Analizi_Sezenay_Arslan_10.06.2021.pdf), (Erişim Tarihi: 28.05.2023).

Web 5, (2023), [https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0yonla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1c%C4%B1\\_radyasyon.](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0yonla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1c%C4%B1_radyasyon.), (Erişim Tarihi: 28.05.2023).

Web 6, (2023), [https://pacinst.org/water-efficiency-and-reuse/?gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0AgnfD2qDaC0MziEDp7a9tspnf\\_mYWlz0W5UbJfMFVT8M58KVYJKT68aAutMEALw\\_wcB](https://pacinst.org/water-efficiency-and-reuse/?gclid=Cj0KCQjw756lBhDMARIsAEI0AgnfD2qDaC0MziEDp7a9tspnf_mYWlz0W5UbJfMFVT8M58KVYJKT68aAutMEALw_wcB). (Erişim Tarihi: 29.05.2023).

Zhu T., (2004), ‘‘Life Cycle Assessment in Designing Greener’’, Yüksek Lisans Tezi, Arizona Üniversitesi, ABD.

## ÖZGEÇMİŞ

Tuğba Demirbaş, ilk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2019 yılında Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans programını bitirdi. 2020-2021 güz döneminde Gebze Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında başladığı yüksek lisans programında akademik çalışmalarına devam etmektedir.



## EKLER

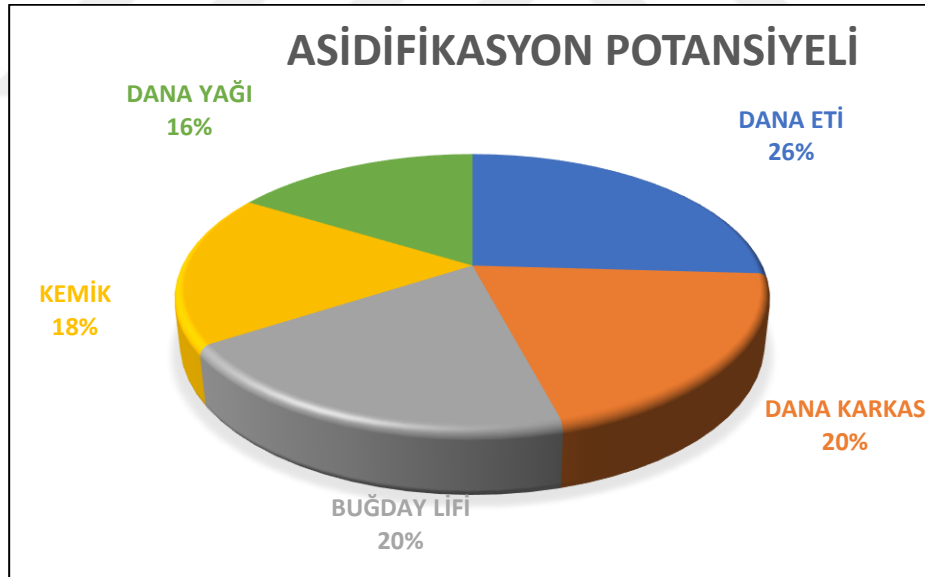
### Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Demirbas T., Agir H., Albahnasawi A., Özdoğan N., Gurbulak E., Yuksel E., Eyvaz M., 2023, Piliç Eti Endüstrisinde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi. 11th International Academic Studies Conference (UBCAK), (Accepted for oral presentation). Online, May 02-03, 2023.

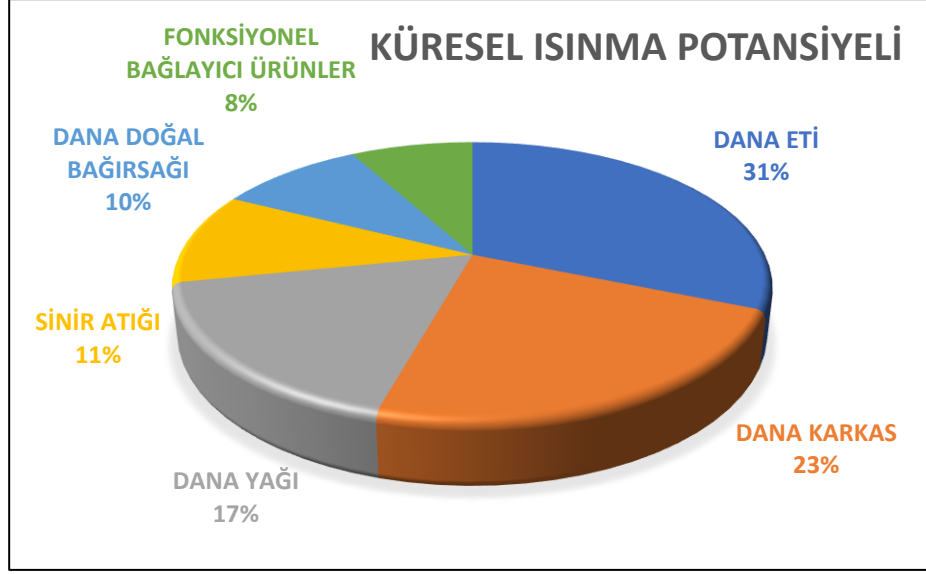
Demirbas T., Agir H., Albahnasawi A., Gurbulak E., Yuksel E., Eyvaz M., 2023, Life Cycle Assessment of Specific Products in The Cattle Meat Industry. 6. International Scientific Research and Innovation Congress. Organized by Isarc. Online, February 25-26, 2023, Ankara, Turkey.

Demirbas T., Eyvaz M., Albahnasawi A., Agir H., Gurbulak E., Yuksel E., 2022, Life Cycle Assessment In The Meat and Meat Products Industry. 4. International Scientific Research and Innovation Congress (Oral presentation). Organized by Isarc. Online, December 24-25, 2022, Istanbul, Turkey.

### Ek B: Ürün bazında Etki Kategorilerinin Değerlendirilmesi



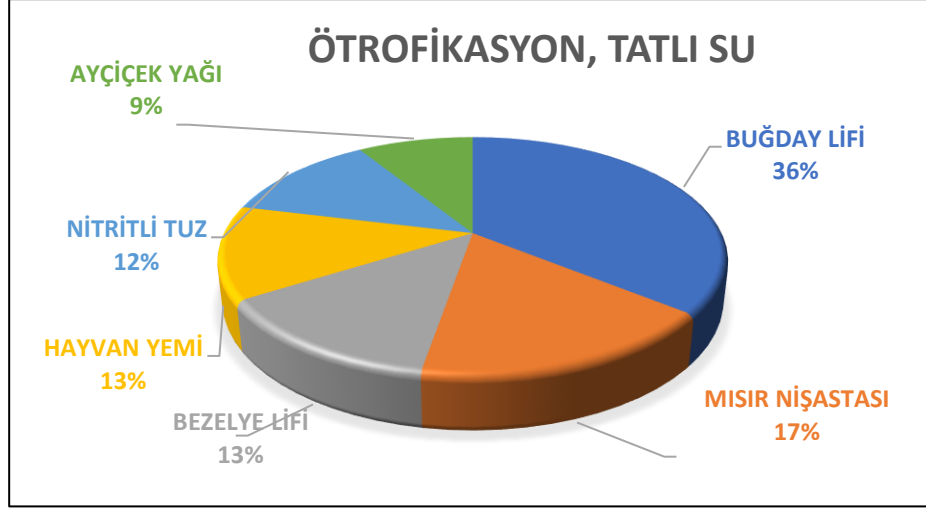
Şekil B1.1: Dana sosis mâmülü için asidifikasyon etki kategorisi bileşenleri.



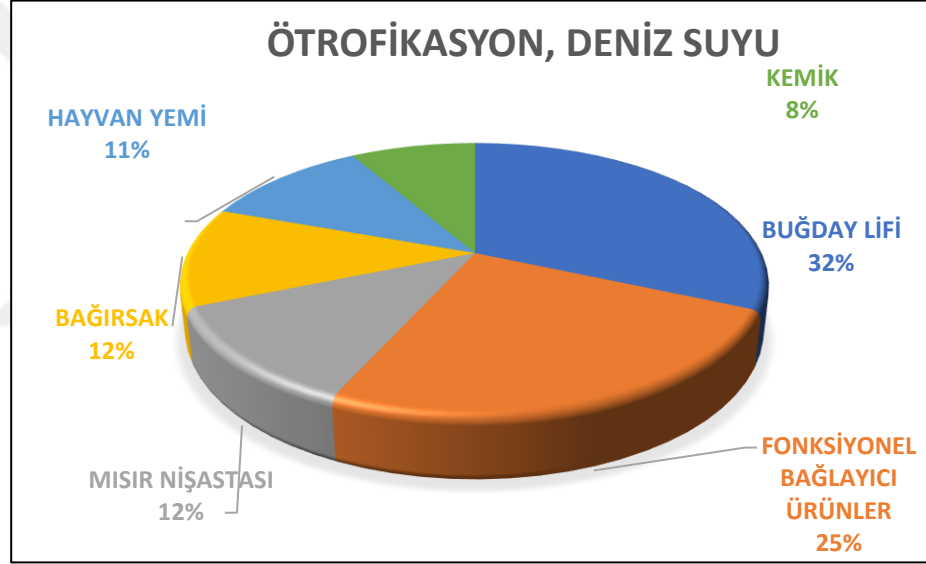
Şekil B1.2: Dana sosis mâmülü için iklim değişikliği etki kategorisi bileşenleri.



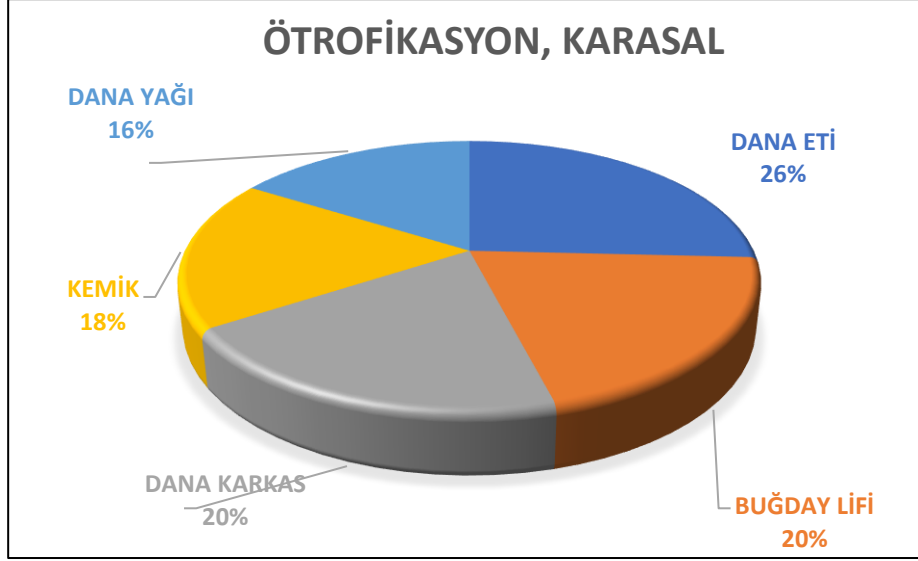
Şekil B1.3: Dana sosis mâmülü için eksosite,organikler etki kategorisi bileşenleri.



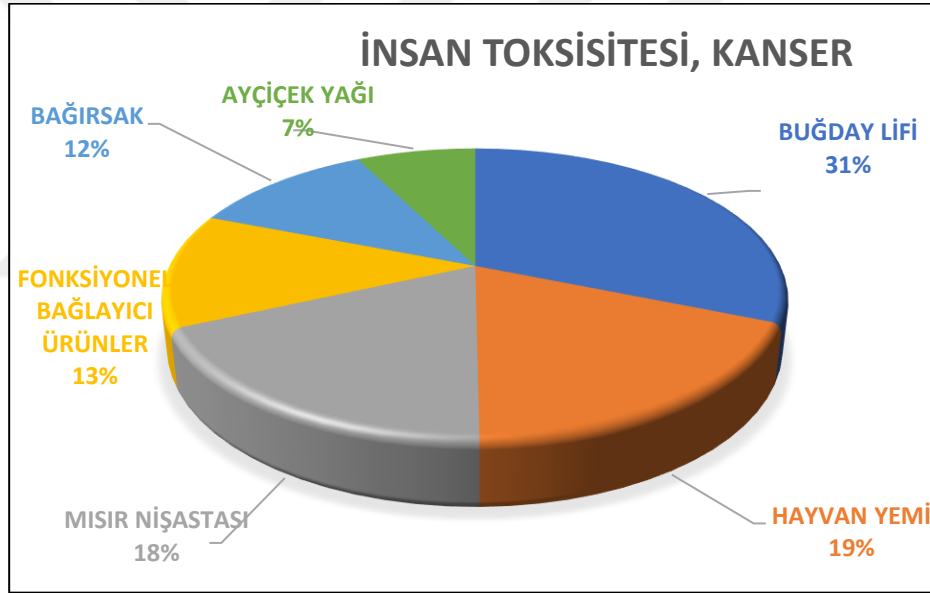
Şekil B1.4: Dana sosis mâmülü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



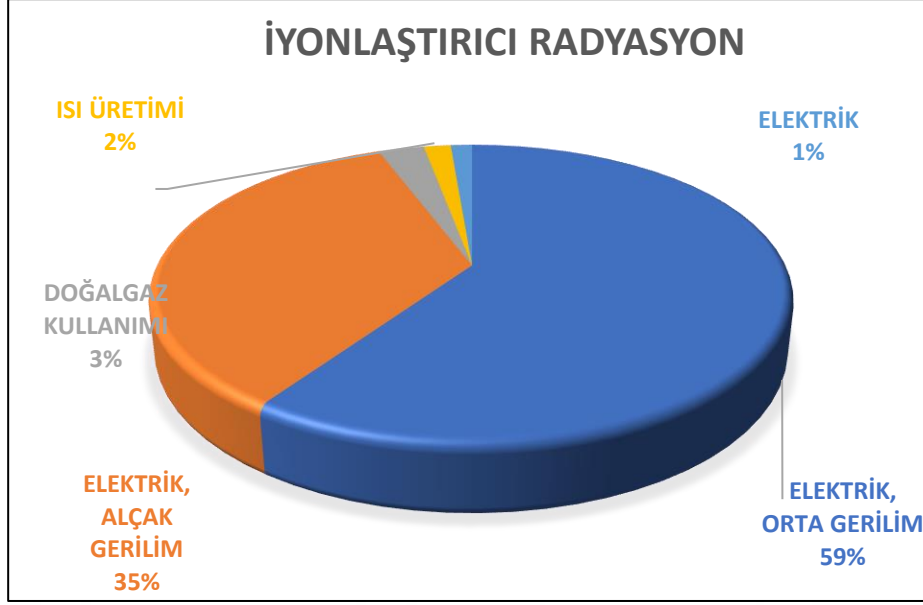
Şekil B1.5: Dana sosis mâmülü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



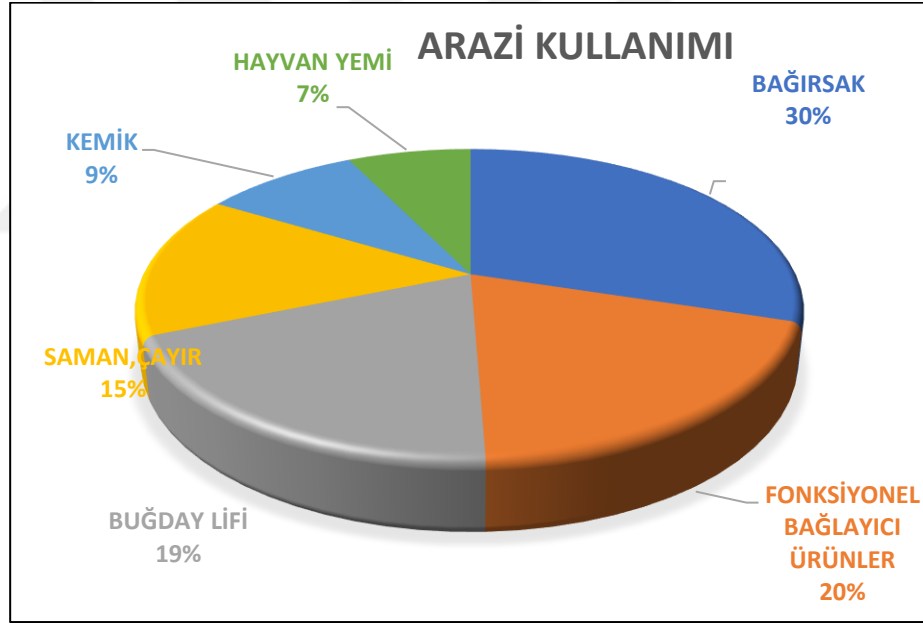
Şekil B1.6: Dana sosis mâmülü için ötrofikasyon, karasal etki kategorisi bileşenleri.



Şekil B1.7: Dana sosis mâmülü için insan toksisitesi kategorisi bileşenleri.



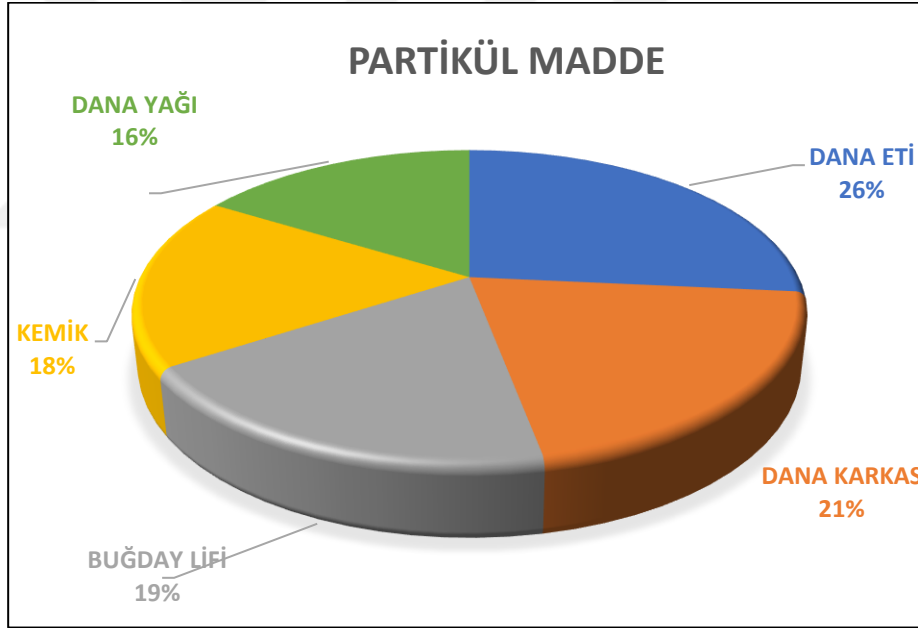
Şekil B1.8: Dana sosis mâmülü için iyonlaştırıcı radyasyon etki kategorisi.



Şekil B1.9: Dana sosis mâmülü için arazi kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



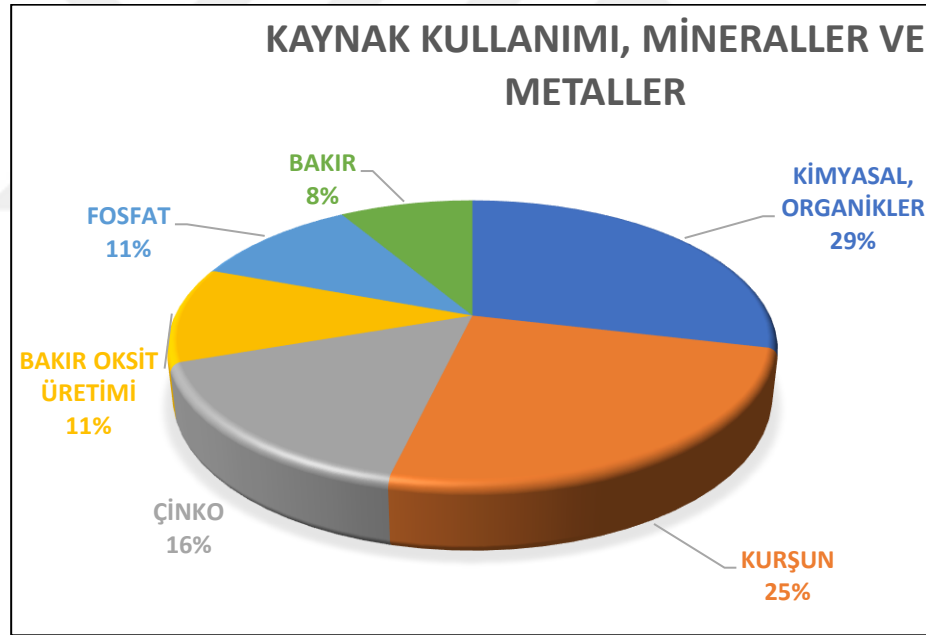
Şekil B1.10: Dana sosis mâmülü için ozon tabakasının incelmesi etki kategorisi.



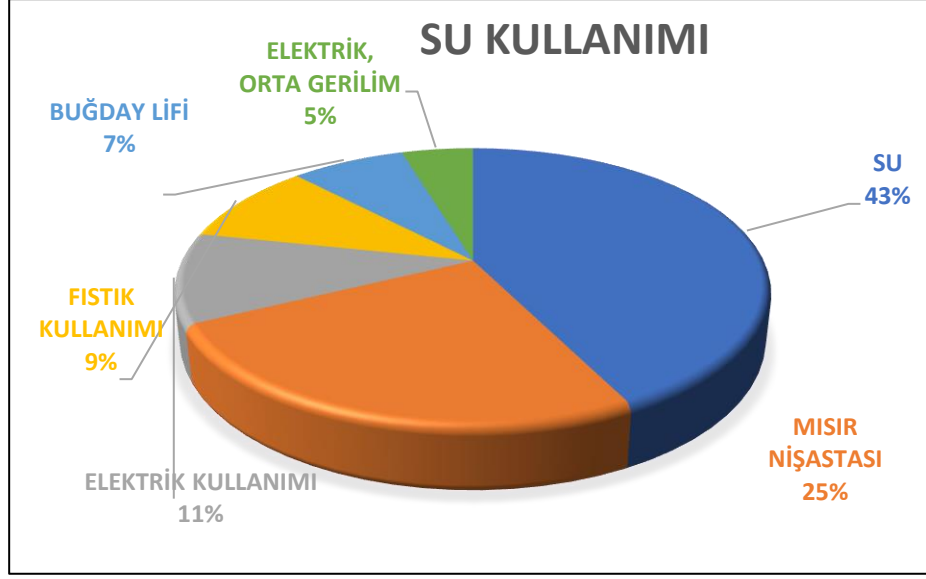
Şekil B1.11: Dana sosis mâmülü için partikül madde etki kategorisi bileşenleri.



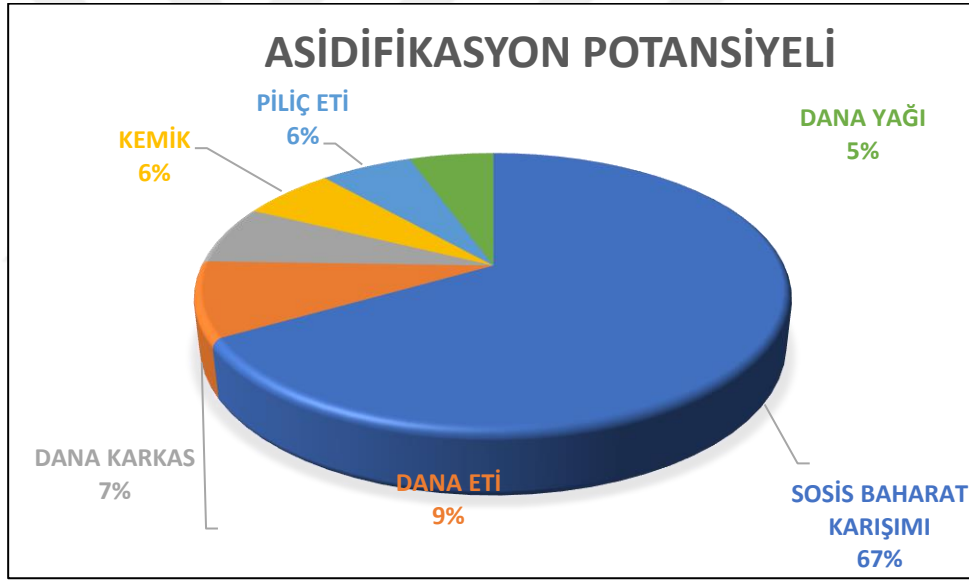
Şekil B1.12: Dana sosis mâmülü için fotokimyasal ozon tabakasının etki kategorisi.



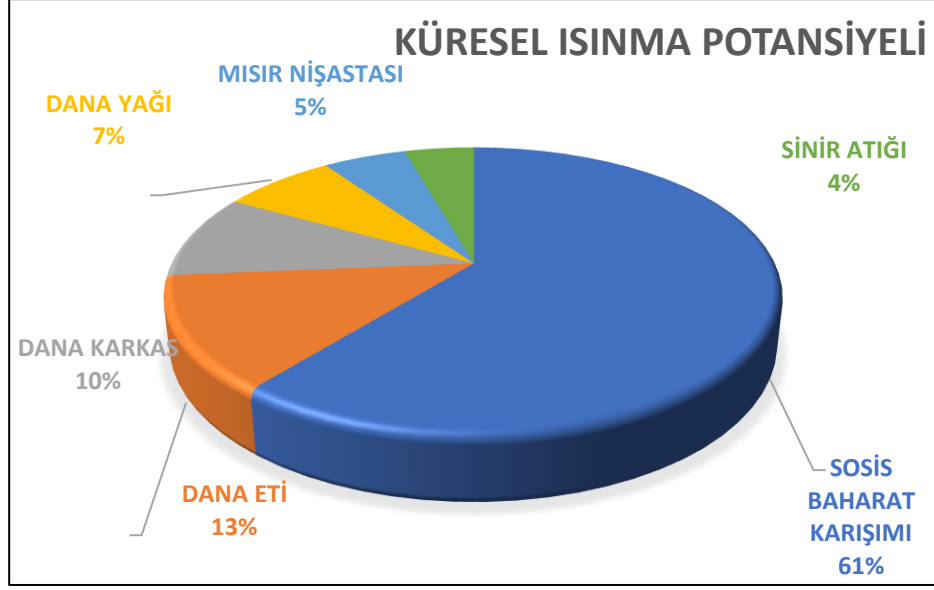
Şekil B1.13: Dana sosis mâmülü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



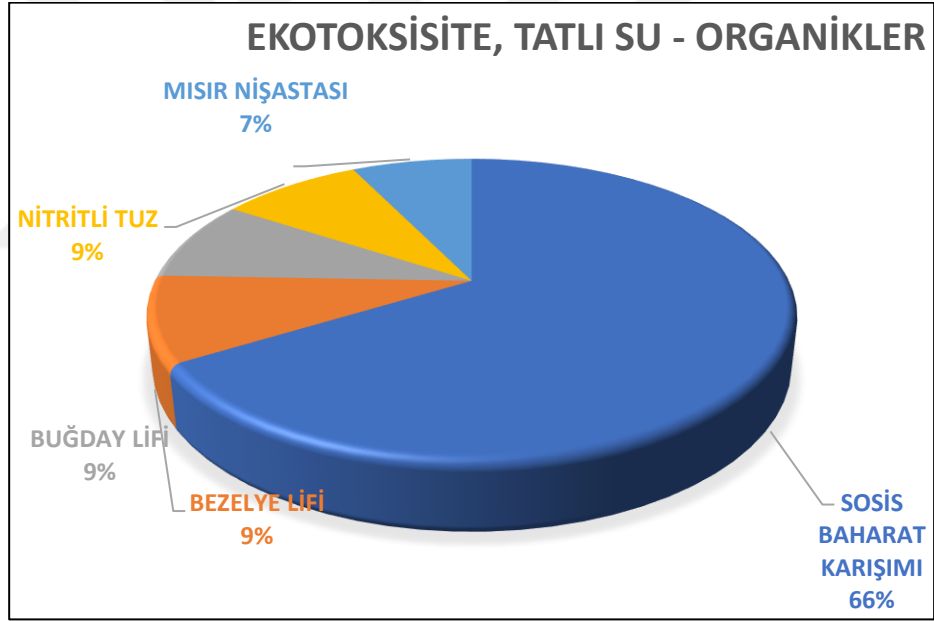
Şekil B1.14: Dana sosis mâmülü için su kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



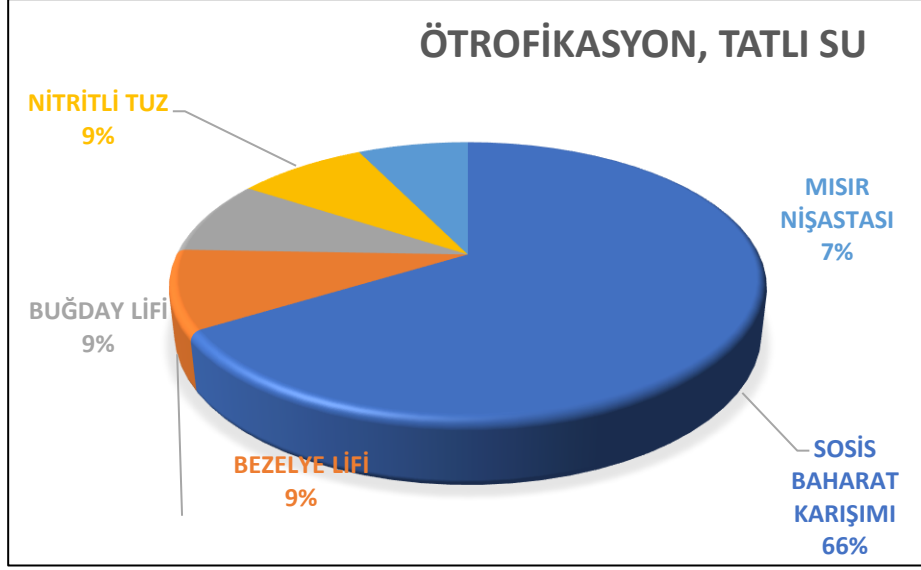
Şekil B1.15: Piliç sucuk mâmülü için asidifikasyon etki kategorisi bileşenleri.



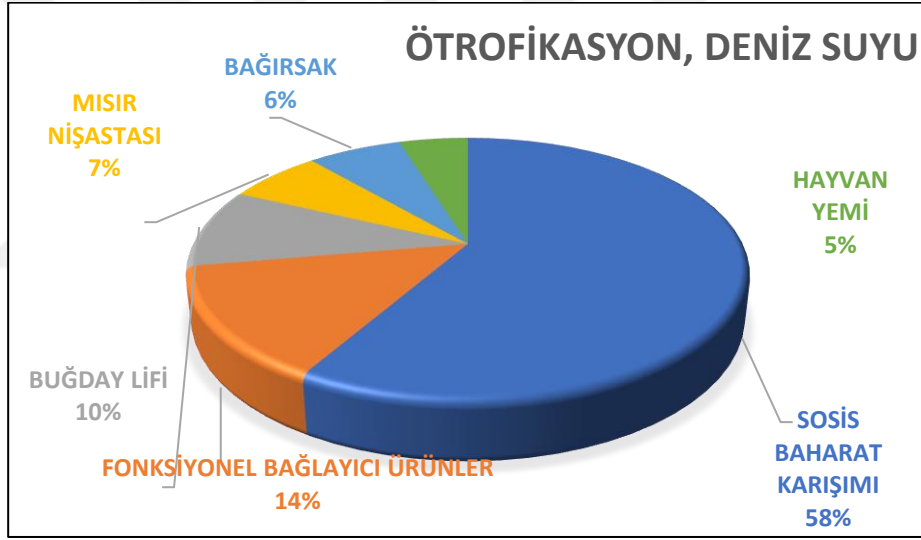
Şekil B1.16: Piliç sucuk mâmülü için iklim değişikliği etki kategorisi bileşenleri.



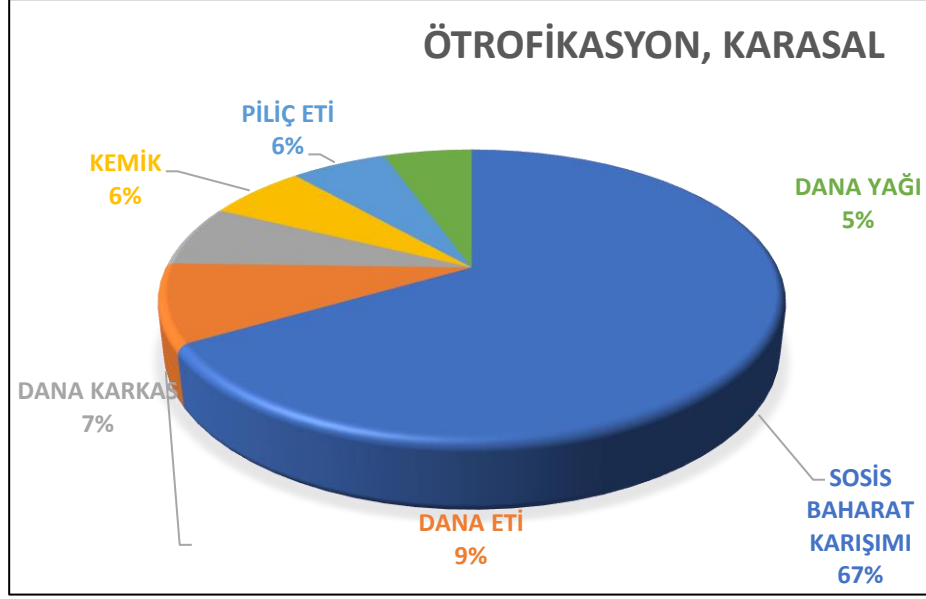
Şekil B1.17: Piliç sucuk mâmülü için eksosite, organikler etki kategorisi bileşenleri.



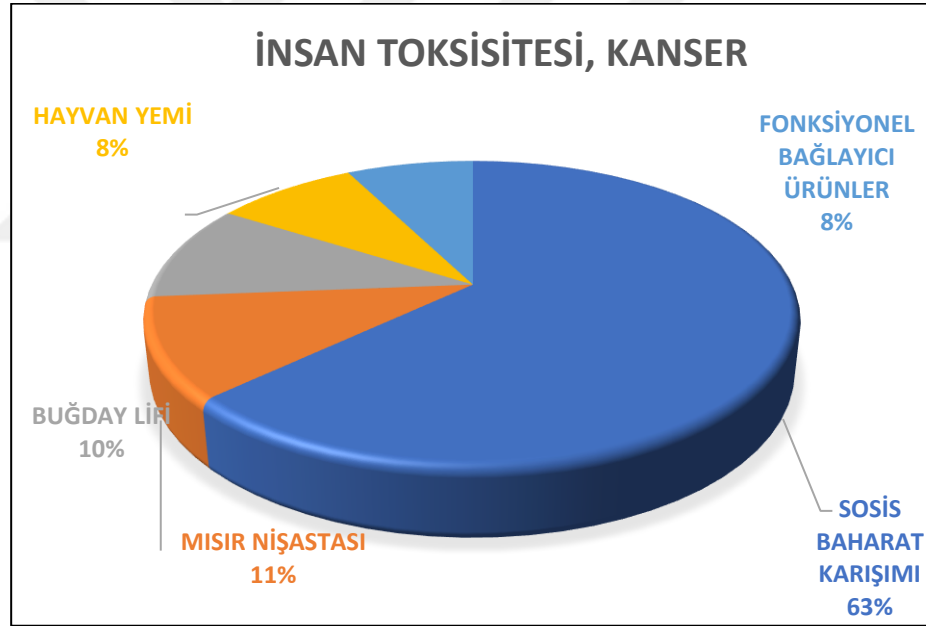
Şekil B1.18: Piliç sucuk mâmulü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



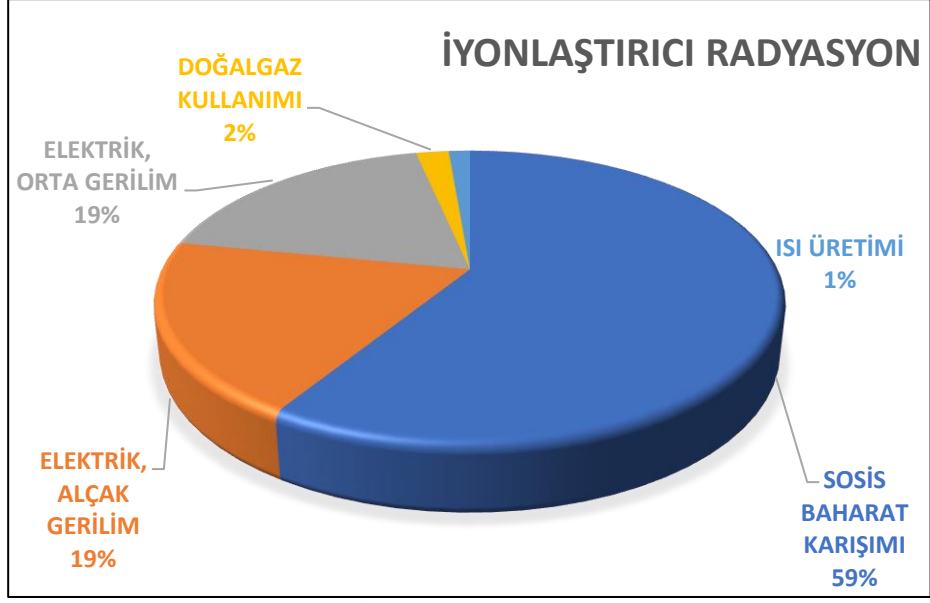
Şekil B1.19: Piliç sucuk üretim mâmulü için ötrofikasyon etki kategorisi.



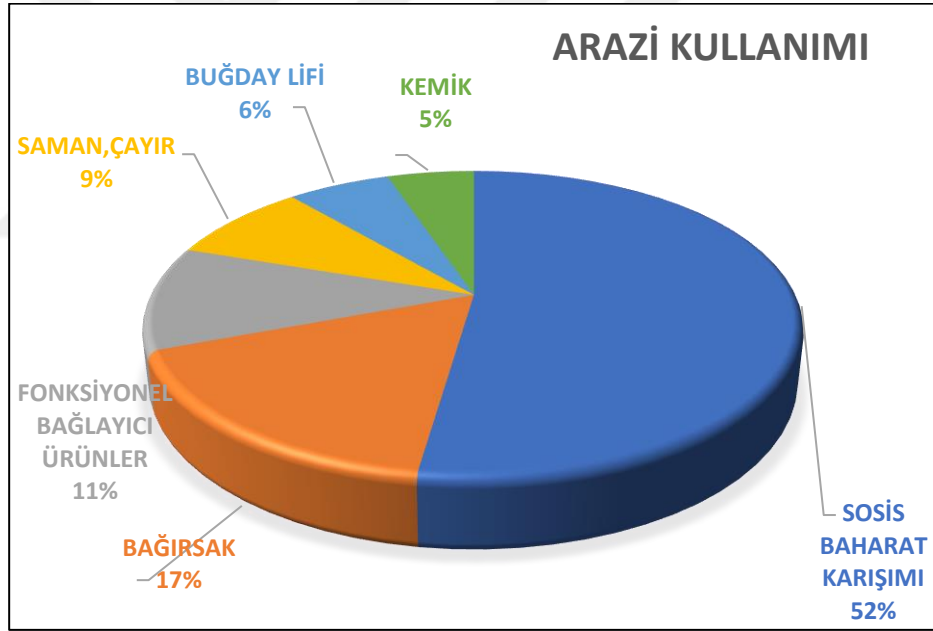
Şekil B1.20: Piliç sucuk mâmülü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



Şekil B1.21: Piliç sucuk mâmülü için insan toksisitesi etki kategorisi bileşenleri.



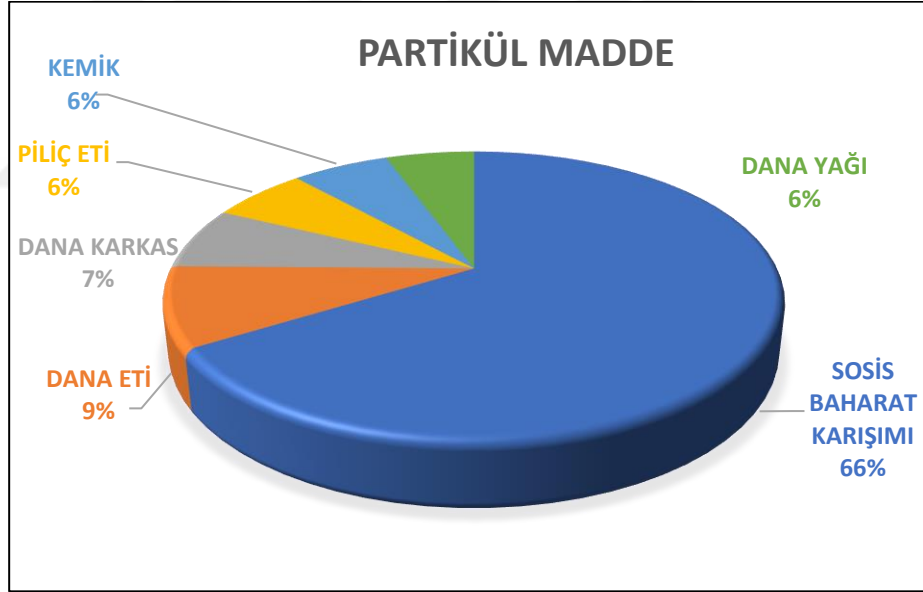
Şekil B1.22: Piliç sucuk mâmulü için iyonlaştırıcı radyasyon etki kategorisi.



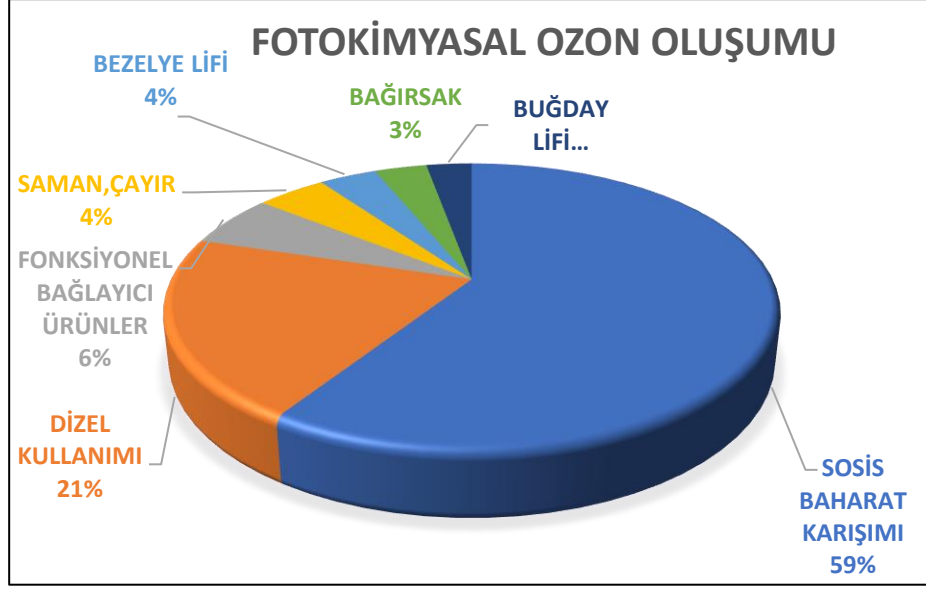
Şekil B1.23: Piliç sucuk mâmulü için arazi kullanımını etki kategorisi bileşenleri.



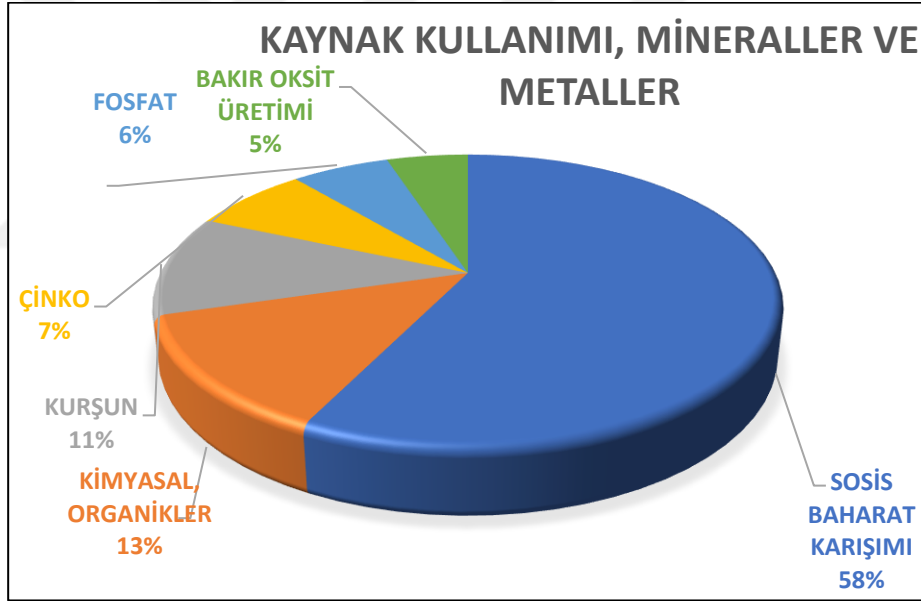
Şekil B1.24: Piliç sucuk mâmülü için ozon tabakası incelmeleri etki kategorisi.



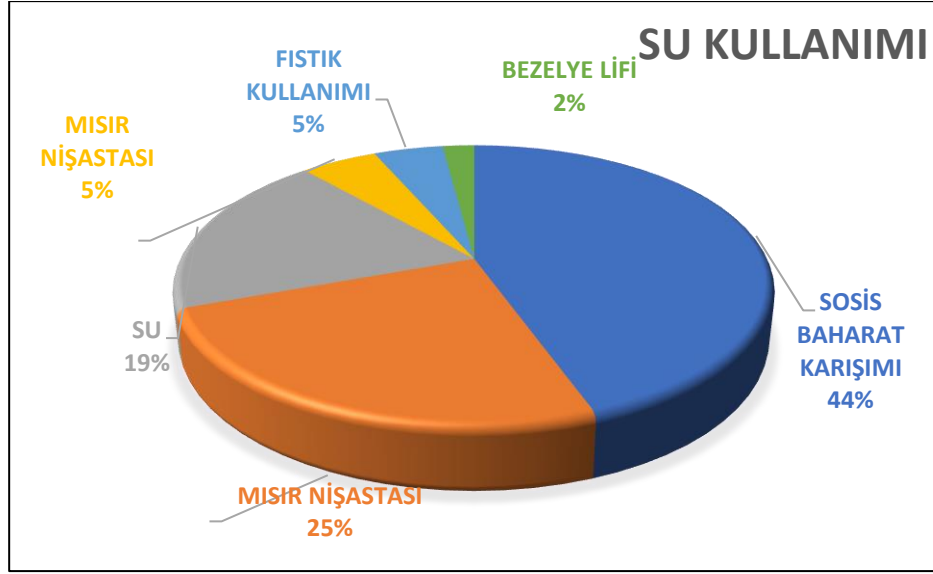
Şekil B1.25: Piliç sucuk mâmülü için partikül madde etki kategorisi bileşenleri.



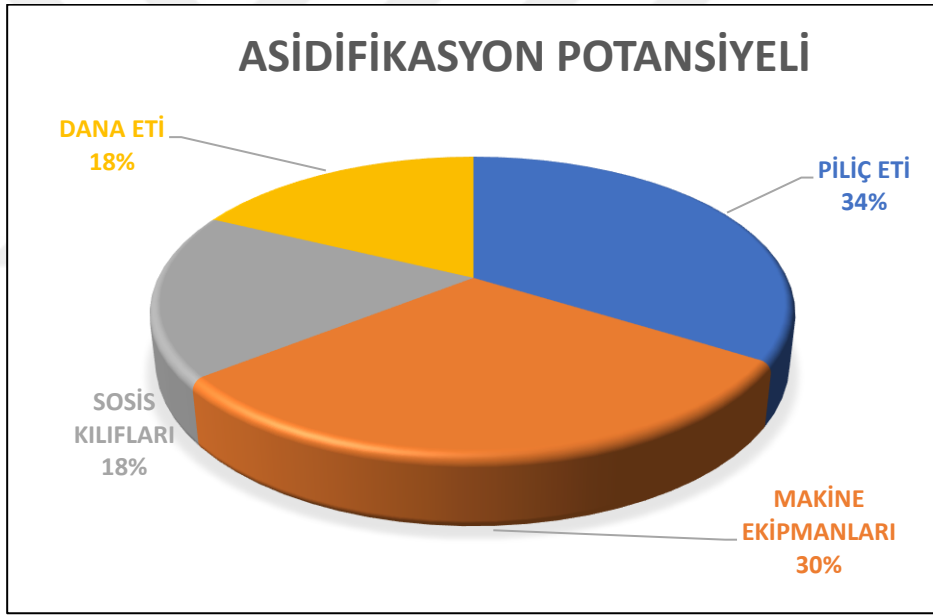
Şekil B1.26: Piliç sucuk mâmülü için fotokimyasal ozon tabakasının incelmesi.



Şekil B1.27: Piliç sucuk mâmülü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



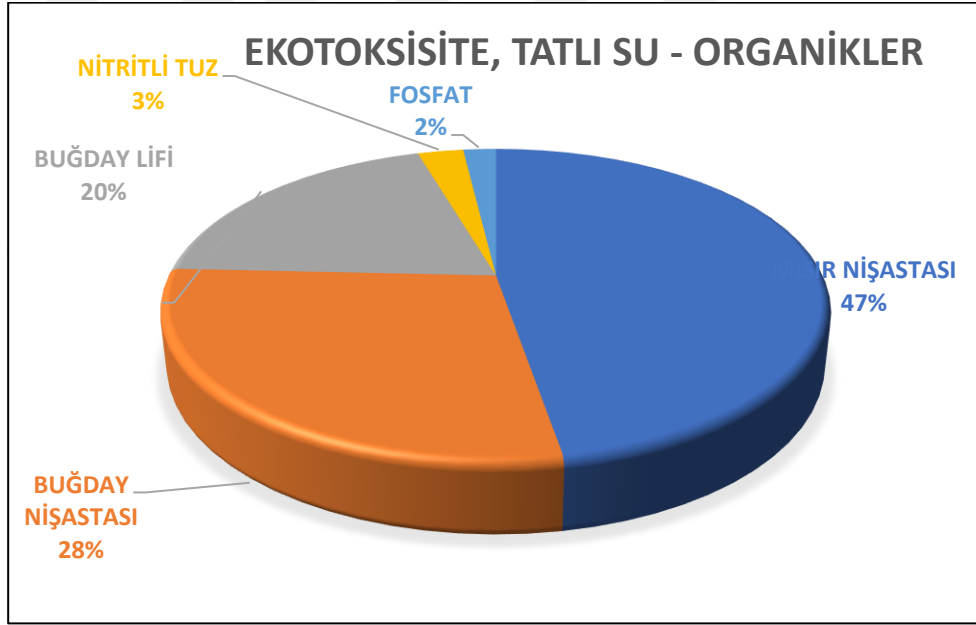
Şekil B1.28: Piliç sucuk mâmülü için su kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



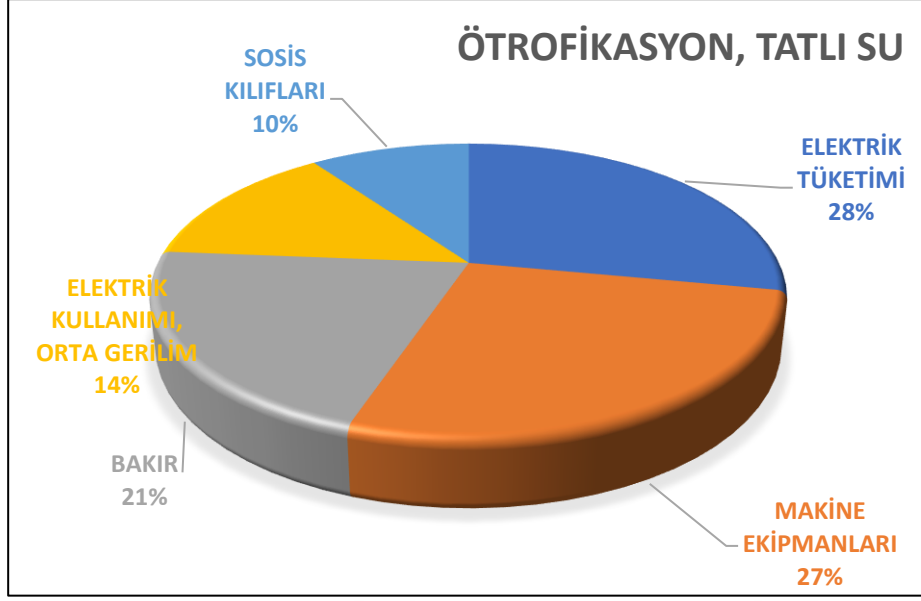
Şekil B1.29: Piliç sosis mâmülü için asidifikasyon etki kategorisi bileşenleri.



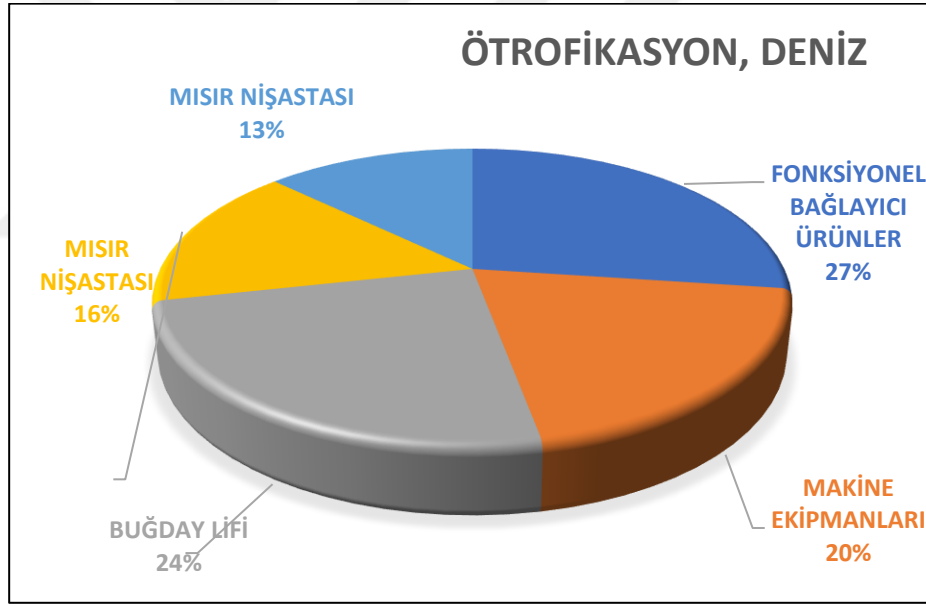
Şekil B1.30: Piliç sosis mâmülü için iklim değişikliği etki kategorisi bileşenleri.



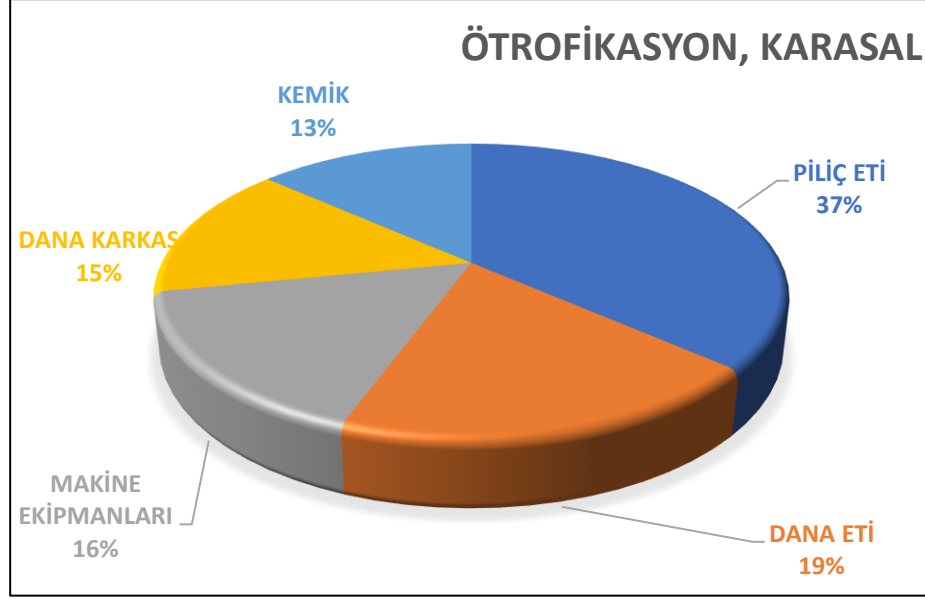
Şekil B1.31: Piliç sosis mâmülü için eksosite, organikler etki kategorisi bileşenleri.



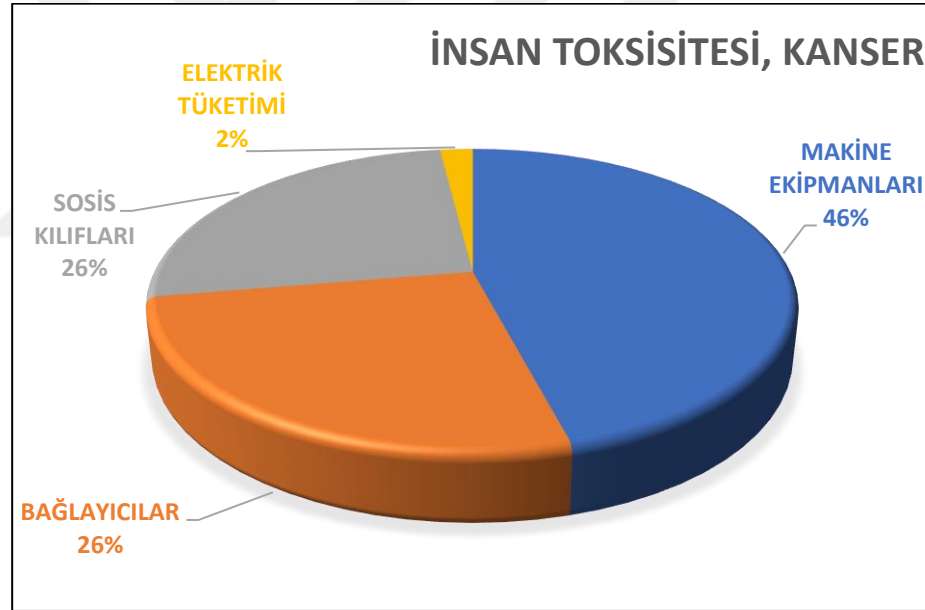
Şekil B1.32: Piliç sosis mâmülü için ötrofikasyon, tatlı su etki kategorisi bileşenleri.



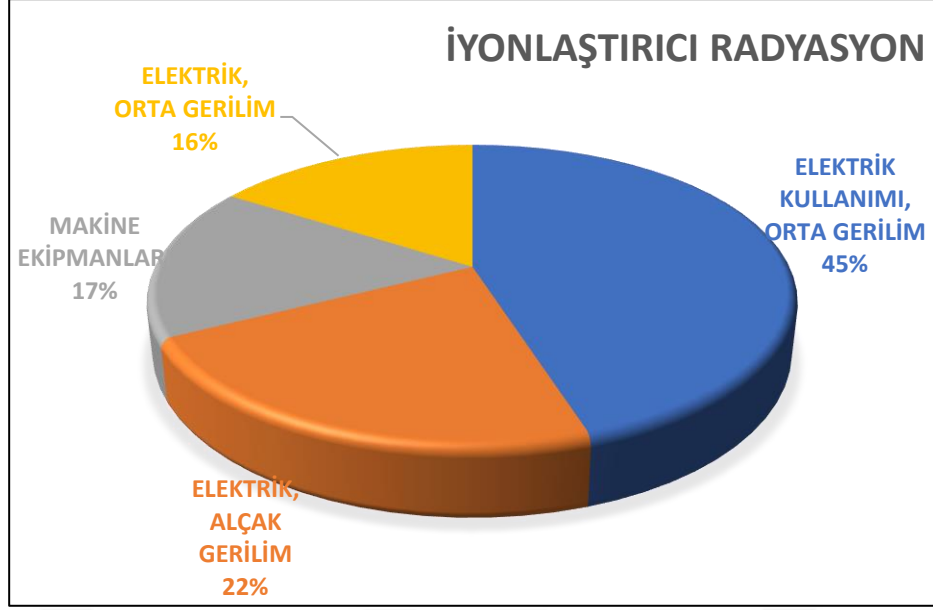
Şekil B1.33: Piliç sosis mâmülü için ötrofikasyon etki kategorisi bileşenleri.



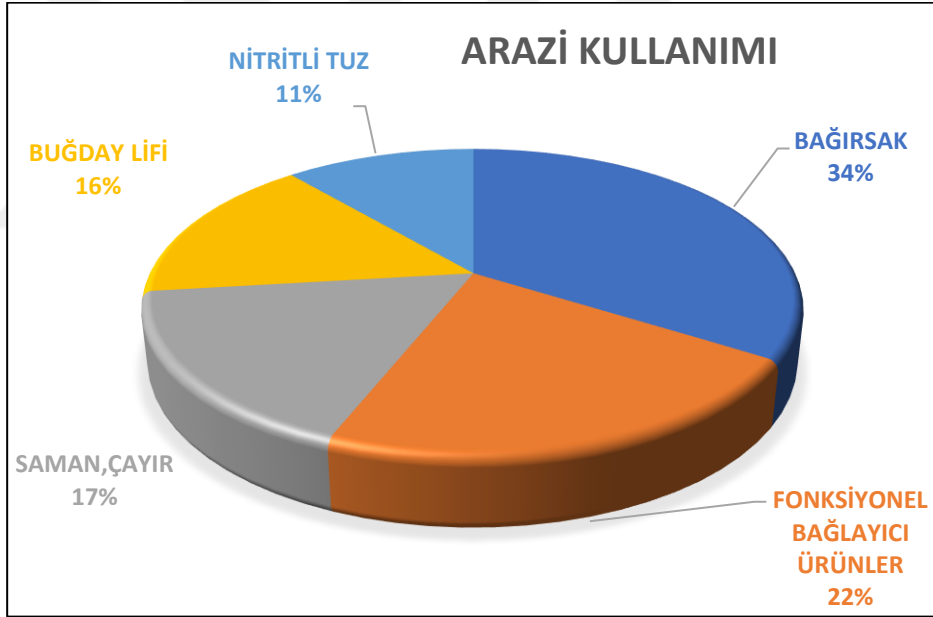
Şekil B1.34: Piliç sosis mâmülü için ötrofikasyon, karasal etki kategorisi.



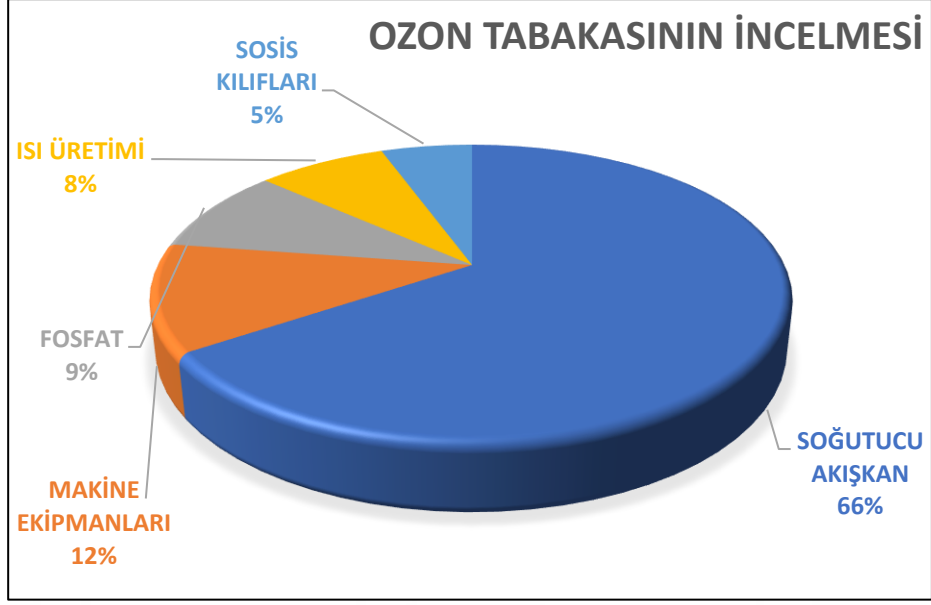
Şekil B1.35: Piliç sosis mâmülü için insan toksisitesi etki kategorisi bileşenleri.



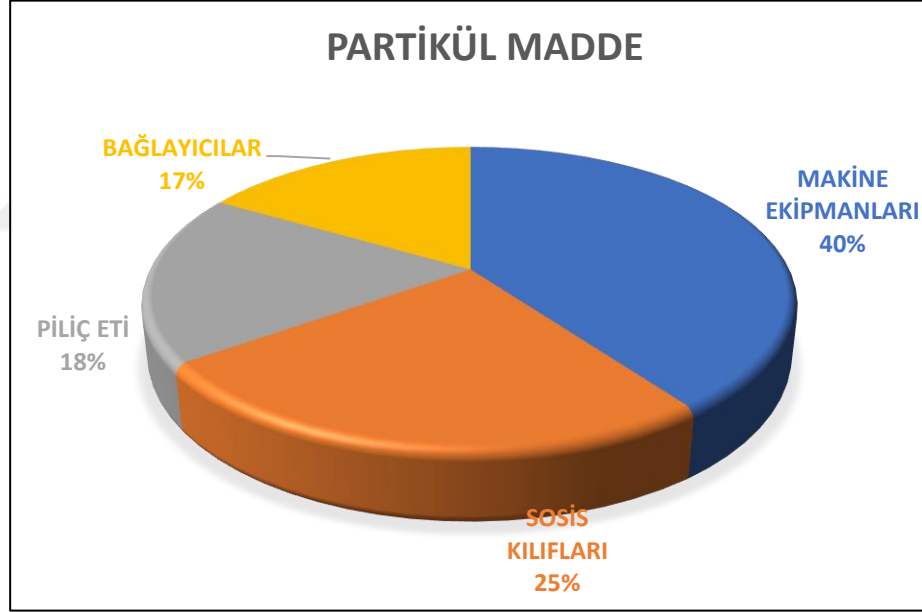
Şekil B1.36: Piliç sosis mâmulü için iyonlaştırıcı radyasyon etki kategorisi.



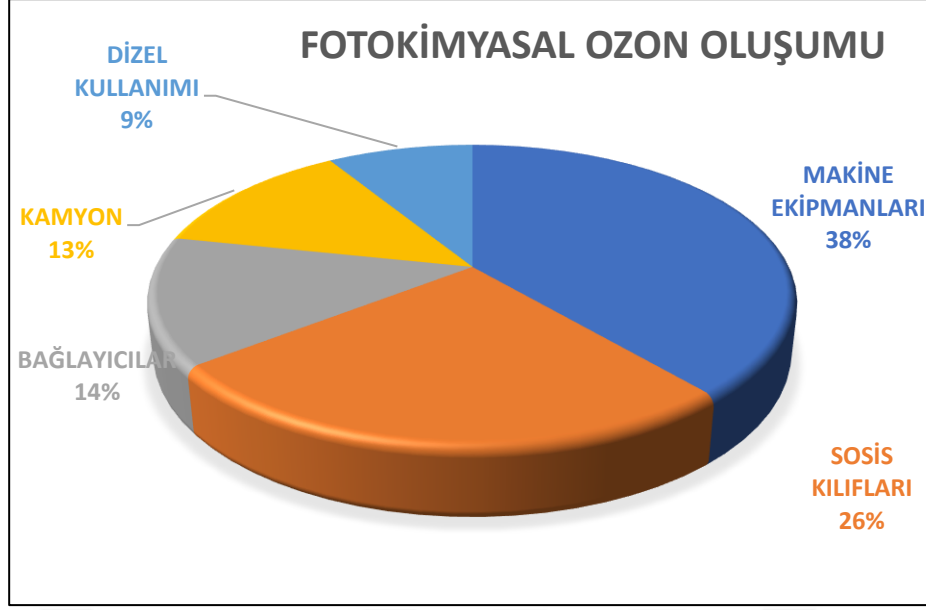
Şekil B1.37: Piliç sosis mâmulü için arazi kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



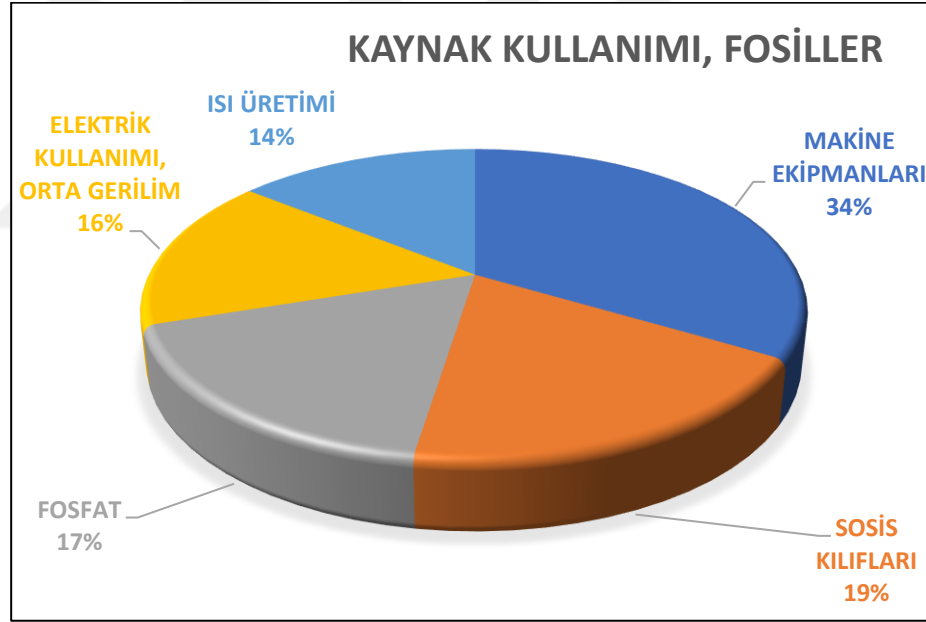
Şekil B1.38: Piliç sosis mâmülü için ozon tabakası incelmesi etki kategorisi.



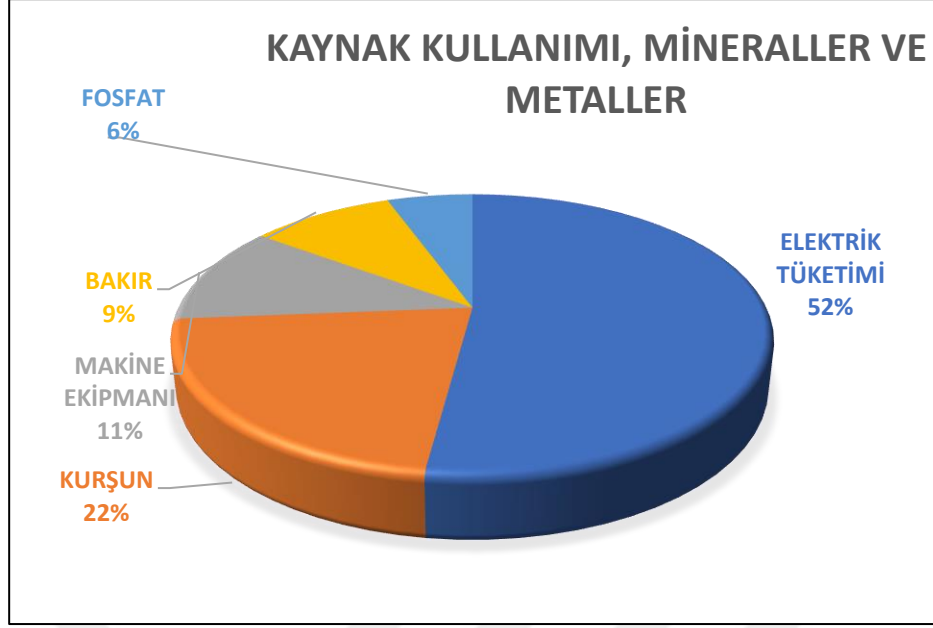
Şekil B1.39: Piliç sosis mâmülü için partikül madde etki kategorisi bileşenleri.



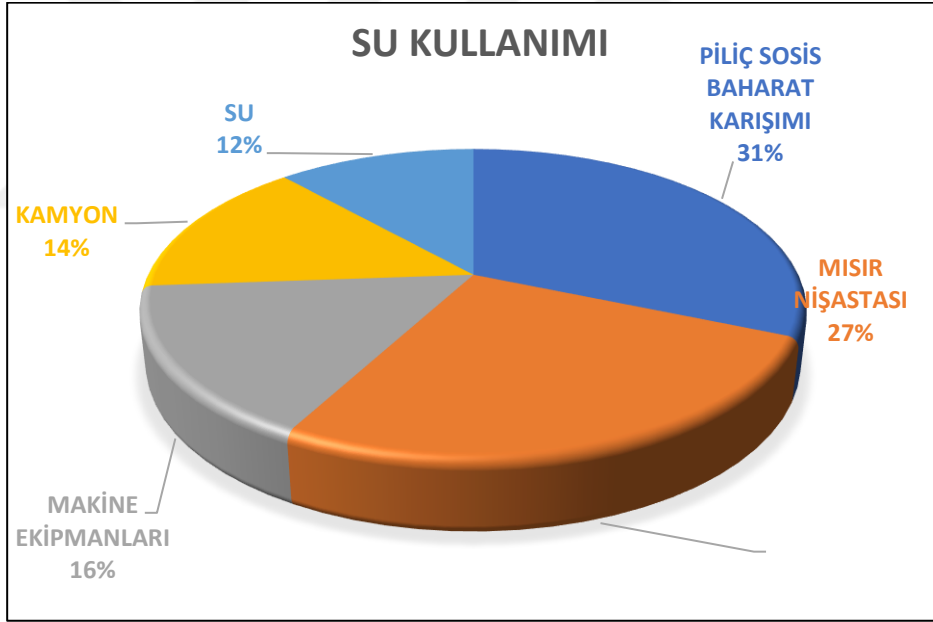
Şekil B1.40: Piliç sosis mâmülü için fotokimyasal ozon tabakasının incelenmesi.



Şekil B1.41: Piliç sosis mâmülü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



Şekil B1.42: Piliç sosis mâmülü için kaynak kullanımı etki kategorisi bileşenleri.



Şekil B1.43: Piliç sosis mâmülü için su kullanımı etki kategorisi bileşenleri.