

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA ENDÜSTRİSİNDE TEMİZ ÜRETİM
STRATEJİLERİ:
SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETİM TESİSİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Buğra Furkan SALİHLİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Enstitü Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fulya AYDIN TEMEL

Ekim 2024
GİRESUN

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA ENDÜSTRİSİNDE TEMİZ ÜRETİM
STRATEJİLERİ:
SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETİM TESİSİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Buğra Furkan SALİHLİ

Enstitü Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Bu tez 11/10/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Nurdan Gamze TURAN
Jüri Başkanı

Doç. Dr.
Fulya AYDIN TEMEL
Üye

Doç. Dr.
Hüseyin CÜCE
Üye

Prof. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Buğra Furkan SALİHLİ

11/10/2024

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin konu seçiminde ve tez sürecinde çok kıymetli desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Fulya AYDIN TEMEL' e çok teşekkür ederim.

Tezimdeki hesaplamalara ve analizlere eksiksiz veri sağlayan Yunus Tekin BAKİ ve Sevtap AYDIN'a bu süreçte olan destekleri, sabırları ve anlayışları için çok teşekkür ederim.

Son olarak; her türlü desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve başarılarıma şahit olan kıymetli aileme manevi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Sürdürülebilirlik.....	4
2.2. Eko-verimliliğin Temelleri	5
2.3. Temiz Üretim.....	7
2.3.1. Temiz Üretim Yaklaşımının Tarihsel Gelişimi.....	10
2.3.2. Temiz Üretim Unsurları.....	12
2.3.3. Temiz Üretim Değerlendirme Yaklaşımı.....	14
2.3.4. Temiz Üretim Uygulamasının Faydaları.....	16
2.3.5. Temiz Üretim Politikası.....	19
2.3.6. Temiz Üretim Uygulanmasında Engeller.....	22
2.3.7. Temiz Üretim Uygulamalarına Örnek Çalışmalar.....	23
2.4. Süt Endüstrisi.....	26
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Temiz Üretim Çalışmalarının Yürütüldüğü Süt Ürünleri İşletmesi.....	29
3.1.1. İşletmede Peynir Üretimi.....	30
3.1.2. İşletmede Yoğurt Üretimi.....	32

3.1.3. İşletmede Tereyağı Üretimi.....	34
 BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI	36
4.1. İşletme ve Proseslerin Değerlendirilmesi.....	36
4.1.1. İşletmenin Faaliyet Verilerinin Belirlenmesi.....	36
4.2. Proses Girdileri ve Çıktıları.....	37
4.3. İşletmede Temiz Üretim Çalışması.....	41
4.3.1. Tesiste Enerji İhtiyacının Karşılmasında Tüketilen Kömür.....	42
4.3.1.1. İzole Malzeme ve Maliyeti.....	44
4.3.1.2. İşletmede Temiz Üretim Uygulaması Öncesi ve Sonrasında Sosyal, Eko- nomik ve Çevresel Performanslardaki Değişimlerin Değerlendirilmesi...	46
4.3.2. Tesiste Su Tüketimi ve Atıksu Oluşumu.....	49
4.3.3. Tesiste Oluşan Ambalaj atık Miktarının Belirlenmesi.....	55
 BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	56
 KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Temiz üretim müdahale seviyeleri.....	10
Şekil 2.2. Temiz üretim değerlendirme metodolojisine genel bakış.....	15
Şekil 3.1. Tonya/Trabzon süt ürünleri üretimi tesisinden görüntü.....	29
Şekil 3.2. Seperatöre ait görsel.....	30
Şekil 3.3. Dinlendirme tanklarına ait görsel.....	31
Şekil 3.4. Peynir üretimi iş akış şeması.....	31
Şekil 3.5. Peynir üretimine ait görsel.....	32
Şekil 3.6. Yoğurt üretimi iş akış şeması.....	33
Şekil 3.7. Yoğurt üretimine ait görsel.....	33
Şekil 3.8. Tereyağı üretimi iş akış şeması.....	34
Şekil 3.9. Tereyağı üretimine ait görsel.....	35
Şekil 4.1. Tesisteki kömür tüketimine ait görsel.....	43
Şekil 4.2. Yıllık kömür tüketim miktarı.....	44
Şekil 4.3. Pastörizasyon tanklarına giden buhar hattına ait görsel.....	45
Şekil 4.4. Alüminyum kaplı taş yünü şilteye ait görsel.....	45
Şekil 4.5. 2023 ve 2024 yıllarına ait kömür tüketim miktarları.....	47
Şekil 4.6. 2023 ve 2024 yılları için kömür tüketimi kaynaklı toplam CO ₂ emisyon değerleri.....	49
Şekil 4.7. 2023 yılı aylık su tüketimi ve atıksu oluşum miktarları.....	51
Şekil 4.8. Tesise ait atıksu arıtma tesisi.....	53

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Tesiste elektrik ve kömür tüketimine neden olan ekipmanlar.....	37
Tablo 4.2. Yıllık kaynak tüketim miktarları.....	38
Tablo 4.3. İşletme prosesleri girdileri ve üretim süreçlerinden çıkan atıklar.....	40
Tablo 4.4. İzole malzeme ve yalıtımının maliyet hesabı.....	46
Tablo 4.5. Tesiste oluşan atık suyun özellikleri.....	52

GIDA ENDÜSTRİSİNDE TEMİZ ÜRETİM STRATEJİLERİ: SÜT ÜRÜNLERİ ÜRETİM TESİSİ ÖRNEĞİ

ÖZET

Bu çalışma, Trabzon ilinde süt ürünleri üretimi yapan bir işletmede üretim sürecinde ortaya çıkan önemli çevresel sorunlar nedeniyle sürdürülebilirliği artırmayı amaçlayan Kaynak Verimliliği ve Temiz Üretim yaklaşımlarının uygulanması araştırılmıştır. Kaynak kullanımını değerlendirmek ve optimize etmek, çevresel riskleri azaltmak ve üretim döngüsü boyunca eko-verimliliği artırmak için kapsamlı bir metodolojik çerçeve kullanılmıştır. Her bir ürünün üretimi sırasında prosesin girdileri ve üretim sürecinde açığa çıkan atıklar ve türleri belirlenmiştir. Ayrıca, işletmenin atık yönetim sistemi incelenmiştir. Üretim tesisinin en fazla doğal kaynak tüketiminin üretimin her kademesinde kullanılan ısı enerjisinin sağlanması için gereken yakıttan kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, tesiste enerji verimliliğini arttırmak ve kontrol altında tutmak için temiz üretim stratejisi geliştirilmeye odaklanılmıştır. İşletmede yürütülen temiz üretim uygulaması kapsamında, izlenen tüm üretim sürecinde belirlenen nihai en iyi stratejinin pastörizasyon ünitelerine giden su buharı ve geri dönüş su hattındaki ısı kayıplarını önlemek olmuştur. Bu amaçla, tüm boru hattında ısı kayıplarını önlemek amacıyla çelik boruların izolasyon malzemesiyle kaplanmasına karar verilmiştir. 9 aylık süre içerisinde ortalama %26'lık azalma ile 16,480 ton kömür tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca işletmenin temiz üretim yaklaşımı uygulanmadan önce ve sonraki dönemleri için Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Tier 1 yöntemi karbon emisyonunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Tesis özelindeki hesaplamalar faaliyet verileri çerçevesinde enerji ihtiyacı için tüketilen fosil yakıtlar baz alınmıştır. 9500₺ yatırım yapılarak aynı kapasite ile çalışan tesiste atmosfere salınan toplam CO₂ emisyonu değeri %26,09 oranında azaltılarak 362,87 tCO₂'ye düşmüştür. Bu sonuçlar, kaynak tüketimini azaltma, çevresel etkiyi en aza indirme ve genel üretim verimliliğini iyileştirmede daha temiz üretim teknolojilerinin etkinliğini vurgulamaktadır. Ek olarak, su tüketimi ve oluşan peynir altı suyunun çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için geri dönüşüm süreci için öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Eko-verimlilik, endüstri, geri dönüşüm, azaltma, sürdürülebilirlik

CLEANER PRODUCTION STRATEGIES IN THE FOOD INDUSTRY: THE EXAMPLE OF DAIRY PRODUCTION FACILITY

SUMMARY

This study investigated the application of resource efficiency and clean production strategies aimed at increasing sustainability due to significant environmental problems arising in the dairy production industry's production process in Trabzon. A comprehensive methodological framework was used to assess and optimize resource use, reduce environmental risks and increase eco-efficiency throughout the production cycle. During the production of each product, the inputs of the process and the wastes and their types generated during the production process were determined. In addition, the waste management system of the industry was examined. It was determined that the highest natural resource consumption of the production facility comes from the fuel required to provide the heat energy used in every stage of production. The study focused on developing a clean production strategy to increase and control energy efficiency at the industry. Within the scope of the clean production application in the facility, the final best strategy determined in the entire production process was to prevent heat losses in the water vapor going to the pasteurization units and the return water line. For this purpose, it was decided to cover the steel pipes with insulation material to prevent heat losses in the entire pipeline. In the 9 months, an average of 26% reduction and 16,480 tons of coal were achieved. In addition, the Intergovernmental Panel on Climate Change Tier 1 method was used in calculating carbon emissions for the periods before and after the clean production approach was implemented in the facility. The calculations specific to the facility were based on fossil fuels consumed for energy needs within the framework of activity data. The total CO₂ emission value in the facility operating at the same capacity was reduced by 26.09% to 362.87 tCO₂ with an investment of 9500\$. These results highlight the effectiveness of cleaner production technologies in reducing resource consumption, minimizing environmental impact, and improving overall production efficiency. Additionally, recommendations for the recycling process were presented to reduce the environmental impact of cheese whey generated during production processes.

Keywords: Eco-efficiency, industry, recycling, reduction, sustainability

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Sanayi devriminin başlangıcından bu yana dünya birçok devrimi yaşamıştır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda ise bilgi işleme, iletişim ve kalite alanında üç devrim gerçekleşmiş ve her seferinde insanın yaşam standardı tahminlerin ötesinde gelişmiştir. Bununla birlikte, dünya nüfusunda kalkınmadan elde edilen kazanımların gölgesinde kalacak kadar olağanüstü bir artış gözlenmiştir. İnsanlığın çeşitlenen talepleri endüstriyel faaliyetlerin artmasına neden olurken, Dünya'nın bir zamanlar sahip olduğu çevreye geri dönüşü olmayan zararlar vermiştir. Küresel ısınma, ozon tabakasının incilmesi ve ekonomik güç kazanmak için yapılan kontrolsüz endüstriyel faaliyetlerin oluşturduğu kirlilik yaşamın devamını tehdit edebilecek bir felaket boyutuna ulaşmıştır.

Gelişmiş ülkeler, kontrolsüz emisyonlardan ve değerli enerji kaynaklarının verimsiz ve ekonomik olmayan teknolojiler kullanılarak israf edilmesinden üçüncü dünya ülkelerini sorumlu tutarken, kendileri de gelişen ve verimli teknolojileri geliştirmekte olan ülkelerle paylaşılmadığı için önlenebilir aşırı tüketimden, kaynak ve enerji israfından eşit derecede sorumlu görülmektedir. Hızlı nüfus artışı, kaynakların hızla tükenmesi, şiddetli çevre kirliliği ve dünyadaki yaşamın devam etmesini sağlayan hassas ekosistemlerin zarar görmesi, 21. yüzyıla girerken mühendisler ve teknoloji uzmanları için ciddi zorluklar yaratmıştır. Ancak bugün yüzyılın sonuna doğru başka bir yaklaşım oluşturulmuştur. Sanayileşmiş ülkeler, yalnızca çevre dostu olmakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik ve verimlilik avantajlarına da sahip olan geleceğin ürün, süreç, sistem ve hizmetlerinin geliştirilmesini desteklemektedirler. İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünya, kökenleri sistem performansı ve çevresel riskleri dikkate almadaki yetersizlikler nedeniyle birçok teknolojik felakete tanık olmuştur. Dolayısıyla herhangi bir üretim veya geliştirme faaliyetinde yer alan faktörlere ve bu

faaliyetten kaynaklanan sonuçlara bütünsel bir bakış açısıyla bakılmadığında mevcut sorunlara yenileri eklenmektedir.

Ekonomi kavramının (malzeme, kaynak ve enerji denetimiyle yansıtılan) performans denetimiyle (kalite, güvenilirlik ve emniyetle yansıtılan) entegre edilmesi ve son olarak da çevre denetimi yapılması gerektiğinin farkına vararak gerekmektedir. Bu nedenle mühendislerin, teknoloji uzmanlarının, bilim adamlarının, planlamacıların ve yöneticilerin çevre, ekonomi ve temiz üretim performansı arasındaki karşılıklı bağımlılığı görselleştirmelerini sağlamak oldukça önemlidir.

Temiz üretim çevre yönetimine yönelik önleyici, nispeten yeni ve çok disiplinli bir yaklaşımdır; insana ve çevreye yönelik risklerin azaltılması ile eko-verimlilik ve kirliliğin önlenmesi kavramlarını kapsamaktadır. Temiz üretim ekonomik büyümeye karşı değildir, sadece büyümenin sürdürülebilir olmasına odaklanmaktadır. İşletmenin endüstriyel verimliliğini, karlılığını, şirket imajını ve rekabet gücünü artırırken çevreyi ve doğal kaynakları korumayı hedeflemektedir. Temiz üretim, su, enerji ve hammadde gibi doğal kaynakların korunmasına odaklanırken boru sonu arıtımından kaçınılmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerlemek için ürünleri, süreçleri ve hizmetleri yeniden düşünmeyi kapsamaktadır.

Temiz üretim, üretim süreçlerini dikkate alarak, hammadde ve enerjinin korunmasını, toksik hammaddelerin ortadan kaldırılmasını ve tüm emisyonların ve atıkların bir süreçten çıkmadan önce miktarının ve toksisitesinin azaltılmasını içermektedir. Ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca etkilerin azaltılmasına odaklanmaktadır. Temiz üretim, teknik bilginin uygulanması, teknolojinin geliştirilmesi ve tutumların değiştirilmesiyle gerçekleşebilir.

Bu çalışmada, Trabzon ilinde faaliyet gösteren süt ürünleri üretimi yapan bir işletmede, temiz üretim yaklaşımı değerlendirilmiştir. Peynir, yoğurt ve tereyağı üretimi yapan tesiste tüm üretim süreçlerinin yaşam döngüsü incelenmiş ve her bir ürünün üretimi sırasında gereken girdiler ve açığa çıkan atıklar türleri ile belirlenmiştir. Ayrıca, işletmenin mevcut atık yönetim sistemi incelenmiştir. İşletmede

yürütülen etüt çalışması sonucunda üretimin neredeyse tüm kademelerinde kullanılan ısı enerjisinin tesisin en önemli doğal kaynak tüketim faktörü olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, enerji üretimi amacıyla kullanılan yakıt tüketiminin azaltılmasına odaklanan bir temiz üretim yaklaşımı ve uygulaması yürütülmüştür.



BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Sürdürülebilirlik

Anderson (2004), çevresel uyanışın, Sanayi Devrimi döneminin 1700'lerin sonlarında İngiltere'de ortaya çıktığını, tarihteki en yıkıcı çevresel zararın bu dönemde olduğunu vurgulamaktadır. Hobsbawm ve Cumming (1975) bu bakış açısını doğrularken zenginlik ve kârın bireylerin ve şirketlerin değerli hedefleri olarak süslendiği kapitalist ekonomiye doğru ilerlemenin dönüm noktasını netleştiren tarihteki bu dönemin önemini vurgulamaktadır. Bu ilk girdiler zamanla gelişmiş, 1960'ların ortasında bir dönüm noktasına ulaşmış ve zaman içinde hızla artmıştır. Bu süre zarfında toplumsal değişiklikler çevre üzerinde ağır olumsuz etkilere neden olmuş ve bu da toplumun farkındalığını etkileyerek işletmelerden bu yönde bir beklenti oluşturmuştur (Buchholz, 1993). Dolayısıyla bu dönem, o zamanın başlattığı gerçek çevre hareketinin bir sonucu olarak sürdürülebilirlik tartışmalarının yükselişinin temel taşı oluşturmuştur. Tüm toplumsal yapılar ve aktörler (örgütler ve kurumlar), sürdürülebilir yönetim girişimlerini tüm işlevlerine dâhil etme zorluğunu kabul etmiştir. Bu tür stratejileri, politikaları ve uygulamaları benimserken hızlı bir öğrenme eğrisiyle karşı karşıya kalınmıştır (Nattrass ve Altomare, 1999). Çevresel farkındalığın bir sonraki dönemi, trajik çevresel olayların meydana geldiği 1980'lerdir. Bu çizgiyi takip ederek, bu dönemde küresel olarak iklim değişikliği nedeniyle çevre ve insan refahının yanı sıra şirketlerin mali kayıtlarına da zarar veren çevresel bozulma artmıştır. Böylece kuruluşlar, bu tür senaryoları proaktif olarak öngörmek ve en iyi şekilde yönetmek için sürdürülebilirliğe yönelik yönetim uygulamalarını ve politikalarını uygulamaya yönelik çabalarını bir araya getirmiştir (Machado ve Davim, 2022).

Brundtland Komisyonu'nun 1987 yılında Ortak Geleceğimiz adlı yayınına göre sürdürülebilir kalkınma, “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma” olarak tanımlanmaktadır (Birleşmiş Milletler, 1987). Sürdürülebilir kalkınma, felsefi, çok disiplinli ve uzun vadeli ufukları nedeniyle, geliştirilecek, test edilecek ve geniş çapta uygulanacak yeni bir dizi vizyon, paradigma, politika, metodolojik araç ve uygulanabilir prosedür gerektirmektedir (Bonilla ve ark., 2010). Sürdürülebilir kalkınma, taahhütlerin sürdürülmesi için daha uzun vadeli çözümler sunan ve karar vericilerin kararlarını kabul edilebilir bilgi ve belgelerle destekleme kapasitesini arttıran bir yaklaşımdır. Çevresel sürdürülebilirlik, çevreyle mevcut etkileşim süreçlerinin, “ideal arama davranışına” dayalı olarak çevreyi doğal olarak mümkün olduğunca bozulmamış tutma fikriyle sürdürülmesini sağlama süreci olarak da tanımlanabilir (Sirait, 2018).

Daha sürdürülebilir toplumlara geçiş hammaddelerin daha verimli ve bilinçli kullanılması, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji teknolojilerinin daha verimli ve bilinçli kullanılması, azaltılmış emisyonlar ve etkiler hem şirket içi hem de şirketler arası kapalı döngü malzeme sistemlerinin genişletilmiş uygulaması ve yenilenebilir kaynakların mümkün olduğu kadar çok sürece entegrasyonu gibi çevreyle ilgili hususlarla yakından bağlantılıdır. Bu unsurların her biri temiz üretim yaklaşımının ayrılmaz bir parçasıdır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı, üretim sürecinde sürdürülebilirliği sağlamak için 1989 yılında temiz üretim yaklaşımını başlatmıştır (Almeida ve ark., 2010). Temiz üretim, bir kuruluşun sürdürülebilirlik vizyonuna yaklaşmak için bir araç görevi görür.

2.2. Eko-verimliliğin Temelleri

Küresel nüfusun sürekli büyümesi, çevre ve doğa için çok büyük zorluklara yol açmaktadır (Foley ve ark., 2011). Artan zenginlik ve daha yüksek satın alma gücü, yüksek yaşam standartları, ihtiyaçların ve tüketim çeşitliliğinin artmasına yol açmıştır (Godfray ve ark., 2010). Artan bu ihtiyaçları karşılamak için daha yüksek verimliliğe odaklanan üretim modelleri geliştirilmektedir (Jayasinghe ve ark., 2021). Verimlilik,

girdiler ve çıktılar arasındaki oran olarak tanımlanır. İnsan, fiziksel/finansal kaynaklar ve bilgiler belirli bir üretim süreci için girdi olarak kabul edilirken ürünler, hizmetler ve atıklar çıktı olarak kabul edilir (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, 2001; Tangen, 2005). Verimlilik, belirli bir kuruluşun veya kişinin istenen çıktıyı üretmek için mevcut kaynakları etkili bir şekilde kullanma yeteneğinin bir ölçüsü olarak kabul edilir (Chakravorty, 2013). Teknik bir kavram olarak verimlilik niteliksel açıdan ziyade niceliksel açıdan ele alınır. Ayrıca, verimlilik doğru şeyi doğru şekilde yapmak, daha akıllıca çalışmak, ekonomiyi ve etkinliği artırmak ve mevcut olandan en iyi şekilde yararlanmak olarak da tanımlanır. Verimlilik kavramı kamu veya özel, kâr amacı güden veya gütmeyen, büyük veya küçük, imalat veya hizmet sektörleri olsun herhangi bir ülke ve her kuruluş için geçerlidir. Verimliliği artırmak için üretim süreçleri, girdi tüketimini nispeten azaltırken çıktıları arttırmayı amaçlar. Verimlilik iyileştirme süreci istihdamı artırmak, iş gücü-yönetim iş birliğini sürdürmek ve sonuçların adil dağılımına izin vermek ilkelerine göre yönlendirilir (Jayasinghe ve ark., 2021).

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler dünya çapında üretim sistemlerinde, iletişimde ve tüketimde devrim yaratmaktadır. Bu durum, gezegenimizin geleceğini tehlikeye atan bir dizi küresel sorunu açığa çıkartmaktadır. Kirlilik (hava, su ve toprak), ozon tabakasının incilmesi, asit yağmurları, iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin kaybı, atık birikmesi, kaynakların tükenmesi, gıda güvenliği ve doğal ekosistemlerin değişmesi, temel antropojenik faaliyetlerin sonuçlarından bazılarıdır (Foster ve ark., 2006, Ramos ve ark., 2020, Jayasinghe ve ark., 2021).

1990'lı yıllarda bu çevre sorunlarının uluslararası tanınırlığı artmış, bu durum bu konuların uluslararası toplantılarda ve konferanslarda ortaya çıkmasına ve ele alınmasına yol açmıştır. Bu uluslararası tanınmayla birlikte sürdürülebilir kalkınma kaçınılmaz olarak çağın ihtiyacı haline gelmiştir. Hızla artan dünya nüfusunun 2050 yılında 9,8 milyara ulaşacağı ve tüketimin beş kat artacağı tahmin edilmektedir. 2050 yılında nüfusun kaynak tüketimini karşılamak için kaynak tüketiminin 4 - 10 kat azaltılması gerekmektedir (Birleşmiş Milletler, 2017, Jayasinghe ve ark., 2021).

Dünyada sınırlı kaynaklar sürdürülebilir bir mekanizmaya duyulan ihtiyacı vurgulanmaktadır. Kendini sürdürülebilir kalkınmaya adanmış çok uluslu şirketlerin oluşturduğu bir kuruluş olan Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyine göre, eko-verimliliğe, insan ihtiyaçlarını karşılayan ve yaşam kalitesini artıran rekabetçi fiyatlı mal ve hizmetlerin sunulmasıyla ulaşılmaktadır. Bu, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca ekolojik etkilerin ve kaynak kullanımının, en azından dünyanın taşıma kapasitesine paralel bir düzeye kademeli olarak azaltılmasıyla elde edilebilmektedir. Eko-verimlilik kriterleri doğal kaynak ve enerji kullanımının azaltılması, tehlikeli ve toksik madde dağılımının azaltılması, atıksu, atık ve emisyon oluşumunun azaltılması ve ürünün dayanıklılığını ve kullanılabilirliğini artırılması hedeflerini içermektedir (Thorpe, 1999). Eko-verimlilik kavramı şirketler tarafından üretim verimliliğini ifade eden “Temiz üretim” kavramı ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, “Temiz üretim” ve “Eko-verimlilik” ifadeleri aynı anlamı taşımakta ve birbirlerinin yerine kullanılmaktadır.

2.3. Temiz Üretim

Temiz üretimin organizasyon ilkesi verimliliklerdir. Dünya genelinde programlar tarafından kullanılan en yaygın temiz üretim tanımı Birleşmiş Milletler Çevre Programı tarafından yapılmıştır (Ashton ve ark., 2002). Birleşmiş Milletler Çevre Programı, temiz üretimi “Eko-verimliliği artırmak ve insanlara ve çevreye yönelik riskleri azaltmak için süreçlere, ürünlere ve hizmetlere uygulanan entegre önleyici çevre stratejisinin sürekli uygulanması” şeklinde tanımlar. Temiz üretim, genel önleme, eko-verimlilik, çevre stratejileri, tüm yaşam döngüsü gibi konulardaki anahtar kavramların kullanılması olarak da tanımlanabilir (Yusup ve ark., 2014). Temiz üretim ile ilgili bir diğer prensip de çevre yönetim sistemi prensibidir. Çevre yönetim sistemi, yöneticilerin kurumsal çevre hedeflerine ulaşmaya yardımcı olan organizasyonel rutinler oluşturmak için benimsedikleri resmi kural ve kaynak yapılarıdır. Genel olarak, yönetim sistemlerinin bir alt kümesidirler (Nash ve Ehrenfeld, 2001). Temiz üretim, belirli üretim odaklı hedeflere ulaşmak için çevre yönetim sistemi içerisinde bir araç olarak kullanılabilir.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü tarafından tanımlanan çevre yönetimi, Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın enerji verimliliği, atık minimizasyonu ve temiz üretim tanımlarını Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi'nin ekoverimlilik kavramıyla birleştirir (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, 1998). Analiz edilen deneyimler, çevre yönetim sisteminin temiz üretim faaliyetleri ve yaklaşımlarıyla entegre edilmesinin faydalarını ortaya koymaktadır. Eş zamanlı ve esas olarak algılanan faydalar nedeniyle birçok kuruluş bu hizmetleri ortaklaşa sunmaya devam etmektedir. Ayrıca, çevre yönetim sistemi ve Uluslararası Standardizasyon Örgütü standartları (14000 serisi), atık minimizasyonu, şirket karlılığı ve rekabet gücü arasındaki güçlü bağlantıları da vurgulamaktadırlar (Nordic Çevre Finansman Şirketi, 2001; Dünya Çevre Merkezi, 2001, Birleşmiş Milletler Çevre Programı -TIE, 2000a). Çevre yönetim sistemi ve temiz üretimin dâhil edilmesi ile boru sonu çözümlerinin engellenmesi beklenmektedir (Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü, 2001, Ashton ve ark., 2002).

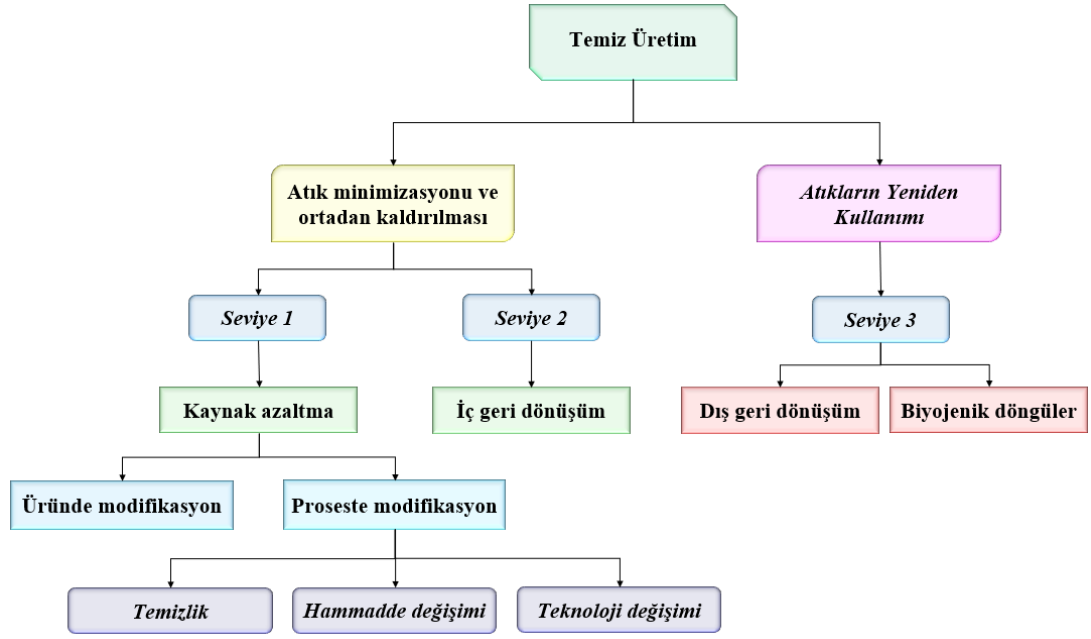
Temiz üretimin amacı, ilk etapta atık oluşumunu önlemek ve hammadde ve enerji kullanımını en aza indirmektir. Üretim süreçleri için temiz üretim, hammadde ve enerjinin korunmasını, toksik hammaddelerin ortadan kaldırılmasını ve tüm emisyonların ve atıkların süreçten ayrılmadan önce miktarının ve toksisitesinin azaltılmasını kapsamaktadır. Ürünler için strateji ise, ham madde çıkarılmasından ürünün nihai imhasına kadar ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca etkilerin azaltılmasına odaklanmaktadır (Panameño ve ark., 2019; Thorpe, 1999; Van Berkel ve ark., 1997, Mahmood, 2015).

Temiz Üretim, toplumun sürdürülebilir kalkınmasını teşvik etmek için önemli bir araçtır. Üretim süreçlerinin çevre üzerindeki etkilerini en aza indirerek işletmenin ekonomik gelişimi için yeni fırsatlar sunar (Kubota ve Rosa, 2013). Temiz üretim, dünyanın birçok ülkesinde neredeyse 30 yıldır uygulanmakta ve endüstriyel işletmelerin çevresel performansını iyileştirmeye yönelik en önemli önleme stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Guan ve ark., 2014). Girdi tüketiminde ve atık azaltımında verimlilik arayışının yanı sıra, temiz üretim ile ilişkili teknikler ve teknolojiler genel olarak yeniden kullanımı, kaynakların geri dönüşümünü ve atık

yönetimini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır (Kubota ve Rosa, 2013). Temiz uygulamalar olarak adlandırılan uygulamalar aynı zamanda teknolojilerin, süreçlerin ve ürünlerin insan faaliyetleri üzerindeki etkilerini de ifade etmektedir (Subramanian ve Gunasekaran, 2015). Temiz üretimin önceliği, süreç sonunda düzeltmek yerine, üretilen atık ve emisyonları kaynağında ortadan kaldırmak veya en aza indirmektir. Atıkların ve emisyonların kaynağında azaltılması veya ortadan kaldırılması, doğal kaynakların (hammadde, enerji ve su) daha verimli kullanılmasına ve atık üretiminin ve emisyonlarının azaltılmasına olanak tanıyan ürün ve süreçlerdeki değişikliklerle sağlanabilmektedir (Triguero ve ark., 2014, Kamande ve Lokina, 2013, Filho ve ark., 2019). Temiz üretim yaklaşımında sorunları tanımlamak için beyin fırtınası, akış şemaları sebep-sonuç diyagramları, maddi dengeler, kontrol listeleri, proses akış şemaları ve örümcek diyagramları kullanılan araçlardır. Temiz üretim yaklaşımında kullanılan teknikler ise iyi temizlik, girdi ikamesi, daha iyi süreç kontrolü, ekipman modifikasyonu, teknoloji değişikliği, ürün modifikasyonu, enerji verimliliği, yerinde kurtarma ve yeniden kullanma ve atıktan ürüne dönüşümü kapsamaktadır.

İşletmenin büyüklüğü ne olursa olsun her türlü endüstriyel faaliyette temiz üretimin uygulanması mümkündür. Aslında daha temiz teknolojiler, herhangi bir endüstrinin üretim sürecini aşamalı olarak iyileştirmeyi hedefleyebileceği üç operasyon seviyesini bir araya getirir. Bu nedenle, temiz üretim, endüstrinin spesifik kısıtlamalarına göre her durum için seçilecek bir yöntemler grubunu oluşturur (Doorasamy, 2015; Misra, 2019). Temiz üretimi uygulamak için, Şekil 2.1’de gösterildiği gibi üç düzeyde sınıflandırılacak çeşitli eylemlerin benimsenmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir üretime ulaşmak için üretilen stratejilerin uygulanmasında karşılaşılan birçok zorlukla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar ile temiz üretim girişimlerinin gerçek çevresel maliyetlerini ve faydalarını belirlemek, iyileştirmelerin nerede gerekli olduğunu belirlemede karar almayı desteklemek için etkili metodolojik araçlar gerektiren temiz üretim uygulamasının geliştirilmesinde ve ilerlemesinin izlenmesinde karşılaşılmaktadır (Almeida ve ark., 2013).



Şekil 2.1. Temiz üretim müdahale seviyeleri (Barbosa Filho, 2011)

Temiz üretim yaklaşımının benimsenmesi amacıyla, şirketler için hem verimlilik hem de finansal performans açısından olumlu sonuçlar doğuracak yeni uygulama yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Temiz üretim uygulaması hammadde kullanımında daha iyi performans ve verimlilik, ekonomik kaynakların korunması ve atıkların azaltılmasıyla sonuçlanmış, bu da operasyonların, ekonominin, rekabet gücünün ve çevresel performansın iyileşmesine yol açmıştır (Castillo-Vergara ve ark., 2013, Filho ve ark., 2019).

2.3.1. Temiz Üretim Yaklaşımının Tarihsel Gelişimi

Gelişmiş ülkelerde kirlilik probleminin ve dolayısıyla kontrol maliyetlerinin artması nedeniyle 1970'li yıllarda temiz üretim yaklaşımı ortaya çıkmıştır. 1972 yılında Stockholm'de düzenlenen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı çevre kirliliğinin küresel bir sorun olduğunu vurgulayan ilk uluslararası konferanstır. Çevre konusunda farkındalık yaratan bu konferansın ardından devletler bakanlıklar kurmuştur. Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nda Gro Harlem Brundtland (Norveç Başkanı) 1987 yılında çevrenin mevcut durumunu değerlendiren Brundtland Raporu (Ortak Geleceğimiz)'nin hazırlanmasına başkanlık

etmiş ve “sürdürülebilir kalkınma” kavramı ortaya çıkmıştır. Temiz üretim ifadesi ise 1989’da Birleşmiş Milletler Çevre Programı ile kavramsallaştırılmıştır. 1992 yılında Rio de Janeiro’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında Brundtland raporundan hareketle 21. yüz yıl eylemleri için çevresel bozulma ve sosyal eşitsizlik gibi çeşitli konuları ele alan Gündem 21 başlıklı belge hazırlanmıştır ve 178’den fazla hükümet tarafından kabul edilmiştir (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı,1992). Sürdürülebilirliğin çevresel bütünlük ile sosyal ve ekonomik eşitliği içeren üç boyutunun sürdürülebilir kalkınmanın odağı haline gelmesi gerektiği ileri sürülmüştür (Kuhlman, 2010).

1994’te Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programının birlikte hareket etmesi ile dünya genelinde uygulanması amaçlanan Ulusal Temiz Üretim Merkezi programı oluşturulmuştur. 1998 yılında Kore Cumhuriyeti’nde Birleşmiş Milletler Çevre Programının hazırladığı temiz üretim uygulamasına bağlılık beyanı olan Uluslararası Temiz Üretim Bildirgesi sunulmuştur. Gündem 21’in uygulanmasında yaşanan problemlere çözümler üretmek amacıyla 2002 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi gerçekleştirilmiştir. 2012 yılında ise uluslararası anlamda son çevre zirvesi olan Rio+20 düzenlenmiş ve küresel problemlere yönelik durum tespiti yapılarak sürdürülebilir kalkınma adına “yeşil ekonomi” vurgulanmıştır (Demiray, 2017).

Temiz üretim programlarının çoğu, temiz üretim için temel bir ulusal kapasite geliştirme hedefiyle çok uluslu (bölgesel) yaklaşımlar kullanılarak son otuz yılda başlatılmıştır. Bu süre boyunca, çok taraflı bağış kuruluşları dikkatlerini Asya’daki ülkelere ve Doğu Avrupa’nın gelişmekte olan ekonomilerine temiz üretimi tanıtmaya odaklanmışlardır. Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı, dünya çapında Ulusal Başkent Planlama Komisyonunun kurulmasını desteklemişlerdir. Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı ve Amerika Birleşik Devletleri Asya Çevre Ortaklığı da ülkeye özgü yaklaşımlara odaklanmış Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü ve Asya Kalkınma Bankası, daha geniş bölgesel bağlamlarda ulusal temiz üretim çabalarına yardımcı olmuştur (Ashton ve ark., 2002).

2.3.2. Temiz Üretimin Unsurları

Temiz üretim tekniği ihtiyatlı yaklaşım, önleyici yaklaşım, demokratik yaklaşım ve entegre ve bütünsel yaklaşım olarak dört temel unsurdan oluşmaktadır (Jayasinghe ve ark., 2021).

İhtiyatlı yaklaşım: Kirlenler, maddelerin veya faaliyetlerin zarar vermediğini doğrulamalıdır. 1998 tarihli Wingspread İhtiyat İlkesi Bildirisi “Bir faaliyet çevreye veya insan sağlığına zarar verme tehdidini gündeme getirdiğinde, bazı neden-sonuç ilişkileri bilimsel olarak tam olarak kurulmamış olsa bile ihtiyati tedbirler alınmalıdır” ilkesini öne sürmektedir. Bu prensibe göre, bir faaliyetin zararlı olacağını kanıtlama yükü, faaliyetin mağdurları veya potansiyel mağdurlarından ziyade, devam etmenin daha güvenli bir yolu olmadığını kanıtlama yükümlülüğü, faaliyeti destekleyenlerin sorumluluğundadır (Thorpe, 1999).

Önleyici yaklaşım: Kirliliğin oluşmadan kaynağında önlenmesi yaklaşımıdır. Çevresel hasarı önlemek, onu yönetmeye veya “iyileştirmeye” çalışmaktan daha ucuz ve etkilidir. Önleme, ham maddenin çıkarılmasından nihai imhaya kadar tüm ürün yaşam döngüsünün incelenmesini gerektirir. Daha güvenli alternatiflerin araştırılmasını ve daha temiz ürün ve teknolojilerin geliştirilmesini teşvik eder (Thorpe, 1999).

Demokratik kontrol: Bilgi işçiler, tüketiciler ve toplumlarla paylaşılmalı ve karar alma süreci onlar tarafından yürütülmelidir. Temiz üretim, işçiler, tüketiciler ve toplumlar da dâhil olmak üzere endüstriyel faaliyetlerden etkilenen herkesi kapsar. Bilgiye erişim ve karar alma süreçlerine katılım, güç ve kaynaklarla birleştiğinde demokratik kontrolün sağlanmasına yardımcı olur. Temiz üretim ancak çalışanların ve tüketicilerin ürün zincirine tam katılımıyla gerçekleştirilebilir.

Entegre ve bütünsel yaklaşım: Tüm malzeme, enerji ve su akışlarını incelemek için bir yaşam döngüsü analizi yapılmalıdır. Toplum, çevresel kaynak kullanımı ve tüketimi konusunda bütünsel bir yaklaşım benimsemelidir. Satın alınan her ürün için, malzemeler, enerji ve bu ürünün yapımında yer alan kişiler hakkındaki bilgilere

erişilmelidir. Bu bilgiye erişim, sürdürülebilir üretim ve tüketim için ittifakların kurulmasına yardımcı olur. Eski sorunları ele alırken yeni sorunlar yaratmamak veya riskli bir sektörden diğerine kaydırmamak için de bütünsel bir yaklaşım benimsenmelidir (Misra, 2019).

Temiz üretim, çevresel farkındalık, tüketim talepleri ve sınırlamaları, ekonominin yapısı, işleme yöntemleri, ekonomik analiz ve proses mühendisliği gibi farklı teknik faktörleri dikkate almaktadır (Mahmood, 2015). Temiz üretimin titiz bir strateji aracılığıyla uygulanması, çevresel ve yeterlilik performans düzeyi üzerinde doğrudan bir etki sağlamakta ve ekonomik performansın iyileşmesine katkıda bulunmaktadır.

Yetkinlik performansını en çok etkileyen faktörler, yasaların sıkı bir şekilde uygulanması ve çevre konusunda küresel farkındalığın artmasıdır. Bu durum imalat firmalarını operasyon faaliyetlerinden kaynaklanan sorunları çözmek için proaktif eylemlerde bulunmaya teşvik etmektedir.

Öncelikle başarılı bir inovasyon süreci yoluyla temiz üretime yönelik doğru çeviri süreci, özellikle çevre dostu ürünlerin geliştirilmesi yoluyla bu performans seviyesini artıracaktır. Bu durum, imalatçı firmayı, ürün geliştirme ve üretim aşamasındaki kritik unsurları karşılamak için en iyi tesisleri ve üretim sistemini sağlamaya daha da motive etmektedir (Despeisse ve ark., 2013). Çalışanların bu sürece entegrasyonu, inovasyon süreçlerinin tam olarak gerçekleşmesini sağlama konusunda bilgi ve becerilerini arttırmalarını sağlamaktadır. Bu, sürdürülebilir üretim uygulamalarına ulaşmada daha iyi bir ürün tasarımı, daha iyi süreç optimizasyonu, daha iyi izleme, daha iyi eğitim ve yönetim sağlamaktadır (Klemeš ve ark., 2012; Van Mahmood ve ark., 2013).

Çevresel performansın artması, esas olarak çevre sorunlarının yönetilmesindeki doğru uygulamalardan etkilenmiştir. Ürün geliştirme ve üretimin her aşamasında çevresel gerekliliklerin ve yasaların entegrasyonu, yeni bir sürdürülebilir üretim paradigmasına yol açmaktadır (Kaebernick ve ark., 2003). Ürünlerin malzeme bileşiminde geri dönüştürülmüş malzemelerin verimli kullanılması ve uygun üretim sisteminin seçilmesi, doğal kaynak ve enerji tüketimini azaltacaktır. Bu, üretim faaliyetlerinden

kaynaklanan atık ve kirliliğin en aza indirilmesini sağlayacaktır (Dodić ve ark., 2010). Daha yüksek düzeyde enerji ve kaynak yönetimine ulaşmak, üretim süreci standardının uygun bir şekilde oluşturulmasından itibaren çevre performansını sürekli olarak geliştirecektir (Ngai ve ark., 2013). Hem çevre hem de yetkinlik unsurlarındaki yüksek performans, ekonomik performans düzeyini doğrudan etkileyecektir.

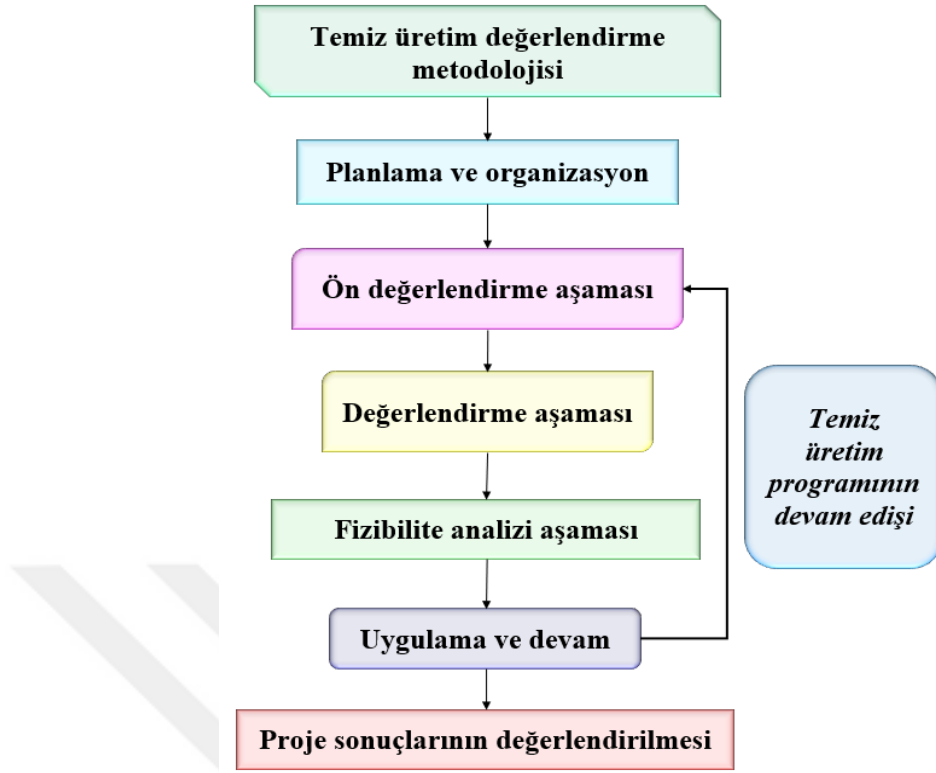
Üretimde malzeme kullanımının azaltılması ve verimli teknoloji ve ekipman seçiminde dikkatli planlama yapılması toplam yatırım maliyetini azaltacaktır. Hammadde, enerji maliyetleri ve atık bertaraf maliyetlerindeki azalma, imalatçı firmaya faydalı bir ekonomik etki sağlayacaktır (Giannetti ve ark., 2008). Sürdürülebilirlik maliyeti ile uygun temiz üretim uygulamasının teknolojisi arasındaki denge, ekonomik büyümeye fayda sağlayacaktır (Vinodh ve ark., 2010).

Finansal performansı iyi olan imalat firmaları, ek bütçe sağlama, ekipman ve teknolojiye ek yatırımlar yapma ve çevre mevzuatı gerekliliklerini karşılama konusunda yeni bir yaklaşımla çalışanlarının becerilerini geliştirmek için daha fazla eğitim sağlama becerisine sahip olacaktır. Uygun düzeyde ekonomiklik, imalatçı firmanın çevresel ve yeterlilik performansının iyileştirilmesinde ana girdi olacaktır.

2.3.3. Temiz Üretim Değerlendirme Yaklaşımı

Temiz üretim değerlendirmesi temiz üretim projesi başlatan şirketler için temiz üretim seçeneklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik sistematik bir prosedürdür. Metodoloji, kaynakların verimsiz kullanıldığı alanları ve üretim sırasında oluşan atıkların yönetiminin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu bilgiler daha sonra şirketler tarafından temiz üretim seçeneklerini geliştirmek için kullanılır.

Temiz üretim değerlendirmesinin temel adımları Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü tarafından geliştirilmiştir ve temiz üretim değerlendirme metodolojisine genel bakış Şekil 2.2’de verilmiştir (Sirait, 2018; Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2019; Fore ve Mbohwa, 2010, Nilson ve ark., 2007; Reddick ve ark., 2008)



Şekil 2.2. Temiz üretim değerlendirme metodolojisine genel bakış (Nilson ve ark., 2007)

Planlama ve organizasyon: Temiz üretim değerlendirmesinin ilk adımı, bir temiz üretim programının planlanması ve organizasyonundan oluşmaktadır. Kuruluşlar temiz üretim sürecinin farkında olmalı ve paydaşlar kendi kuruluşlarında temiz üretim sürecini yürütmeye odaklanmalıdır. Temiz üretim programını yürütmek için küçük bir temiz üretim ekibi oluşturulur ve bu ekip, bir temiz üretim danışmanı, farklı düzeylerdeki çalışanlar, yönetim personeli ve şirket sahiplerinden oluşur. Çevre politikaları, amaçları ve hedefleri gözden geçirilir ve geliştirilir. Bütçeler hesaplanarak toplam temiz üretim programı tasarlanır (Nilson ve ark., 2007).

Ön değerlendirme ve ayrıntılı değerlendirme: Bu aşamada, tüm süreçler tanımlanmalı ve değerlendirilmelidir. Üretim süreciyle ilişkili malzeme girdileri ve çıktıları, maliyetler, emisyonlar, atık üretimi ve çevre ve sağlık etkileri gözden geçirilmelidir. Belirlenen sorunlara göre temiz üretim seçenekleri oluşturulmalıdır. Sorunları tanımlamak ve çözüm üretmek için farklı araç ve teknikler kullanılabilir. Değerlendirme aşaması iki aşamadan oluşur: ön değerlendirme ve ayrıntılı

değerlendirme. Ön değerlendirme aşaması, her bir sahadaki süreçlerin anlaşılmasını artırmak için kullanılır (Berkel ve Willems, 1997). Atıkları karşılaştırmak için ana girdiler ve çıktılar belirlenir ve ölçülür. Ayrıntılı değerlendirme aşaması, üretim sürecinin atık akışlarının belirlenmesini kolaylaştırır. Atıklar, çok kriterli atık karşılaştırması geliştirilerek analiz edilir. Temiz üretim fikirleri, analiz edilen atık akışlarının miktarını ve toksisitesini doğrudan veya dolaylı olarak azaltmak için üretilir.

Fizibilite analizi: Her bir temiz üretim seçeneği çevresel, teknolojik ve ekonomik uygulanabilirliği açısından değerlendirilir. Nihai temiz üretim seçenekleri bu değerlendirmeye göre seçilir. Seçilen bu temiz üretim seçenekleri daha sonra bir fizibilite analizine tabi tutulur.

Uygulama: Bu aşamada bir uygulama planı hazırlanır. Seçilen temiz üretim planı uygulanır ve izlenir. Sektörde optimum koşulları yakalamak için bir değerlendirme programı tasarlanır ve temiz üretim seçeneklerine göre organizasyon kültürü değiştirilir (Nilson ve ark., 2007).

Devam etme: Geri bildirim toplamak ve karar verme sürecini iyileştirmek için düzenli denetimler yapılır. İlerleme ve kazanımlar tüm paydaşlara iletilmelidir.

Temiz üretim yaklaşımında sorunları tanımlamak için beyin fırtınası, akış şemaları sebep-sonuç diyagramları, maddi dengeler, kontrol listeleri, proses akış şemaları ve örümcek diyagramları kullanılan araçlardır. Temiz üretim yaklaşımında kullanılan teknikler ise iyi temizlik, girdi ikamesi, daha iyi süreç kontrolü, ekipman modifikasyonu, teknoloji değişikliği, ürün modifikasyonu, enerji verimliliği, yerinde kurtarma ve yeniden kullanma ve atıktan ürüne dönüşümü kapsamaktadır.

2.3.4. Temiz Üretim Uygulamasının Faydaları

Farklı kirlilik türlerinin ve zararlı etkilerinin genellikle hammadde, enerji, ara ürün veya son ürün kayıplarına yol açtığını bilinmektedir. Temiz üretim, kirliliğin ve zararlı

etkilerin azaltılmasını sürecin başında ele almakta, kazara kirlenme ve kirliliğin fiziksel ortamlar arasında aktarılması risklerini azaltmakta ve insanlar için uzun vadeli toksik etkilere sahip olabilecek ve insan sağlığına zarar verebilecek yeni kirlilik türlerini hesaba katmaktadır (Ashton ve ark., 2002; Espinosa ve ark., 2021). Temiz üretim ile deşarjı sınırlamak, istenmeyen yan ürünlerin oluşumunu önlemek, üretim döngüsü sırasında kaybedilen malzemeleri değerlendirmek, proses sıvılarını (proses suyu ve benzeri) sistematik olarak geri dönüştürmekten bahsedilebilir. Bununla birlikte, daha temiz teknolojiler, bir üretim birimini modernleştirirken aynı zamanda endüstriyel insan gücü vasıf düzeylerinde kademeli bir artışa da olanak tanımaktadır. Zor, sağlıksız veya tehlikeli görevler büyük ölçüde azalır. Hammadde ve enerji tüketimindeki azalma, paradan tasarruf etmeyi ve doğal kaynakları rasyonel bir şekilde kullanmayı mümkün kıldığından, daha az kirleten ve kaynaklardan en fazla tasarruf sağlayan teknolojiler özellikle tercih edilir. Hassas hammaddeler söz konusu olduğunda tüketimdeki bu azalma, tedarikler açısından daha az bağımlılık ve kırılganlığın olduğunu göstermektedir (Misra, 2019; Panameño ve ark., 2019; Thorpe, 1999, Overcash, 1986).

Temiz teknolojilerin sahip olduğu birçok avantaj arasında en önemlileri ürün ve hizmetlerin enerji verimliliğinin artırılması, ürün ve hizmetlerin enerji veya karbon ayak izini tahmin etmek, şirketleri enerji açısından daha verimli ürünler geliştirmeye ve pazarlamaya motive etmek, daha yüksek gelir ve kar elde etmek ve evrensel etkilerin azaltılması sayılabilir.

Temiz üretim programları bir kuruluşdaki tüm temel işlevleri ve işletim birimlerini içermelidir. Temiz üretim danışmanı/lideri kuruluşun çevre birimi, sağlık ve güvenlik birimi, mühendislik, sürdürülebilirlik veya operasyon birimlerinde yer almalıdır. Etkili temiz üretim ekip yapıları genellikle işlevler arası ve çok düzeylidir (Reddick ve ark., 2008). Çoğu temiz üretim yatırımı küçüktür ve bireysel olarak ele alındığında, kurumsal liderlerin sahip olduğu birçok büyük yatırım fırsatıyla karşılaştırıldığında fark edilmesi zor olabilir. Temiz üretim stratejileri, birden fazla tesisteki tasarruf fırsatları potansiyelini değerlendirir ve hesaba katar. Temiz üretim programlarının toplam geri ödeme süresi dikkate alınır ve üst yönetime iletilir (Doorasamy, 2015).

Değerlendirme kriterleri genel temiz üretim hedeflerine dayalı olarak geliştirilmelidir. Hedefleri belirlemek için temiz üretim yaklaşımı üretim düzeyinde dikkate alınmalı ve bu hedefler aşağıdaki farklı sonuçları sağlamalıdır (Dodić ve ark., 2010; Yusup ve ark., 2014):

- Kaynak tüketimini en aza indirmek
- Kaynak kullanımında verimliliğin artırılması
- Oluşan atık ve emisyonların en aza indirilmesi
- Uygun teknolojilerin kullanılması
- Tehlikeli madde tüketiminin en aza indirilmesi
- Çevre odaklı yönetim programlarının uygulanması
- Süreç verimliliğinin artırılması
- Tehlikeli yan ürünlerin oluşumunun en aza indirilmesi
- Girdi ikamesi ve süreç değişikliğinin araştırılması
- Kaza veya arıza riskinin en aza indirilmesi
- Enerjiyi ve enerji kaynaklarını verimli ve bilinçli kullanmak
- Malzemeler için kapalı döngü sistemlerinin uygulanması
- Yenilenebilir kaynakların süreçlere entegre edilmesi
- Düzenleme politikasının uygulanması
- Metodolojik değerlendirme araçlarının benimsenmesi
- Araştırma çalışmalarıyla bütünleşerek çevreye yönelik teknolojik çözümlerin benimsenmesi

Temiz üretim seçeneklerine örnekler şunları içerir:

- Malzeme ve enerji akışlarına dayalı tüketimin belgelenmesi ve analiz edilmesi (Doorasamy, 2015)
- Göstergeleri kullanarak kötü planlama ve eğitim hatalarından kaynaklanan kayıpların belirlenmesi ve ardından bunların kontrol edilmesi
- Atıkların veya yan ürünlerin yeniden kullanılması

- Hammaddelerin ve enerjinin ikame edilmesi (örneğin yenilenebilir malzeme ve enerji kullanılması)
- Kontrolün ve otomasyonun iyileştirilmesi
- Yardımcı malzemelerin ve proses sıvılarının ömrünün artırılması (örneğin içeri sürüklenme ve dışarı sürüklenme kirliliğinin önlenmesi)
- Yeni, düşük atıklı süreç ve teknolojilerin uygulanması

Temiz üretim girişimleri öncelikle çevresel atık ve riskleri en aza indirerek çevresel boyutu iyileştirmeye odaklanmaktadır. Temiz üretim eylemlerinin uygulanmasıyla çevresel performansın iyileştirilmesi, maliyetlerin azalmasına ve üretkenliğin artmasına neden olurken ekonomik performansı da artırabilmektedir (Lozano, 2012; Sirait, 2018). Bu nedenle, temiz üretim, sadece çevresel boyutu değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal boyutlarını da iyileştirmek için kullanılır (Hoof ve Thiell, 2014).

2.3.5. Temiz Üretim Politikası

Temiz üretim yaklaşımının temelini ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Kirlilik Önleme Yasası'nda bulunan atık hiyerarşisi kavramı oluşturmaktadır. Avrupada ise Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi'nin (96/61/ Çevre Merkezi) yürürlüğe girmesi ile temiz üretim uygulamaları başlamıştır. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi, 2010 yılında yedi ayrı direktifi kapsayan IED, (2010/75/EU) şeklinde düzenlenmiştir (Şimşek, 2019).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı, hükümetlerin düzenleyici araçlar, piyasaya dayalı araçlar, bilgiye dayalı araçlar olmak üzere üç tür politika aracını kullanabileceğini öne sürmektedir (Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2000). Bu üç birleştirilmiş araç türü, hükümet ve endüstri arasındaki farklı etkileşim türlerini teşvik etmek için kullanılmaktadır (Ashton ve ark., 2002):

- Belirtilen uyumluluk: Hükümet kesin ve spesifik zorunlu talepler veya standartlar koyar.

- Anlaşmalı uyumluluk: Düzenleyiciler ve düzenlenenler standartları belirlemek için etkileşimde bulunur.
- Ortak düzenleme: Zorunlu olmayan standartların belirlenmesinde etkileşim kurulur.
- Öz-düzenleme: Endüstri, yasal olarak uygulanamaz standartlar belirler.

Temiz üretim uygulaması, teknolojik değişikliklerin ötesinde politika çerçevelerine, toplumsal tutumlara, eğitim sistemlerine ve iş perspektiflerine giden bir dizi eylemi temsil etmektedir (Ashton ve ark., 2002). Ulusal Temiz Üretim Merkezleri ve temiz üretimin desteklenmesine yönelik diğer merkezi kuruluşlar, temiz üretimin tüm dünyada uygulanmasında önemli bir role sahiptir. Bu merkezler, küçük ve orta ölçekli işletmelerde stratejilerin uygulanması için en etkili başlangıç noktasını sağlamaktadır. Şirketlerin temiz üretim hakkında bilgi edinmek için başvurdukları doğal ilk durak görevi görmektedirler. Ulusal Temiz Üretim Merkezleri hem kamu hem de ticari hizmetler sunmaktadır (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, 1999). Temiz üretim farkındalığından politika danışmanlığına, danışmanlık hizmetlerine ve yeni nesil temiz üretim danışmanlarının yetiştirilmesine kadar farklı alanlarda önemli bir rol oynamışlardır. Ancak birden fazla rolü oynamak Ulusal Temiz Üretim Merkezleri için de zorlayıcı olmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı, temiz üretimin ulusal ve yerel tanıtımı için farklı türdeki organizasyonları desteklemektedir. Çevre için Endüstriyel Uzantılar, Amerika Birleşik Devletleri Asya Çevre Ortaklığı aracılığıyla geliştirilen ve teknoloji geliştirme, eko-verimlilik ve temiz üretim konularında sanayiye yardım sağlayan hizmet dağıtım kuruluşlarıdır. Çevre için Endüstriyel Uzantılar devlet kurumlarında, iş/sanayi birliklerinde, danışma gruplarında, akademik ve eğitim kurumlarında, sivil toplum kuruluşlarında ve araştırma ve geliştirme gruplarında bulunabilmektedir (Amerika Birleşik Devletleri Asya Çevre Ortaklığı, 2001). Benzer şekilde, Dünya Çevre Merkezi ve Kirlilik Önleme Merkezleri, endüstri bağlantıları aracılığıyla sosyal yardım, eğitim, teknik yardım ve politika reformunu teşvik etmektedir (Dünya Çevre Merkezi, 2001). Kirlilik Önleme Merkezleri, atıkların

en aza indirilmesine ve Çevre Yönetim Sistemi'nin uygulanmasına yönelik yerinde yardım, eğitim ve temiz üretim danışmanlık hizmetleri sağlamaktadır.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, temiz üretim merkezleri tarafından sağlanabilecek iki tür hizmet arasında ayrım yapmaktadır: bilginin yayılması, politika oluşturma ve farkındalık yaratmaya odaklanan kamu hizmetleri ve müşterilerden ödeme alınabilecek danışmanlık hizmetlerine odaklanan ticari hizmetler (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, 1999). Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütüne göre temiz üretim merkezlerinin, işlevlerinin ticari mi, kamusal mı yoksa ikisinin birleşimi mi olacağı konusunda net fikirlere sahip olması gerekmektedir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, bağımsız, hükümet dışı temiz üretim merkezlerinin temiz üretim programlarının uygulanmasında en etkili merkezlerdir. Bu merkezlerin genel yönetimi, kurumsal kapasitesi ve mali kaynakları dış işbirliği yoluyla desteklenebilmektedir. Merkezler, temiz üretim uygulamasının genel hedeflerini daha iyi karşılamak için performanslarını düzenli olarak izlemeli, politika ve programları gözden geçirmelidir (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, 1999). Temiz üretim merkezleri endüstri teknik yardım programlarıyla eş zamanlı olarak kurulmalıdır. Organizasyonel gelişime özel önem verilmelidir. Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta, ticari hizmet sağlayan merkezlerin aslında özel sektör temiz üretim danışmanlarıyla rekabet edebilecek olmasıdır. Bu doğal rekabet potansiyeli nedeniyle, sağlanan hizmet türleri, pazarın arz tarafının geliştirilmesinde bir denge sağlayacak şekilde dikkatli bir şekilde yapılandırılmalıdır (McVay ve Miehlbradt, 2000).

Borunun sonu yaklaşımından temiz üretim yaklaşımına geçişin yalnızca endüstri düzeyinde eğitim ve kapasite geliştirmeyi değil, aynı zamanda ulusal ve yerel düzeylerde olumlu bir politika çerçevesini de gerektirdiği yaygın olarak kabul görmektedir. Bu değişim, en yüksek siyasi karar alma düzeylerine erişim kazanılarak başarılabilir (Clarence-Smith, 2001). Temiz üretim programları, temiz üretime yönelik ulusal ve yerel kapasiteyi artırmanın bir yolu olarak hükümet yetkililerine politika oluşturma konusunda danışmanlık yapmakla ilgili faaliyetlerde bulunabilir.

Kolombiya, Şili ve Çek Cumhuriyeti dahil olmak üzere birçok ülke temiz üretime yönelik ulusal bir politika benimsemiştir. Kolombiya 1995 yılında bir “Ulusal Temiz Üretim Politikası” benimsemiştir. O tarihten bu yana, çevre otoriteleri ile özel sektör arasında temiz üretime yönelik anlaşmalar yürütülmektedir. Anlaşmalar sayısal hedefleri, son tarihleri, firma taahhütlerini ve sonuçların izlenmesi ve doğrulanmasına yönelik mekanizmaları içermektedir (Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2000). Temiz üretim yaklaşımının kalitesini ve verimliliğini korumak için temiz üretim politikaları geliştirilebilir (Queiroz ve ark., 2015). Ayrıca, bu politikalar temiz üretim tekniğinin standardizasyonunu kolaylaştırmaktadır. Temiz üretim politikası geliştirmenin temel koşulları şu şekilde sıralanabilir:

- Paydaşların siyasi çıkarı
- En üst düzeyde destek
- Politika sürekliliği ve istikrarı
- Çevresel farkındalık ve kamuoyu baskısı
- Sürecin geniş yerel sahiplenilmesi
- Temiz üretimin çevre dışı politikalara entegrasyonu ve ana akımlaştırılması
- Üretim maliyetlerinin azaltılmasını teşvik eden piyasa koşulları
- Temiz üretimin kurumsallaştırılması

Temiz üretime dâhil olan farklı paydaşlar ulusal hükümetler, işletmeler ve enerji santralleri, yasama organları, çevresel hizmet sağlayıcılar ve temiz üretim danışmanları, sektöre özel dernekler, finans sektörü, üniversiteler ve eğitim sektörü, sivil toplum kuruluşları, temiz üretim merkezleri/temiz üretim kurumları, uluslararası kuruluşlar, belediye hükümetler, ticaret işçileri ve emekçilerdir.

2.3.6. Temiz Üretimin Uygulanmasında Engeller

Bir organizasyonda temiz üretimin uygulanmasıyla ilgili çok sayıda karmaşık engel vardır (Gavrilescu, 2004; Sirait, 2018) ve bunlar aşağıdaki gibi kategorize edilebilir (Jayasinghe ve ark., 2021):

- Araştırma ve uygulama için zaman/personel kaynakları, mali kaynaklar, gerekli teknik beceri ve bilgi, “risk değerlendirmeleri” ve yatırım değerlendirme yeterlilikleri gibi kaynak ve yeteneklerin eksikliği,
- Sorunların anlaşılması, süreç kontrolleri, ürün tasarımları ve diğer potansiyel iyileştirmeler, açık düzenleyici etkenler, açık ekonomik teşvikler, iyileştirmelerin gerçek faydaları, yeterlilik/beceri ihtiyaçları, mevcut araç ve teknikler, destek ve bunların anlaşılması dahil olmak üzere farkındalık ve motivasyon eksikliği değer,
- Stratejik ve bütünsel düşünme, liderlik ve yönetim taahhüdü, amaç ve hedefler, maliyet muhasebesi sistemleri, yatırım ve riske karşı iyi tutumlar, esnek şirket kültürü ve değişime açıklık gibi yönetim kültürü ve yapılarının eksikliği,
- Çalışan katılımının olmaması,
- Yetersiz iç ve dış iletişim.

Danielka (2004), kayıp ve zarar olasılığı ile açıklanan riskin kabul edilebilirliğinin temiz üretim uygulamasındaki en önemli kısıt olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, yüksek kabul edilebilirliğe sahip riskleri “risk oluşumu kesinlik taşııyorsa, mekan ya da zaman açısından uzaksa, uzun bir zaman diliminde yavaş gelişıyorsa, işletmeye bir kazanç sağlıyorsa, olumsuz bir durumla sonuçlanma olasılığı düşük ise ve işletme risk oluşturabilecek uygulamayı gönüllü yapıyorsa olması beklenen risk göz ardı edilebilmektedir” şeklinde açıklamıştır. Doğal kaynakların yok edilmesi ve oluşan çevre kirliliğinin etkileri uzun vadede yavaşça, mekândan uzakta ve anlık bir trajedi yaşanmadan ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle temiz üretim uygulamalarının ortadan kaldırdığı riskler yüksek kabul edilebilirliğe sahip risklerdir (Boran, 2008).

2.3.7. Temiz Üretim Uygulamalarına Örnek Çalışmalar

Nosrat yürüttüğü çalışmada cam üretiminde geri dönüştürülmüş cam kullanımının ve büyük ölçekli güneş fotovoltaik üretiminin ham madde tüketimini azaltabileceğini bildirmiştir. Bu, hammadde proseslerinin reaksiyonu sonucu oluşan karbondioksit (CO₂) salınımını azaltığı belirlenmiştir. Geri dönüşüm camının daha düşük sıcaklıkta

işlenebilirliği fırının ömrünü %30 oranında uzatırken, eritme aşamasında enerjinin azalması, nitrojen monoksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarının oluşumuna ve bunlara bağlı maliyet düşüşüne de yol açtığı belirtilmiştir.

Dobes (2013), temiz üretim stratejilerinin iyi uygulanmasının, enerji tüketimi ve genel maliyet tasarrufu üzerinde önemli bir etki yaratabileceğini belirtmiştir. Baskılı devre üreticisi firmada, sprinkler tankında soğuk su birikmesi, buharlı nemlendiricilerin değiştirilmesi, fotovoltaiik güç panosunda iyileştirme, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme ünitesinin hız kontrolü, atölyede floresan tüplerin değiştirilmesi gibi temiz üretim uygulamaları ve üretim ekipmanlarının çalışma saatleri dışında kapatılması enerjinin azalmasına yol açmıştır. Sonuç olarak, toplam enerjiyi %10 oranında azaltmayı ve toplam enerji faturalarında da %14 oranında tasarruf sağlamayı başarmışlardır. Bu arada, refrakter ürün üreticisi ve tedarikçisinde, kompresörlerdeki basınç regülatörlerinin değiştirilmesi, rezervuardaki basıncın 8,5 bar'dan 7 bar'a düşürülmesi, arızalı emniyet valflerinin değiştirilmesi, giysi veya araba için basınçlı hava kullanımının azaltılması gibi temiz üretim uygulamaları, tespit edilen her sızıntının temizlenmesi ve onarılması ve mikser çalışmadığında toz ayırıcının ayrı ayrı kollarının tıkanması, toplam enerji maliyetlerinde %9'luk bir azalma sağlamıştır.

Gombault ve Versteeg (1999) plastik ve kauçuk işleme imalat firmasının %26 oranında genel katı atık, %23 oranında kauçuk plastik atık ve %5 oranında tehlikeli atık sorunuyla karşı karşıya olduğunu tespit etmiştir. Temiz üretim stratejilerine dayanarak, bu konuyu ele almak için malzemenin dâhili olarak yeniden kullanılması, hammaddenin değiştirilmesi, sürecin benimsenmesi ve iyi temizlik gibi çeşitli önleyici teknikler uygulamışlardır.

Hicks ve Dietmar (2007), Çin'in Zhejiang Eyaletindeki çalışmalarında, temiz üretim uygulanmasının imalat şirketlerinin elektrokaplama, boyama, kimyasal ve farmasötik ürünlerdeki atık gazları ortalama %21,2 ve katı atıkların ortalama %25'ini azaltmalarına izin verdiğini belirtmektedir. Bunun sadece üretilen atık miktarını azaltmakla kalmadığı, aynı zamanda toplam üretim maliyetinin yaklaşık %5'i kadar tasarruf yapılmasına da katkıda bulunduğu vurgulanmıştır. Uygulanan temiz üretim

seçeneğinin yalnızca üretilen atığın azaltılmasında kolaylık sağlamakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik faydalar sağladığını ve dolayısıyla çevresel performansı iyileştirdiğini kanıtlamışlardır. Hicks ve Dietmar (2007), seramik karo üretim faaliyetlerinde bulunan üreticinin, uygulamalarında temiz üretimi teşvik ettiğinde su tüketimini %15,5 oranında azaltmayı başarmıştır. Çevre odaklı maliyet yönetimini kullanarak, üretim sürecinde kullanılan hammadde, su ve enerji gibi ürün dışı çıktıların maliyetini sistematik olarak azalmışlardır. Bu, toplam üretim maliyetinin yaklaşık %5'i kadar bir toplam tasarrufa katkı sağlamaktadır. Bunun sonucunda orta ölçekli seramik karo üreticisi firmanın su tüketimi %4,3 oranında azalmıştır. Suyun yeniden kullanım oranını %93'e çıkararak tatlı su tüketimini %22,33 oranında azaltmayı başarmışlardır. Temiz üretim programının uygulanmasıyla toplam hammadde tüketimi de %1,14 oranında azaltılmıştır.

Kist, kümes hayvanı mezbahalarında büyük çevre sorunlarına yol açan atık su yönetimiyle ilgili önemli sorunlar olduğuna dikkat çekmiştir. Hoş olmayan kokuların oluşması, ısı ve gürültü emisyonları, alıcı ortamın kirlenmesi, yerel faunanın azalması ve kaybı ve atık su arıtma maliyetinin artması gibi çevresel sorunlar, kötü atık su yönetimi uygulamalarından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Temiz üretim önlemleri aracılığıyla, kalıntıların kamyonlardan, zeminden ve ekipmandan kuru olarak uzaklaştırılması, temizlik prosedürlerinin standartlaştırılması, otomatik su yönetiminin kullanılması, toplanan kan miktarını en üst düzeye çıkarmak için kanama oluğu ve tünelin genişletilmesi ve çevre yönetimi politikasının benimsenmesi yoluyla olumsuz etki en aza indirilmiştir. Bu, su tüketiminin %13 oranında azaltılmasına ve dolaylı olarak su israfının azaltılmasını sağlamıştır.

Emrah (2014) tez çalışmasında tekstil endüstrisine farklı alanlarda katkı sunan ve her birinin üretim kapasitesi 10 ton/gün olan üç tekstil işletmesinin temiz üretim stratejilerini geliştirmiştir. Tüm işletmelerde incelemeler yapılarak mevcut durum belirlenmiştir. Proses girdilerinin ve çıktıların nitelik ve nicelikleri detaylandırılmıştır. Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Mevcut En İyi Teknikler Referans dokümanına göre işletmeler değerlendirilmiştir. Temiz üretim seçeneklerine

Mevcut En İyi Teknikler analizi yapılarak belirlenen uygun stratejinin girdi ve çıktılar üzerindeki etkisi nicel olarak sunulmuştur.

Demiray (2017), Arçelik Buzdolabı Fabrikasında eko-verimlilik faaliyetlerinin üretim sürecine ve işletme verimine etkilerini ortaya koymuştur. Çalışmada, yarı-yapılandırılmış görüşme formu analizi ile eko-girişimcilik algısı ölçülerek fabrikada temiz üretim faaliyetleri belirlenmiştir. Ekolojik ayak izi hesaplanmıştır.

Odabaşı (2001), bir tekstil endüstrisinde proses kontrolü, eğitim faaliyetleri ve atık kontrolü çalışmalarını kapsayan temiz üretim stratejisi ile birim su tüketiminde %4,24 ve birim yakıt tüketiminde %1,57 iyileşme sağlamıştır.

Gürbüz (2002), zeytinyağı üretimi yapan bir endüstride enerji üretimi ve ağır metal döngüsünü kapsayan temiz üretim seçeneği ile su kullanımında %85, enerji kullanımında %9 ve atık oluşumunda %95 iyileşme sağlanmıştır.

2.4. Süt endüstrisi

Süt işleme tesislerinde üretim süreci; hayvancılık işletmelerinden sütün alınması ile başlamaktadır. İşletmeler ekonomik kayıplarının olmaması için kaliteli süt alımında gerekli hassasiyeti göstermektedirler. Özellikle sütün içeriği ve kalitesi alınacak örnekler ve analizlerle belirlenmektedir. Yapılacak teşhis ve sütün kalitesini etkileyen diğer faktörler konusunda üreticiler eğitimle ve yaptırımla bilinçlendirilerek sütün sağımından itibaren öz kontrolü sağlanmalıdır.

Süt ve süt ürünleri üretiminde işletme için gerekli en önemli hammadde çiğ süttür. Çiğ süt işleme başlanana kadar bozulma ihtimali en yüksek hammaddedir. Bu yüzden dikkat edilmesi gereken en önemli konudur. Fakat üretimde kullanılacak hammadde ve yardımcı madde ve ambalaj malzemelerine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmalara uğramadan zamanında işletmeye gelmesi ve kullanılması sağlanmalıdır. Yükleme, nakliyat ve boşaltmaların vakit kaybetmeden gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Uzayan sevkiyat sırasında kontrol edilemeyen bir

sıcaklık söz konusu olmuş ise mallar iade edilmektedir. Ayrıca hammadde ve yardımcı madde taşınan araçlarla ve ekipmanlarla başka bir ürün taşınmamalı ve fabrikaya ulaşıncaya dek kontrol sağlanmalıdır (www.ggd.org.tr, 2019).

İşletmeye gelen süt örnek alınarak analiz yapıldıktan sonra süzme işlemi gerçekleştirilerek pastörizatöre gönderilmektedir. Bakteri yüklerinden arındırılan süt standarda uygun ve ürünün çeşidine göre gıda kodeksindeki değerlere göre krema ayırma işlemi yapılmaktadır. Kreması alınarak üniform hale getirilen süt peynir veya yoğurt yapılma sıcaklığına göre ayarlanarak otomatik sistemlerle mayalama ortamlarına gönderilir.

Beyaz peynir üretiminde uygun süt sıcaklığında mayalanan pastörize edilmiş süt pıhtı haline dönüşerek uygun duruma geldiğinde teleme olarak tabir edilen noktada kesim işlemi yapılarak peynir altı suyu içerisinde bekletilir. Bu arada belli bir süre içerisinde hazırlanan salamura suyu içerisinde tuzlanarak bekletilir. Daha sonra ambalajlanarak soğuk hava deposuna alınır. Buradan uygun şekilde satışa sunulur.

Yoğurt üretiminde yine uygun mayalama sıcaklı içerisinde pastörize edilmiş süt maya ile muamele edilerek uygun ambalajlara konularak yoğurt oluşumu için beklenir. Süt yoğurt haline geldikten sonra soğuk hava deposuna alınarak satışa sunulur. Yoğurt ve peynir soğutma sistemine sahip taşıma araçları ile lojistik işlemleri yapılır.

Süt, sıvı formda ve ağır olmasının yanında taşımaya elverişli olmaması nedeniyle tarım ürünleri arasında ticareti en zor olan ürünlerden biridir. Diğer taraftan kontaminasyon riski ile hızla bozulabilir olması hem üretici hem de süt ticaretindeki tüm paydaşlar için risk oluşturmaktadır. Süt, bu özellikleri nedeniyle toplanması, işlenmesi ve dağıtımının yapılması sırasında oldukça özenli olunması gereken bir ürün olması nedeniyle bu koşulların sağlanmasında maliyetleri arttırmaktadır. Bu nedenle, sütün hammadde olarak süt ve süt ürünleri üretiminde düzenli bir stoklama ve dayanıklı tüketim ürünü haline getirilmesi gerekmektedir. Sütün uzun vade saklamak ve çeşitli süt ürünlerine dönüştürmek için belirlenen en uygun çözüm süt tozuna dönüştürülmesidir. Süt tozu, sütün silindir veya püskürtme olmak üzere iki yöntemle

üretilmektedir. Toz haline getirilen süt hem süt endüstrisi hem de bisküvi ve çikolata üretim endüstrileri için hammadde niteliği taşımaktadır.

Diğer süt ürünleri ise sütün mayalama ve fermantasyon gibi tekniklerle pıhtılaştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu ürünler, insan sağlığında büyük öneme taşıyan birer gıda maddesi olmanın yanı sıra gerekli olan kalsiyum ve potasyum elementlerinin yeterince karşılanmasını sağlayan ürün grubunu oluşturmaktadır. Peynir ve yoğurt gibi süt ürünleri üretildiklerinde süte nazaran sindirim kolaylaşır ve besin değerleri de artar. Gelişmiş ülkelerde, süt ürünlerinin piyasayı istikrara kavuşturma açısından önemi anlaşılmıştır. Dolayısıyla, bu ülkeler tarım politikalarında süt ürünleri için çok önemli uygulamalar geliştirerek süt ürünlerini düzenli bir şekilde sübvans edip programlı bir şekilde stoklama yapabilirler.

On yıl öncesine kadar Türkiye’de lüks olduğu düşünülen süt ürünleri üretim teknolojileri günümüzde hızla gelişmekte ve süt işleme endüstrilerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizin süt ürünleri açısından sahip olduğu alt yapı, teknoloji, mevcut çiğ süt üretim kapasitesi ve coğrafik konumu düşünüldüğünde bu ürünler için ihraç olanaklarının aranmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Temiz Üretim Çalışmalarının Yürütüldüğü Süt Ürünleri İşletmesi

Bu tez kapsamında Trabzon ilinde süt ürünleri imalatı yapan bir işletmenin mevcut en iyi teknikler ile temiz üretim yaklaşımlarının değerlendirilme çalışması yapılmıştır. 1965 yılında bir proje olarak başlayan kooperatif fikri ile Tonya'daki yerli kara ırk sığırların jersey'e (sarı ve kahverengiden esmerliğe kadar değişim gösteren renkte olan sığır) dönüşmesi için çalışmalar başlattı. Bu çalışma sonucu jerseylerle süt miktarı ve sütteki yağ oranı artınca, bunu değerlendirmek amacıyla 1969 yılında kooperatif kuruldu.



Şekil.3.1. Tonya/Trabzon süt ürünleri üretimi tesisinden görüntü

Kooperatifin kurulmasının ardından 1974 yılında günlük 5 ton süt alım kapasiteli bir fabrika kuruldu ve üretime başladı. 1983'te ise fabrikaya ek binalar yapıldı ve günlük süt alımı 40 tona çıkarılarak, tereyağı ve kaşar üretimine de başlandı. Süreç içerisinde, üye sayısı 50 bini, günlük süt alımı 100 tonu aşan kooperatif, fabrikasının kapasitesini

tekrar arttırarak, beyaz peynir ve yoğurt üretimi de yapmaya başladı. Kooperatif birçok kere Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından en çok üretim yapan tarımsal kooperatif seçildi.

Tesis gıda sektörüne peynir, yoğurt ve tereyağı üretimi gerçekleştirmektedir. Sektörde oluşan süt ürünleri ihtiyacına göre üreticilerden çiğ süt temin etmekte ve üretimine sokulmaktadır.

3.1.1. İşletmede Peynir Üretimi

Beyaz peynir üretimi için laboratuvarında analizleri yapılan çiğ süt seperatörden geçerek filtre işlemine tabi tutulur. Filtrasyon sürecinden geçirilen çiğ süt seperasyon ve standardizasyon prosesine girmeden önce silo tanklarda depolanır. Şekil 3.2’de peynir üretimi için yağ oranının ayarlanmasında kullanılan seperatör görseli verilmiştir. Seperatörde yağ oranı ayarlandıktan sonra pastörizasyon işleminden geçirilerek dinlendirme tanklarına alınır. Şekil 3.3’te yağ içeriği istenilen seviyeye getirilen çiğ sütün dinlendirildiği tanklara ait görseller verilmiştir.



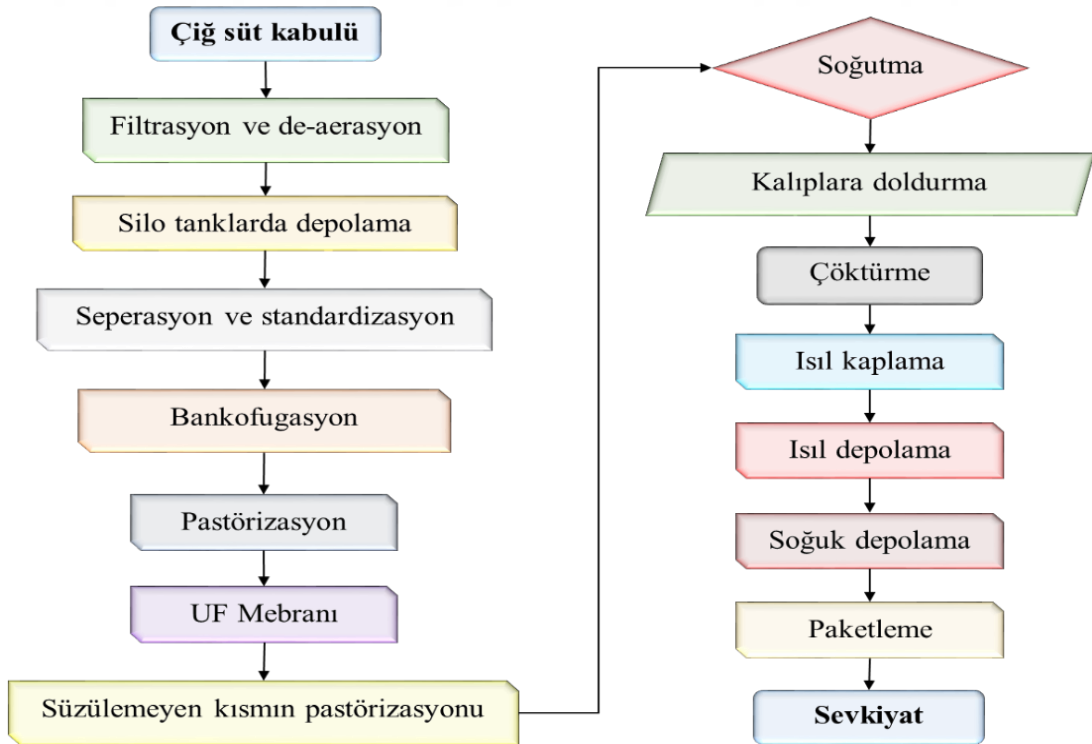
Şekil.3.2. Seperatöre ait görsel

Dinlendirme tanklarında bekletilen süt dağıtım boruları aracılığıyla üretim bölümüne aktarılır.



Şekil.3.3. Dinlendirme tanklarına ait görsel

Üretim bölümünde, çiğ süte asitlik geliştirici starter kültür, kalsiyum ve maya eklenerek pıhtı oluşumu sağlanır. Mayalanma ve peynir kıvamına gelmesi için bir süre beklenir. Peynir oluşumu sağlanınca eşit ölçülerde kesilir, üzerine pastörize edilmiş %17'lik salamura ilavesi yapılır ambalajlanır. Kalite kontrol analizinden sonra sevkiyata geçirilir. Peynir üretimi iş akış şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Peynir üretimi iş akış şeması

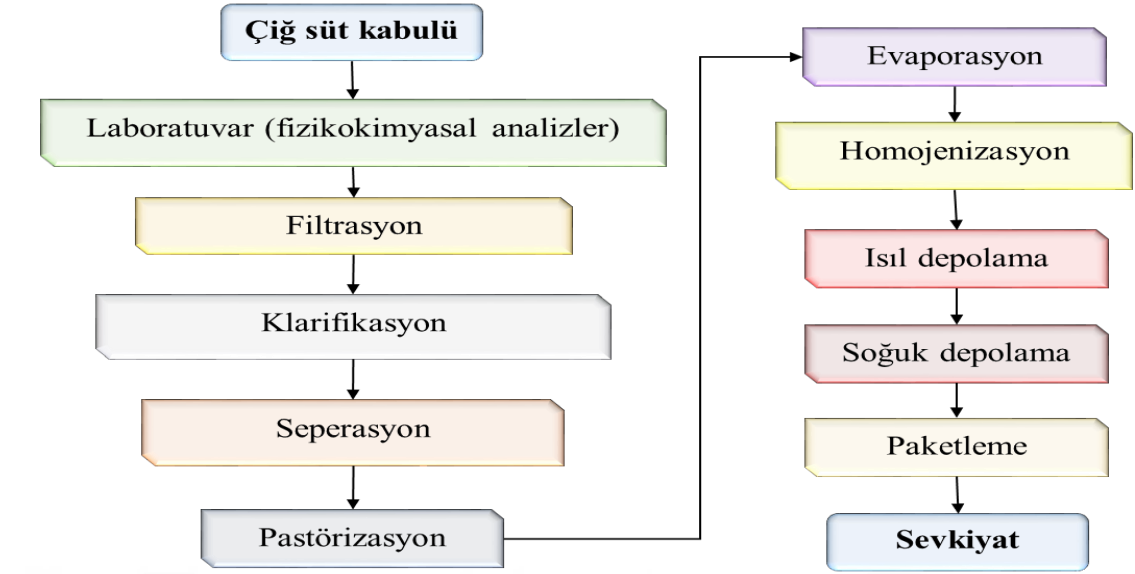
Kaşar peyniri üretiminde ise süt gerekli kontrolleri geçtikten sonra pastörize edilir. Seperatör ile yağ oranı ayarlanır ve 32-38°C'ye kadar soğutulan depolama tankına aktarılır. Depolardan ise dağıtım boruları aracılığıyla kaşar peyniri üretim tankına boşaltılır. Tanka maya eklemesi yapılarak beklenir. Oluşan pıhtılar parçalanarak pıhtı ve peynir suyu süzme tamburunda süzülür (Şekil 3.5). Ürün daha sonra preslenir, büyük parçalara ayrılır ve fermentasyona sürecine bırakılır. Fermentasyonun ardından tuzlu salamura suyu içeren haşlama makinesinde haşlanır. Kalite kontrol analizinden sonra kurutulan kaşarlar, vakumlanarak ambalajlanır ve soğuk zincirde satışa çıkar.



Şekil 3.5. Peynir üretimine ait görsel

3.1.2. İşletmede Yoğurt Üretimi

Çiğ süt laboratuvarında analizden geçtikten sonra pastörize edilir ve soğutularak evaporatöre alınır. Kıvamı istenen düzeye getirilen çiğ süt, homojenizatörden geçirilerek tekrar pastörize edilir ve mayalama sıcaklığını bulana kadar soğutma işlemi uygulanır. Kültür ilavesi yapıldıktan sonra çiğ süt karıştırılır ve ilgili kaplara aktarılarak fermentasyon sürecine bırakılır. İstenen pH seviyesi yakalanana kadar soğuk hava deposunda bekletilir, ambalajlanır ve son kontrolden geçirildikten sonra sevkiyata hazır hale getirilir. Yoğurt üretimi iş akış şeması Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Yoğurt üretimi iş akış şeması

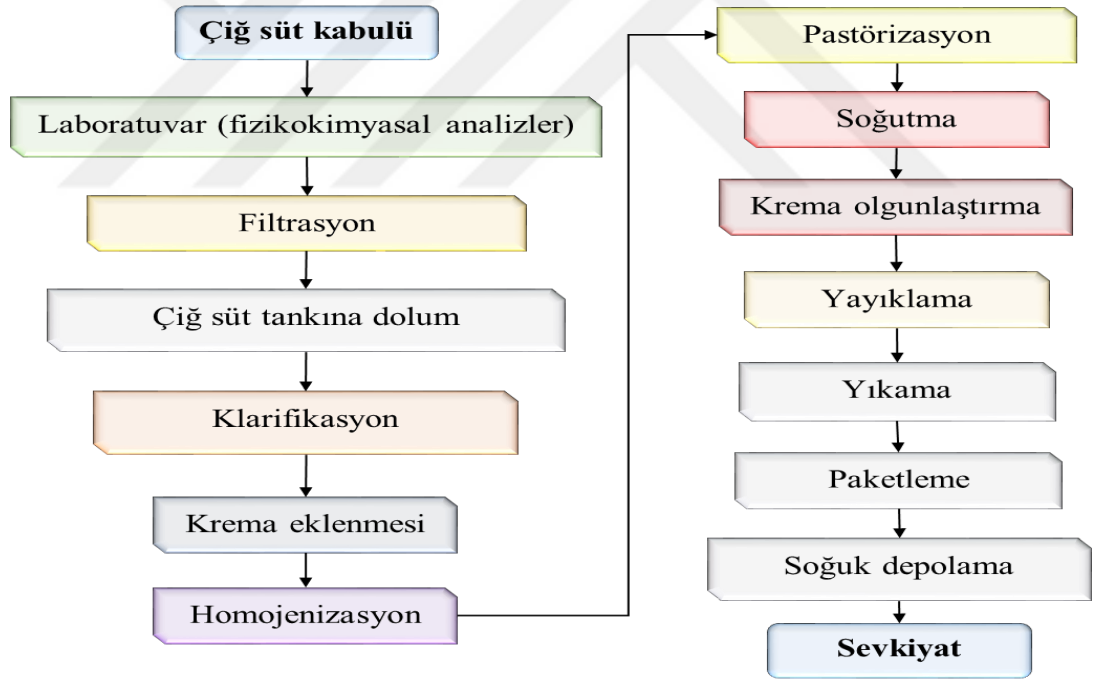
Kaymaklı yoğurt yapılması için daha önce ayrılarak saklanan yağ sürece eklenir. 43°C’de kültür ilave edilerek inkübasyona bırakılır. Soğuk hava deposunda bir süre bekletildikten sonra soğuk zincirde satışa sunulur. Homojenize yoğurt yapılması için tankta kültür ilavesi yapılarak, karışım makine yardımıyla kaplara aktarılır. İnkübe edilir, soğutulur ve soğuk zincirden satışa sunulur. Yoğurt üretimine ait görsel Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Yoğurt üretimine ait görsel

3.1.3. İşletmede Tereyağı Üretimi

Tereyağı üretimi iş akış şeması Şekil 3.8’de verilmiştir. Çiğ süt tesise kabul edilip kalite kontrol planında belirtilen aşamalardan geçirildikten sonra seperatör yardımıyla krema bidonlara çekilir. Krema bidonları soğuk hava deposuna sevk edilip en az 15 gün 4°C’de olgunlaştırılır. Yayıklanacak krema kış mevsiminde bir gün önceden yazın 4 veya 5 saat önceden çıkarılıp ön dinlendirmeye alınır. Depodan alınan krema yayığın içine aktarılır. Yayığın 4/5’i kadar bırakılan boşluğa su doldurulur ve yayıklama işlemi yapılır. Bu işlem yaz mevsiminde 15°C’de, kış mevsiminde 20°C’de 20 dakika yapılır. Süre sonunda tereyağı oluşumu sağlandıysa su boşaltma vanası açılarak suyu boşaltılır aksi durumda işleme devam edilir. Yayık altı suyu berraklaşana kadar temiz suyla yıkama işlemi yapılır. Tereyağı malakselemesi yağ oranı %82 olana kadar devam eder.



Şekil 3.8. Tereyağı üretimi iş akış şeması

Yayık açılır ve tereyağındaki yağ oranı kontrolü için numune alma talimatına göre yayıktan numune alınır. Yağ oranı minimum %82 ise yağ yayıktan alınır, düşükse malakse işlemine devam edilir. Tekrar yağ oranı kontrolü yapılır, istenilen yağ oranına gelmesi sağlanır. Eğer yağ oranı yüksek gelirse yayığa su ilave edilerek bünyedeki su

oranı artırılarak yağ oranı azaltılır. Gerekli kontroller tekrar yapılarak istenilen yağ oranına gelmesi sağlanır.



Şekil 3.9. Tereyağı üretimine ait görsel

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada Trabzon ili Tonya ilçesinde faaliyet gösteren, süt ürünleri imalatı yapan bir işletme ele alınmıştır. İşletmede üretim sürecinde ortaya çıkan önemli çevresel sorunlar nedeniyle sürdürülebilirliği artırmayı amaçlayan temiz üretim yaklaşımlarının uygulanması araştırılmıştır.

Her bir ürünün üretimi sırasında prosesin kütle girdileri ve üretim sürecinde açığa çıkan atıklar ve türleri belirlenmiştir. Tesiste en fazla doğal kaynak tüketiminin üretimin her kademesinde kullanılan ısı enerjisinin sağlanması için gereken yakıttan kaynaklandığı belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, tesiste enerji verimliliğini arttırmak ve kontrol altında tutmak için temiz üretim stratejisi geliştirilmeye odaklanılmıştır.

4.1. İşletme ve Proseslerin Değerlendirilmesi

4.1.1. İşletmenin Faaliyet Verilerinin Belirlenmesi

Tesis 4685 m²'lik bir alanda yılda ortalama 161 gün çalışarak faaliyetini gerçekleştirmektedir. İşletmenin maliyet oluşumuna sebep olan faktörleri; elektrik tüketimi, su tüketimi, kömür tüketimi, personelin ulaşımı, ürün sevkiyatı, çiğ süt tüketimi, atık ve atık su oluşumu şeklindedir.

Tesis faaliyetleri için enerji ihtiyacını şebekeden elektrik enerjisi temini ve kömür tüketimi ile devam ettirmektedir. Elektrik tüketimi işletmede yer alan makine teçhizatlarından, aydınlatma, klima, ısıtıcı ve bilgisayar kullanımından kaynaklanmaktadır. Kömür tüketimi ise buhar kazanı için kullanılmaktadır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Tesiste elektrik ve kömür tüketimine neden olan ekipmanlar

Makine/Ekipman	Adet	Makine/Ekipman	Adet
Hassas Süt Terazisi	1	Pnömatik Sistem	5
Santrifüj	10	Proses Tankı	2
Hidrofor (20 ton)	2	Soğutucu	2
Süt depolama tankı (10 ton'luk karıştırıcılı)	3	Kaşar Pişirme, Doğrama, Kesme, Haşlama Makinesi (300 kg kapasiteli)	1
Kompresör (1500 L)	1	Otomatik Yayı Merdane Tipi 400 kg/şarj kapasiteli	1
Pastörizatör (1 ton/sa)	1	Salamura tankı (5 ton)	1
Seperatör (10 ton/sa)	2	Salamura tankı (1,5 ton)	1
Kültür tankı (100 L)	1	Teneke kapatma makinesi	3
Kültür tankı (500 L)	1	Soğuk hava deposu (228 m ²)	4
Steril salamura tankı (60 L)	1	Kaşar Peyniri Vakum Makinesi	3
Milko Tester Cihazı	2	Buhar Kazanı (100m ²)	1
Saf Su Üretme Cihazı	1	Jeneratör 400 kVa	1
Yakıt Tankı 12 tonluk	1	Vakumlama Sistemi 5 ton/saat	1
Otomatik Yayı 250 kg/şarj	1	Çift Cidarlı Isıtma Kazanı	2
Süt Tankı	15	Peynir Kırma Makinesi	2
Peynir Salamura Tenekesi	4	Çift Cidarlı Peynir Haşlama Kazanı	1
Otomatik Terazi	4	Kalıplama Makinesi	1
Hava Kompresörü 8 atü	1	Süt Analiz Cihazı	1
Saf Su Cihazı (Yumuşatma)	1	Klorlama Cihazı	1
Muhtelif Peynir Kalıbı	1200	Sele Kasa	1500

4.2. Proses Girdileri ve Çıktıları

Temiz üretim çalışmaları kapsamında işletmede yerinde ve detaylı incelemeler gerçekleştirilerek kütle-enerji girdi ve çıktıları gösteren proses akım şeması oluşturulmuştur. İşletmede bulunan uzaktan kontrol ve izleme/veri toplama sisteminden yararlanılarak peynir, yoğurt ve terayağı üretimi proseslerinde veri

toplama çalışmaları yapılmıştır. Bununla birlikte, ihtiyaç halinde spesifik değerlerin hesaplanmasında kapasite raporu, emisyon raporları, atık beyan formları ve teknik/uzman personelin bilgilerinden yararlanılmıştır. Temiz üretim çalışmaları kapsamında işletmenin 2023 ve 2024 yılı verileri kullanılmıştır.

Ülkemiz sanayi hakkında bilgi üretilebilecek yegâne veri tabanı konumunda olan Sanayi veri tabanının kaynağı Kapasite Raporlarıdır. Kapasite raporu; üretim yapan tüm kamu ve özel sektör kuruluşlarının üretim gücünü gösteren ve onay tarihinden itibaren iki yıl geçerli olan bir belgedir. Kapasite raporu ülkenin sınai üretim gücünü tespit etmek, ekonomik ve stratejik plan ve programlara ışık tutmak amacıyla düzenlenir. İşletmenin beyaz peynir, kaşar peynir, yoğurt ve terayağı üretimi bölümlerinde yıllık hammadde kapasitesine karşılık gelen üretim miktarı sırasıyla 918 ton/yıl, 720 ton/yıl, 4188 ton/yıl ve 58 ton/yıl'dır. Belirtilen hammadde kapasitesine karşılık gelen üretim adedi beyaz peynir için 91.800 adet/yıl 5 kg'lık kutu ve kaşar peyniri için 540.000 adet/yıl 'dır. Tereyağı 1 kg/adet olacak şekilde paketlenmektedir. Yoğurt üretimi ise 2 kg, 2,5 kg, 5 kg ve 10 kg'lık yoğurt kaplarına yapılmaktadır. Tablo 4.2'de üretim sürecinde kullanılan kaynakların türleri ve tüketim miktarları verilmektedir.

Tablo 4.2. Yıllık kaynak tüketim miktarı

Tüketim Maddeleri	Birim	Miktar
Süt	Ton	20.763
Teneke Kutu 5 kg/adet	Adet	91.800
Teneke Kutu 17 kg/adet	Adet	27.000
Tuz	Kg	55.080
Motorin	Ton	45
Peynir Mayası	Kg	1.218
Kaşar Ambalajlama Naylonu	Kg	7.088
Etiket	Adet	540.000
Ambalajlama Kâğıdı	Kg	2.322
Plastik Yoğurt Kabı 5 kg/adet	Adet	167.520

Tablo 4.2. Yıllık kaynak tüketim miktarı (Devamı)

Tüketim Maddeleri	Birim	Miktar
Plastik Yoğurt Kabı 2 kg/adet	Adet	41.880
Plastik Yoğurt Kabı 2,5 kg/adet	Adet	33.504
Plastik Yoğurt Kabı 10 kg/adet	Adet	25.128
Yoğurt Kültürü	Kg	300
Plastik Bardak 0,2 kg/adet	Adet	5.400.000
Alüminyum Folyo	Kg	1.800
Mavi İspirto	Kg	900
Kömür	Ton	300
Hazır Krema	Kg	480.000

Temiz üretim çalışmaları kapsamında işletmede su kaynakları ve su temin yöntemleri incelenmiştir. İncelemeler sonucunda işletme geneli, prosesler bazında su tüketim miktarları belirlenmiştir.

Ayrıca proses dışı alanlarda su tüketim miktarları belirlenmiştir. İşletme geneli, prosesler ve bazında spesifik su tüketimleri hesaplanmıştır. İşletmede kaynak kullanımlarının yanında atıklar, atıksular ve emisyonlar da belirlenmiştir. İşletme geneli ve prosesler bazında atıksu kaynakları ve atıksu miktarları belirlenerek spesifik atıksu oluşumu hesaplanmıştır.

İşletmede ambalaj atığı miktarları belirlenmiş ve atıklar türlerine göre sınıflandırılmıştır. Ambalaj atıklarının belirlenmesinde atık beyan formlarından yararlanılmıştır. Belirlenen ambalaj atık miktarları yardımıyla işletme geneli için spesifik katı atık miktarları hesaplanmıştır. İşletmede prosesler bazında katı atık oluşum miktarları elde edilememiştir.

Tüm üretim süreçlerine giren maddeler ve üretim süreçlerinden çıkan atıklar ise Tablo 4.3'te listelenmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi proses girdileri ve çıktıları benzerlik göstermektedir. Tüm proseslerde çiğ sütün pastörizasyonu için gereken ısı enerjisi ise fosil yakıt kullanımı ile edilmektedir.

Tablo 4.3. İşletme prosesleri girdileri ve üretim süreçlerinden çıkan atıklar

Proses	Girdiler	Çıktılar
Peynir üretimi	• Çiğ Süt • Su • Temizleyiciler • Enerji • Başlama Kültürü • Peynir Mayası • NaCl • Soğutucular	• Temizleme aşamasında çıkan su atık su • Peynir Altı Suyu • Paketleme Malzemeleri • Pastörizasyon Kaynaklı Emisyonlar
Yoğurt üretimi	• Çiğ Süt • Su • Temizleyiciler • Enerji • Yoğurt Kültürü • Soğutucular	• Temizleme aşamasında çıkan su atık su • Paketleme Malzemeleri • Pastörizasyon Kaynaklı Emisyonlar
Tereyağı üretimi	• Çiğ Süt • Su • Temizleyiciler • Enerji • Tereyağı Kültürü • Soğutucular	• Temizleme aşamasında çıkan su atık su • Yayık Altı Suyu • Paketleme Malzemeleri • Pastörizasyon Kaynaklı Emisyonlar

İşletmenin temiz üretim potansiyelinin değerlendirilmesi kapsamında literatür araştırmaları ile ağırlıklı olarak süt ürünleri endüstrisi işletmelerinde spesifik su ve kömür tüketim değerleri düzenlenmiştir.

Ayrıca yine bu kapsamda atıksular ve emisyon değerlerine ait bilgiler de düzenlenmiştir. İşletmede verileri Uluslararası Bitki Koruma Sözleşmesi Süt Endüstrisi Mevcut En İyi Teknik Referans Dokümanı ve literatürde yer alan benzer işletme verileriyle karşılaştırılmıştır.

Kaynak kullanımı ve çevresel performansı değerlendirilerek işletme özelinde en iyi temiz üretim stratejisinin belirlenmesi için zemin hazırlanmıştır. Bu stratejinin belirlenmesinde teknik uygulanabilirlik, potansiyel tasarruf, ekonomik fayda, sosyal fayda, çevresel fayda ve işletme tercihi kriterlerine göre işletme yönetimiyle birlikte en iyi strateji belirlenmiştir.

4.3. İşletmede Temiz Üretim Çalışması

Temiz üretim tesislerde bir veya birkaç uygulama ile sınırlı bırakılabilecek bir konu değil, firmanın yönetim ve üretimine yönelik bütünüleyici bir yaklaşım olarak sürdürülebilir olmalıdır.

Temiz üretim uygulamalarının tesislerde devamlı hale getirilebilmesinin en önemli yolu yönetim tarafından kabul edilen bir çevre yönetim sisteminin veya bütünüleyici bir çevre kalite yönetim sistemi yaklaşımının devamlı hale getirilmesidir.

Çevresel yönetim sistemine sahip bir tesiste gerçekleştirilecek bir temiz üretim değerlendirmesi belirli çevresel problemleri gözlemlemek için etkili bir araç olabilmektedir.

Ayrıca, tesiste temiz üretim uygulamalarının gerçekleştirilmesi de çevre yönetim sisteminin kurulmasına öncülük edebilir. Ne tür bir yaklaşımın ele alındığından bağımsız olarak, temiz üretim değerlendirmesi ve çevre yönetim sistemleri birbiri ile uyumludur ve birbirlerini bir şekilde tamamlamaktadır.

Temiz üretim projeleri teknik açıdan daha iyidir; çevre yönetim sistemi ise yönetsel bir şeye odaklanmakla birlikte teknik bir yaklaşım da gerektirmektedir.

Temiz üretim değerlendirmesi gibi, çevre yönetim sistemi de süreklilik içinde düşünülmeli ve sürekli gelişimi teşvik edilerek gerekirse zorunlu hale getirilmelidir. Tesis içi ve dışı çeşitli etkenlerin sisteme yansımaları olsa da genel olarak her çevre

yönetim sistemi tesisin çalışma prensibi ile uyumlu ve onu tamamlayıcı şekilde olmalıdır.

4.3.1. Tesiste Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Tüketilen Kömür

Kömür yakıtlı buhar kazanları, modern imalat teknikleri ve yenilikçi tasarım anlayışıyla geliştirilmektedir. Kömür, köklü ve yaygın bir enerji kaynağı olarak, özellikle yüksek enerji talep eden işlemlerde buhar kazanlarının vazgeçilmez yakıtları arasında yer alır. Kömürlü buhar kazanları, yakıtın enerjisini maksimum düzeyde buhara dönüştürme kapasitesine sahip olup, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar.

Buhar kazanları endüstriyel tesislerin vazgeçilmez unsurları arasındadır. Buhar kazanı çalışma prensibi basittir. Bu sistemde kazan içerisine su pompalanır ve yakıt ise yanma odasında yakılır. Yakıtın yanmasıyla birlikte ortaya çıkan ısı içerisindeki suyun kaynamasını sağlar. Belirli bir sıcaklığın üzerine çıkan su kaynar ve buhar oluşumu gerçekleşir. Tesisteki ısı enerjisi bu buharla sağlanmaktadır.

İklim değişikliğinin tüm etkileri küresel ısınmaya ve aslında atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarına bağlıdır. Birleşmiş Milletler örgütü sera gazı konsantrasyonları ve küresel sıcaklıkla ilgili sonuçları incelendiğinde sera gazlarının yaklaşık üçte ikisini oluşturan ve en fazla miktarda bulunan sera gazı olan CO₂'in büyük ölçüde fosil yakıtların yakılmasından kaynaklandığını bildirmiştir.

Sanayi Devrimi'nden bu yana CO₂ seviyeleri artarak 1960'ta 316 ppm iken 2022'de 421 ppm'e ulaşmıştır. Büyük ölçüde insan faaliyetleri nedeniyle fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan bu artış, küresel sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Fosil yakıtlarının kullanımına alternatif bulsak bile, CO₂ konsantrasyonunun yaklaşık 280 ppm olduğu bir denge değerine düşmesi CO₂'nin üst atmosferdeki ömrü nedeniyle uzun bir zaman alacaktır.

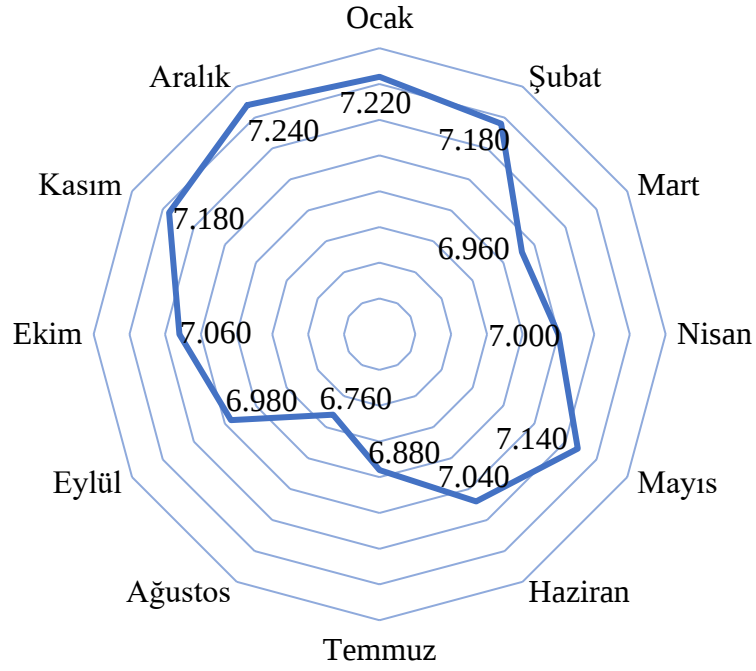
Dünyanın genel enerji ihtiyacı artarken bu artış halen fosil yakıt kullanımındaki artışlarla karşılanmaktadır. Günümüzde elektrik üretiminin çoğunluğunu (>%60) fosil yakıtların yakılmasından sağlanmaktadır ve 2040 yılı için yapılan tahminlerde fosil yakıt kullanımının yaklaşık %58 olacağı düşünülmektedir. Dünyada elektrik üretiminin başlıca kaynağı ise %37 ile kömürdür.

2019 yılında kömür ve diğer fosil yakıtların yakılması başta olmak üzere çimento üretimi, ormanların yok edilmesi ve diğer peyzaj değişiklikleri gibi insan faaliyetleri nedeniyle $36,8 \times 10^9$ ton CO₂ emisyonun açığa çıktığı tahmin edilmektedir. Her yıl yanardağların saldıdığı CO₂ emisyonu insan faaliyetleri nedeniyle oluşan emisyonlardan %60'tan daha azdır. Kişi başı gelir arttıkça, CO₂ emisyonuna büyük etkisi olan fosil yakıtların kullanımında da artış göstermektedir. Birçok veri setine göre, fosil CO₂ emisyonları sera gazı emisyonlarındaki genel artışa en büyük katkıyı sağlayarak 2022'de %0,8-1,5 arasında artmıştır.

Tüm dünyadaki kömür kullanan tesislerin 1 yılda dünyaya yaymış olduğu CO₂ emisyonu miktarı 7 milyar tondur. Bu miktar; dünyada yıllık CO₂ emisyonu salımının %41'ine karşılık gelmektedir. Çalışmada incelenen tesiste kömür tüketiminin yapıldığı bölüm Şekil 4.1'de verilmiş olup 2023 yıllarında tüketilen kömür miktarları ise Şekil 4.2'de görselleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Tesisteki kömür tüketimine ait görsel



Şekil 4.2. Yıllık kömür tüketim miktarı

Bu araştırmalar ve bulgular neticesinde de görüldüğü üzere çok büyük önem arz eden kömür tüketimini ve oluşan baca gazı emisyonlarını minimize etmek hedeflenmektedir.

İşletmede yürütülen temiz üretim uygulaması kapsamında, izlenen tüm üretim sürecinde belirlenen nihai en iyi stratejinin pastörizasyon ünitelerine giden su buharı ve geri dönüş su hattındaki ısı kayıplarını önlemek olmuştur. Bu amaçla, tüm boru hattında ısı kayıplarını önlemek amacıyla çelik boruların izolasyon malzemesiyle kaplanmasına karar verilmiştir.

4.3.1.1. İzole Malzeme ve Maliyeti

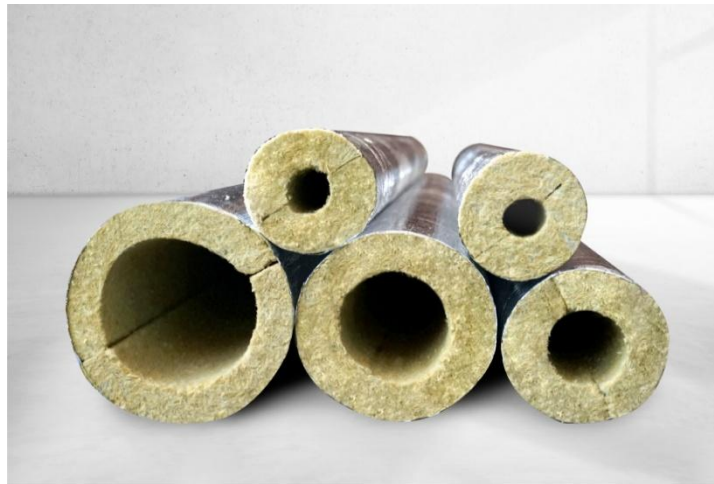
Süt ürünleri üreten bu işletmede, ilçedeki köylerden günlük olarak satın alınan çiğ süt, ilk olarak pastörize edilmektedir. Pastörizasyon işlemi, metal tankların içinde bulunan sütün su buharı ile bir süre belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması ve aniden düşük sıcaklığa kadar getirilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Yönetim kurulunun da kararı ile buhar ve sıcak su boruları çaplarına, et kalınlıklarına ve içerisindeki suyun sıcaklığına

göre değişen kalınlıklarda alüminyum folyo kaplı taş yünü şilte ile pastörizasyon tanklarına giden buhar hattına yalıtımı yapıldı. Şekil 4.3'te pastörüzasyon tanklarına giden boru hatlarına ait görsel sunulmuştur.



Şekil 4.3. Pastörizasyon tanklarına giden buhar hattına ait görsel

Alüminyum kaplı taş yünü şilte bir yüzeyi alüminyum folyo veya siyah cam tülü kaplı taş yünü levhadır. Shrink ambalajlar halinde piyasaya sürülür. Taş yünü tamamen yerli hammadde olan bazaltın yüksek sıcaklıklarda eritilip elyaflanması ile imal edilmektedir. Kaplama malzemesi kullanılarak dökme, levha, şilte ve boru formunda imalat yapılabilir. Taş yünü, mineral yün grubuna dahil yalıtım malzemeleri olup -50 ile 750°C aralığında kullanılabilir.



Şekil 4.4. Alüminyum kaplı taş yünü şilteye ait görsel

Şekil 4.4'te süt ürünleri üretimi yapan işletmede pastörizasyon ünitesine giden boru hattında ısı kayıplarını önlemek amacıyla kullanılan yalıtım malzemesi sunulmuştur. Pastörizasyon ünitelerine giden su buharı hatlarının toplam uzunluğu 50 metre olup 2023 yılı aralık ayı sonunda izolasyon malzemesi satın alınarak işçiliği işletme çalışanları tarafından yapılmış ve buhar hatları izolasyon malzemesi ile kaplanmıştır. Tablo 4.4'te izolasyon için yapılan yatırımın maliyeti verilmektedir. Güncel döviz kuru üzerinden 1 \$ = 30 ₺ olacak şekilde hesapla yapılmıştır. 50 metre boru hattı için toplam 9500 ₺ harcama yapılmıştır. Bu teknikle birlikte hem ısı kayıplarının önüne geçmek hem de mevcut kömür tüketiminin azaltımını sağlamak hedeflenmiştir.

Tablo.4.4. İzole malzeme ve yalıtımının maliyet hesabı

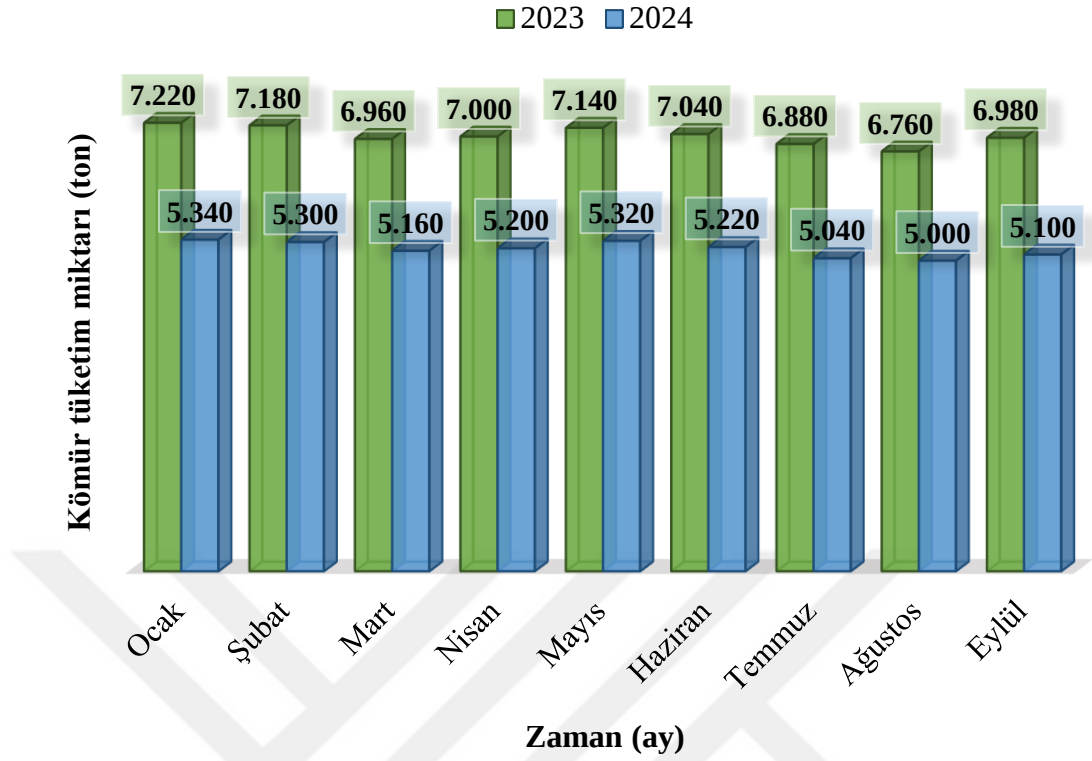
Boru Hattı Uzunluğu	Malzemenin Birim Fiyatı	İşçilik	Toplam Maliyet
50 Metre	190 ₺	İşletme çalışanları	9.500 ₺

Güncel döviz kuru; 1 \$ = 30 ₺

4.3.1.2. İşletmede Temiz Üretim Uygulamasının Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Performanslardaki Değişimlerin Değerlendirilmesi

İşletmede mevcut en iyi tekniğin uygulanması ile buhar hatlarındaki ısıyı sağlayan kazanların yakıtı olan kömür tüketiminde tasarruf sağlamak mümkündür. İşletmede girdi ve çıktıların miktar ve nicelikleri açısından izlenmesi ve proses bazlı temiz üretim yazılımı geliştirilmesiyle işletmenin toplam kömür tüketiminde %20-30 oranında tasarruf sağlanması mümkündür.

Gerçekleştirilen izolasyon işleminden sonra çalışma kapsamında işletme 9 ay boyunca izlenmiş ve aylık tüketilen kömür miktarları kaydedilmiştir. Şekil 4.5'te 2023 ve 2024 yıllarında aylık olarak tüketilen kömür miktarları verilmiştir. İzolasyon işlemi 2023 Aralık ayının sonunda tamamlanmış olup 2024 Ocak ayı itibari ile izolasyondan sonra tüketilen kömür miktarları belirlenerek ısı kayıplarının önlenmesinde oluşan değişiklik belirlenmiştir.



Şekil 4.5. 2023 ve 2024 yıllarına ait kömür tüketim miktarları

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi aynı üretim kapasitesi ile çalışan tesiste 2023 Ocak ayında 7.220 ton kömür tüketimi izolasyon işleminden sonra %26'lık tüketim azalmasıyla 5.340 ton'a düşmüştür. Takip eden aylarda benzer bir azalma gözlenerek 9 aylık süre içerisinde ortalama %26'lık azalma ile 16.480 ton kömür tasarrufu yapılmıştır.

Bununla birlikte izolasyon işlemi ile tüketilen fosil yakıt miktarının azaltılmasıyla tesis özelinde fosil yakıt yakılmasından kaynaklanan sera gazlarının oluşumunda da önemli bir azalma sağlanarak tesisin çevresel etkisinin minimizasyonu sağlanmıştır. Bu aşamada, işletmenin temiz üretim yaklaşımı uygulanmadan önce ve sonraki dönemleri için karbon emisyonunun hesaplanması ve azaltılmasına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Tier 1 yöntemi Karbon emisyonunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Tesis özelindeki hesaplamalar faaliyet verileri çerçevesinde enerji ihtiyacı için tüketilen fosil yakıtlar baz alınarak yapılmıştır. Tier 1 temel yöntemdir. Tier 1 hesaplama yöntemi sonucunda karbon eşdeğer miktarı belirlenmektedir. Eşitlikte Tier 1 hesaplama yöntemi verilmiştir.

$$E = FV \times EF$$

Burada, E, Atmosfere yayılan kirleticilerin karbon eşdeğer miktarı (tCO₂e); FV, Faaliyet verisi (kg, Tj, t, Nm); EF, Emisyon faktörü (t CO₂/Tj, t CO₂/t, t CO₂/Nm)

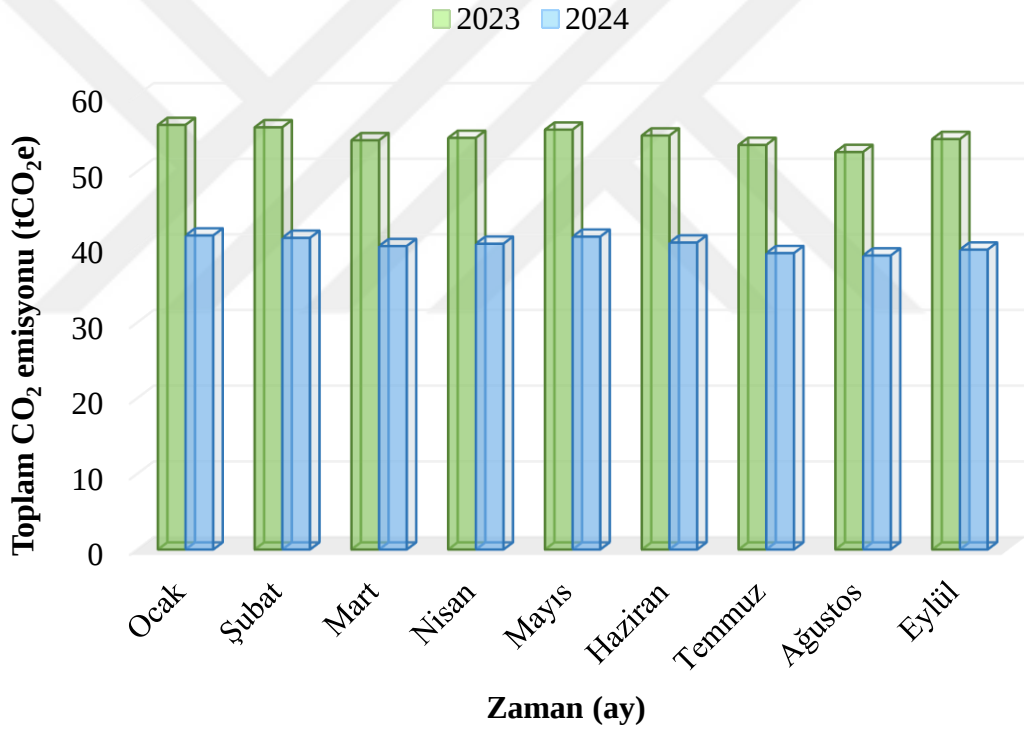
CO₂ haricinde diğer sera gazlarının aynı miktar CO₂'e kıyasla kaç kat daha fazla ısı tutabilme kapasitesine sahip olduğunu anlatmak amacıyla hesaplamalarda CO₂e eşdeğer değeri kullanılmaktadır. Karbon emisyonunun hesaplamasında kullanılan emisyon faktörleri emisyon oluşumuna neden olan faaliyet verisine bağlı olarak Çevre Gıda ve Kırsal İşler Bakanlığı ulusal veri tabanından alınmıştır. Kömür tüketiminden kaynaklanan CO₂, CH₄ ve N₂O sera gazları CO₂e emisyonunun hesaplanmasında dikkate alınmış olup kullanılan emisyon faktörleri sırasıyla 2.385,57 kgCO₂e/ton, 6,82 kgCO₂e/ton ve 19,04 kgCO₂e/ton olarak belirlenmiştir.

CO₂'ye sera gazlarının 100 yıllık dönem için küresel ısınma üzerindeki potansiyelleri en güncel değerlerin bulunduğu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 6. Değerlendirme Raporundan uyarlanmış olup CH₄ emisyonunun Küresel Isınma Potansiyeli CO₂ emisyonunun 27,9 katı, N₂O emisyonunun Küresel Isınma Potansiyeli CO₂ emisyonunun 273 katı olduğu belirlenmiştir.

Tesiste ısı enerjisi üretimi amacıyla kullanılan fosil yakıttan kaynaklanan toplam CO₂e verileri 2023 ve 2024 yılları için hesaplanmıştır. Dikkate alınan zaman aralığı izolasyon işleminin tamamlanmasının ardından geçen 9 aylık süreç olup izolasyon öncesi dönemde aynı zaman dilimi hesaplamalara dahil edilmiştir. Şekil 4.6'da 2023 ve 2024 yılları için kömür tüketimi kaynaklı toplam CO₂ emisyon değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Fosil yakıt tüketiminde CO₂ sera gazının yanı sıra CH₄ ve N₂O sera gazlarının oluşumu nedeniyle üç sera gazının tCO₂e değeri hesaplanmıştır. 2023 yılındaki toplam CO₂ emisyonu hemen hemen aynı olup 52,54 ile 56,13 tCO₂ arasında değişkenlik göstermiştir.

İzolasyon sürecinden sonra ise kömür tüketiminin azalması ile toplam CO₂ emisyonu 38.86 ile 41,51 tCO₂ seviyelerine düşmüştür. Her bir sera gazının 9 aylık süreç boyunca toplam CO₂ emisyonuna katkısı ise 2023 yılında CO₂ için 150,66 tCO₂, CH₄ için 12,02 tCO₂ ve N₂O için 328,30 tCO₂ olarak hesaplanmıştır. Üç sera gazının ise 9 aylık süreç içerisinde toplam CO₂ emisyonu 490,98 tCO₂'dur. 2024 yılı verileri incelendiğinde ise, CO₂, CH₄ ve N₂O sera gazlarının 9 aylık süreç içerisinde toplam CO₂ emisyonu oluşumuna katkısı sırasıyla 111,35 tCO₂, 8,88 tCO₂ ve 242,64 tCO₂ olarak hesaplanmış olup toplam CO₂ emisyonu ise 362,87 tCO₂ olarak belirlenmiştir. Böylece, 9500 ₺ yatırım yapılarak aynı kapasite ile çalışan tesiste atmosfere salınan sera gazlarının %26,09 oranında azaltıldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.6. 2023 ve 2024 yılları için kömür tüketimi kaynaklı toplam CO₂ emisyon değerleri

4.3.2. Tesiste Su Tüketimi ve Atıksu Oluşumu

Sütçülük sektöründe su kullanımı yem bitkisinin tohumunun üretiminden başlayarak atık bertarafına kadar uzanmaktadır. Dolayısıyla sektörde yoğun bir su kullanımı söz konusudur. Bu durum işletme özelinde maliyetleri arttırmanın yanısıra doğal su

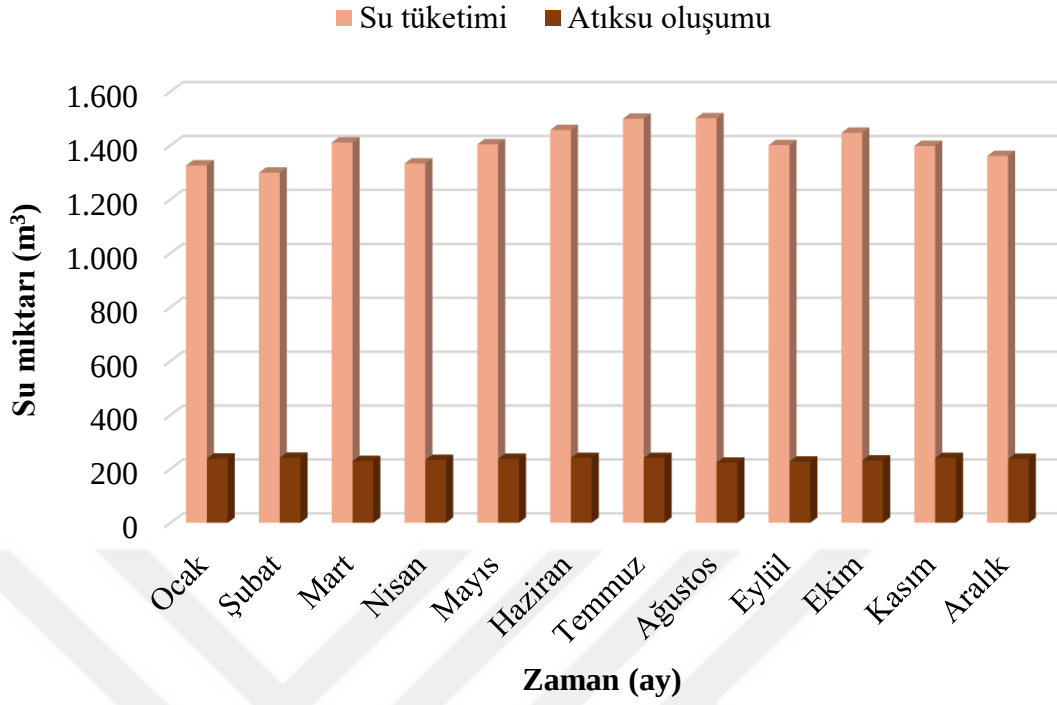
kaynaklarının azalmasına da neden olmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde önümüzdeki yıllarda hem sektör hem de ülke olarak tatlı su kıtlığı ile karşı karşıya kalınacaktır. Tatlı su kıtlığı; azalan nehir akışları, büzülme gölleri, su kaynaklarının aşırı kirlenmesinin yanı sıra arz ve arıtma maliyetlerinin artması ve/veya aralıklı su temini şeklinde kendini gösterebilir.

Su kıtlığı ve kirlilik; şirketleri, operasyonları ve tedarik zincirlerini etkileyen fiziksel bir risk oluşturmaktadır. Ortaya çıkabilecek riskler bunlarla da sınırlı olmayacaktır; su kaynaklarının sorumsuzca ve sürdürülemez bir şekilde tüketilmesi işletme ve şirketler için itibar riskleri de oluşturmaktadır.

Kamuoyu her geçen gün bu konuda daha yüksek bir bilince ulaşmakta ve işletmelerden çevreye duyarlı üretim modelleri geliştirmelerini beklemektedir. Tatlı su kaynakları üzerindeki baskı son yıllarda sadece nüfus artışı ve artan gıda gereksinimi nedeniyle değil, arazi kullanımındaki değişiklikler, iklim değişikliğinin etkisi ve su yönetimindeki aksaklıklar nedeniyle artmıştır. Baskı yaratan diğer unsurlar ise artan kentleşme, sosyo-ekonomik gelişme, endüstriyel büyümeden kaynaklanan talep ve tarım sektöründeki sulama ihtiyacıdır. Tarım sektörü, küresel tatlı su tüketiminin yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır.

Hayvansal üretim ve daha spesifik olarak süt üretimi, tarım sektörünün genelinde olduğu gibi su yeterliliği ve sürdürülebilirliği açısından büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Süt değer zinciri, yem üretimi ile başlayan ve tüketim sonrasında ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi ile tamamlanan geniş bir zincirdir. Değer zinciri boyunca tüm aşamalarda suya ihtiyaç vardır. Süt endüstrisinin, yem üretmek için yüksek miktarlarda su kullanması hem çevresel hem de ekonomik açıdan tatlı suyun sürdürülebilir kullanımına vurgu yapılmasını gerektirmektedir.

Tesiste; personelin ihtiyacı, araç yıkama, ekipman yıkama, buhar hattı, yangın suyu ve proseste kullanılmak üzere su tüketimi yapılmaktadır. Su tüketiminin belirlenmesinde şebekeden gelen sayaçtan faydalanılmıştır. Yıllık tüketilen su miktarı ile atıksu oluşumu Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. 2023 yılı aylık su tüketimi ve atıksu oluşum miktarları

Şekil 4.7’den de görüleceği gibi büyük miktarda su kullanılmaktadır. Buna karşılık kaydedilen atıksu miktarı ise oldukça düşük kalmıştır. Bu durum, su kaynağının bilinçsizce tüketiminin en büyük göstergesidir. Süt ve süt ürünleri üretimi yapan tesislerden kaynaklı atık sular kirlenmemiş sular ve kirli sular olmak üzere iki farklı başlıkta adlandırılabilirler. Tesislerin çoğunlukla toplam atık su hacminin %70 -75’ini soğutma suları oluşturmaktadır. Süt ürünlerinin elde edilmesinde kullanılan tüm ekipmanlar ve silo tankları işlenmiş süt ve süt ürünlerini içerdiklerinden prosesler soğutma suları ile soğutulmaktadır. Diğer bir atık su grubu, ise üretim işlemlerinde oluşup özellikleri çokça değişkenlik gösterebilmektedir.

Kabul görmüş değerleri içermek üzere, atık su debisi 50 m³/günden fazla olan veya üretim faaliyetleri itibarı ile toksik özellikler içeren proses atık sularına sahip endüstriyel atık su kaynakları önemli bir kirletici kaynak olarak tanımlanır. Herhangi bir endüstri için tüm kirlilik değerlerinin ölçülmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Endüstri türüne bağlı olarak çeşitli endüstrilerin atık sularında incelenmesi gereken kirlilik değerleri farklılık gösterebilir. Bu bağlamda süt endüstrisi için; renk, askı

maddeleri, BOİ, KOİ, azotlu maddeler, fosfor, klorürler, sıcaklık ve pH en önemli değerler olarak kabul edilir. Süt endüstrisi atık sularının sürekli değişken bir yapıda olması atık su arıtımını zorlaştırmaktadır. Tesiste oluşan atıksuların özellikleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Süt ürünleri tesisleri de önemli endüstriyel kirletici kaynaklar arasındadır. Tablo görüldüğü gibi 1240 mg/L BOİ ve 1060 mg/L Toplam çözünmüş katı madde içeren bu suların kontrolsüz deşarjı alıcı ortam için ciddi çevre kirliliği kaynağı oluşturur. Süt endüstrisi atık suları büyük oranda biyolojik parçalanabilir özelliğe sahiptirler ve fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile başarılı bir şekilde arıtım gerçekleştirilebilmektedir. Aerobik prosesler, genellikle de aktif çamur prosesi, süt endüstrisi atık sularının arıtımında tercih edilen yöntemlerden biridir. Ancak, yüksek enerji tüketimi bu prosesin önemli bir dezavantajıdır. Anaerobik prosesler ise, devreye alma süresinin uzun olması, işletme kontrolünün güçlüğü, değişken yük, organik ve toksik bileşiklere karşı hassas olması gibi önemli dezavantajlara sahiptir.

Tablo 4.5. Tesiste oluşan atık suyun özellikleri

Bileşen	Değer
pH	7.2
Alkalite (mg/L)	600
Toplam çözünmüş katı madde (mg/L)	1060
Askıda katı madde (mg/L)	760
BOİ (mg/L)	1240
KOİ (mg/L)	84
Toplam azot (mg/L)	84
Fosfor (mg/L)	11,7
Yağ ve gres (mg/L)	290
Klorür (mg/L)	105

Atık su ve diğer atık türleri minimize edilmeye çalışılsa da süt endüstrisi atıklarının mutlaka arıtılmasının gerektiği ön görülmektedir. Bu nedenle, atık sular yerel yönetimlerin ön gördüğü sınırlara kadar ön bir arıtma işlemi yapıldıktan sonra kanalizasyon hattına verilebilir. Burada bahsedilen ön arıtma mevzuatta, atık suların kanalizasyon hattına ulaştırılmasından veya herhangi bir taşıma aracı ile bir atık su

arıtma tesisine gönderilmeden önce, önem ve kirlilik değerlerine göre arıtılması olarak tanımlanmaktadır. Arıtma sırasında kentsel kanalizasyon hattının ve toplum sağlığının korunmasına, yeraltı kaynaklarının kirlenmemesine de dikkat edilmesi gerekir. Şekil 4.8’de tesiste bulunan atıksu arıtma tesisine ait görsel verilmiştir.



Şekil 4.8. Tesise ait atıksu arıtma tesisi

Sütün organik asit ya da peynir mayası ile pıhtılaştırılarak ortaya çıkan pıhtının yağsız veya tam yağlı yapıdaki sütün ayrışmasından sonra geriye kalan ve içindeki riboflavinden dolayı yeşilimsi veya sarı renkte olan sıvıya peynir altı suyu denir. Peynir altı suyu, peynir yapılırken oluşan pıhtının süzülmesinden sonra arta kalan ve laktoglobülin, laktoalbumin ve serum proteinleriyle farklı oranlarda vitamin, yağ, laktoz ve mineral madde içerir.

Peynirin yapılma şekline bağlı olarak değişiklik göstermesinin yanında, peynir yapımında kullanılmış olan sütün yaklaşık %70- 90’ı peynirin suyunda kalmaktadır. Peynir altı suyu fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özellikleri ile birlikte biyolojik değerleri yüksek proteinleri içermektedir. Hem beslenme bakımından hem de içerdiği aminoasitlerin sağladığı denge açısından önem arz etmektedir. Peynir altı suyunun kuru maddesi ana bileşeni olarak yaklaşık %70’i laktozdur. Laktoz enerji kaynağı olarak çok önemlidir. Peynir altı suyu içerisinde önemli miktarda folik asit, riboflavin ayrıca kobalamin bulunmaktadır.

Peynirde kullanılan sütün kalitesine ve bileşimine, peynirin yapım tekniğine, pıhtılaştırma işleminde kullanılan asit miktarı veya maya kalitesine, pıhtılaştırmanın süresi ile sıcaklığına, oluşan pıhtılaşmanın parçalana şekli ve benzeri birçok etkenler nedeniyle, oluşan peynir altı suyu içeriğinin bileşimi farklılık göstermektedir. Süt bileşimi ile benzerlikleri olan peynir altı suyu, sütün kuru maddesi oranının yaklaşık olarak yarısını, B vitaminlerinin çoğunluğunu, proteinlerin ortalama olarak 1/5'ini ve süt şekerinin tamamına yakınına içermekte. Peynir suyunda bulunan fosfor, kalsiyum, serum, laktoz proteinleri, peynir suyunun besin değerini arttırmaktadır.

Yeni sağılan süte mayalama gibi işlemler yapmadan normal oda sıcaklığında kendi halinde bırakılmasında süt proteinlerinin temelini oluşturan kazeinler pıhtılaşmaya başlar ve halk dilinde bu olaya “sütün kesilmesi” denilmektedir.

Sütün kesilmesi dediğimiz bu olayın gerçekleşmesiyle birlikte sütün karıştırılma ya da çalkalaması gibi bir durumu olmaması durumunda jel kıvamında bir yapı ortaya çıkmaktadır. Jelleşmiş durumda olan süt belli bir süre bekletilmesi durumunda genellikle peynir altı suyunun ayrılması olayı gözlemlenir. Bu olayın sonucunda yapı pıhtı ve peynir altı suyu diye iki kısma ayrılır. Bu olay peynir yapım işleminin temelini oluşturur. Sütün peynire işlenmesi esnasında, yağ ile kazein konsantre hale gelirken sütün içerisinde bulunan diğer bileşenler suyla birlikte peynir altı suyuna geçmektedir.

Peynir altı suyunu işlenip değerlendirilmeden direk doğaya bırakılması çevre kirlenmesine sebebiyet vermektedir. Çevre kirliliğinde ölçüt olarak kabul edilen Biyolojik Oksijen Gereksinimi bir insanın günlük atıklarının parçalanabilmesi için 60 gram/Litre iken peynir altı suyunda bu değer 40 g/L'dir. Esas kirlenme sebebi içermiş olduğu organik maddelerden kaynaklanmaktadır.

Tesiste günlük ortalama üretilen 12 ton atıksuyun 4 tonunu peynir altı suyundan oluşturmaktadır. Hem çevreye zarar vermemesi hem de ekonomik kazanım elde edilebilme düşüncesiyle birlikte peynir altı suyunun il sınırları içerisinde bulunan çeşitli tesislerde değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

4.3.3. Tesiste Oluşan Ambalaj Atık Miktarının Belirlenmesi

Tesiste teneke kutular ve plastik yoğurt kapları, ürünleri ambalajlama adımında kullanılmaktadır. Tüketicilere ulaşan ürünler tüketildikten sonra oluşan ambalaj atıkları tüketicilerin de yardımıyla tesise ait kamyonetlerle birlikte tesise gönderilmektedir. Bu şekilde tesise ulaşan yıllık atık miktarı metal ambalajlar için 53.220 kg ve plastik ambalajlar için 79,540 kg olmak üzere toplam 132,760 kg olduğu belirlenmiştir.

Tesis özelinden üretilen tüm ambalaj atıklarının geri dönüşümünün sağlanarak döngüsel ekonomiye kazandırılması konusunda tesis yetkilileri ile görüşülmüş ve bu konuda anlaşmalar yapılmıştır.



BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kirlilik azaltma unsuru, kirlilik kontrol unsuru ve kirlilik önleme unsurları, temiz üretimin etkinliğinin ve çevresel performans seviyesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İmalat firmalarının çevresel davranışları, kirliliğin önlenmesi ve çevresel gerekliliklerin öngörülmesi ile karakterize edilebilir. Kirlilik kontrol teknolojileri, kirlilik önleme teknolojileri ve yönetim sistemleri, kirliliğin önlenmesine yönelik proaktif eylemlerin arttırılmasında ve dolayısıyla yeterlilik performanslarının arttırılmasında dikkat edilmesi gereken çevre teknolojilerinin üç genel kategorisidir. Kirliliğin önlenmesinin, atık azaltma ve emisyon kontrolünün verimliliğinde artışa yol açan değerli bir kavram olduğu kanıtlanmıştır. Böylece çevre yönetim performanslarının düzeyi artar.

Temiz üretimin uygulanması, geri dönüştürülebilirliğin arttırılması, daha az enerji tüketimi, maddelerin kirlilik emisyonunun azaltılması, daha az atık üretilmesi, doğal kaynakların nominal kullanımı, ambalaj malzemesinin nominal kullanımı, hammadde kullanımının azaltılması, daha iyi güvenlik uygulamaları, çevre yasalarının ihlali nedeniyle cezalardan kaçınma, kirliliğin önlenmesinde proaktif olma ve inovasyon için istekli olma gibi çok sayıda yararlı etki sağlayabilir. Tüm faydalı etkiler, sürdürülebilir üretim uygulamalarının temel unsurları olan çevresel, ekonomik ve yeterlilik performanslarının düzeyini arttıracaktır. Daha ileri çalışmalar, temiz üretimin uygulanmasından elde edilebilecek daha fazla faydayı ortaya çıkarabilir ve sürdürülebilir üretim uygulamalarının seviyesini etkileyebilir.

Gelişmiş ülkeler, çevre koruma, üretim ve o dönemde ortaya çıkan kirlilikler arasındaki ilişkilerde giderek önemli iyileşmeler sağlamakta ve temiz üretime dayalı faaliyetler kullanarak kirlilik kontrolüne dayalı yaklaşımı teşvik etmektedir. Gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkelere kıyasla çok daha düşük düzeyde kirlilik kontrolüne sahiptir ve aynı zamanda mevcut üretimin varlığını ve işleyişini tehlikeye

atmadan, nispeten hızlı ve verimli, temiz üretime yönelik değişiklikleri hayata geçirmek konusunda çok daha ağır bir göreve sahiptirler. Temiz üretimi teşvik etme çabaları, eko-verimlilik ilkelerini dikkate alarak gelecekteki gelişmelerin temelini atıyor. Temiz üretim hem kısa vadede hem de gelecekte hem çevresel hem de ekonomik kazanımlar sağlayabilir.

Temiz Üretim kavramının toplum geneline yayılmasına yönelik ulusal düzeydeki planlar, yerelleştirilmiş bilinçlendirme programlarıyla bir araya getirilerek birçok ülkede yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Ülke düzeyinde önceliklerin belirlenmesi, çabaların yönlendirilmesi ve başarıların tanınması için temiz üretim uygulamalarının tanıtılması ve yaygınlaştırılmasına yönelik ulusal düzeydeki stratejik planlar gereklidir.

Çalışma kapsamında, işletmede ekonomik, sosyal ve çevresel açısından büyük önem arz eden kömür tüketim miktarının azaltılmasına odaklanılmış olup peynir altı suyunun bertarafı ve değerlendirilmesi ile oluşan atıkların minimizasyonu ile ilgili önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Enerji verimliliğini arttırmak ve kontrol altında tutmak için yürütülen temiz üretim uygulaması kapsamında, en iyi temiz üretim stratejinin pastörizasyon ünitelerine giden su buharı ve geri dönüş su hattındaki ısı kayıplarını önlemek olduğu belirlenmiştir. Bu amaçla, boru hattında ısı kayıplarını önlemek amacıyla izolasyon yapılmıştır. İzolasyon işleminden sonra ortalama %26'lık azalma ile 16,480 ton kömür tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca, işletmenin temiz üretim yaklaşımı uygulanmadan önce ve sonraki dönemleri için karbon emisyonunun hesaplanmıştır. Tesis özelindeki hesaplamalar faaliyet verileri çerçevesinde enerji ihtiyacı için tüketilen fosil yakıtlar baz alınmıştır. 9500 ₺ yatırım yapılarak aynı kapasite ile çalışan tesiste atmosfere salınan toplam CO₂ emisyonu değeri %26,09 oranında azaltılarak 362,87 tCO₂'ye düşmüştür. Bu sonuçlar, kaynak tüketimini azaltma, çevresel etkiyi en aza indirme ve genel üretim verimliliğini iyileştirmede daha temiz üretim teknolojilerinin geliştirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır.

Peynir altı suyunun kooperatif sınırları içerisindeki bir kuyuda biriktirilmesi ve il sınırları içerisinde bulunan yoğurt fabrikaları, çikolata fabrikaları ve fırınlarda değerlendirilmesi ile ilgili gerekli çalışmalar başlatılmıştır. Bu sayede, tesisin peynir altı suyunun bertarafı için ödemek zorunda olduğu büyük bir maliyetten tasarruf etmesi sağlanmış olacaktır.

Tesiste üretilen süt ürünlerinin ambalajlamasında kullanılan ve yeniden kullanılabilir veya geri kazanımı sağlanabilecek plastik ambalaj atıklarının yakın ilçelerden ve tesisin bulunduğu ile sınırları içerisinden tüketicilerden toplanarak hem atık minimizasyonu sağlanmış hem ekonomik anlamda tesisin tasarrufta bulunması sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Almeida, C.M.V.B., Bonilla, S.H., Giannetti, B.F., Huisingh, D., Temiz Üretim girişimleri ve sürdürülebilir bir dünya için zorluklar: Temiz Üretim Dergisi'nin bu özel cildine bir giriş, 47, 1-10, 2013.
- Almeida, M.V.B., Biagio, F.G., Donald, H., Silvia, H.B., Modern toplumların sürdürülebilir kalkınmasında temiz üretimin rolü: Temiz Üretim Dergisi'nin bu özel sayısına bir giriş, 18, 1-5, 2010.
- Anderson, R., Tırmanma dağ sürdürülebilirliği, Kaliteli İlerleme, 37(2), 32–37, 2004.
- Ashton, W., Andres, L., John, R.E., Temiz Üretimde En İyi Uygulamalar: Daha Küçük İşletmeler İçin Tanıtım ve Uygulama, Yale Üniversitesi Ormancılık ve Çevre Çalışmaları Okulu, 1–47. Washington, DC, 2002.
- Ashton, W., Luque, A., Ehrenfeld, J.R., 2002. Daha Küçük İşletmeler İçin Temiz Üretimin Teşviki ve Uygulanmasında En İyi Uygulamalar. Washington, DC.
- Barbosa Filho, A.N., 2011. İş Güvenliği ve Çevre Yönetimi, dördüncü baskı. São Paulo, Atlas.
- Berkel, R.V., Willems, E., Temiz üretim ile endüstriyel ekoloji arasındaki ilişki, Endüstriyel Ekoloji Dergisi, 1(1), 51–64, 1997.
- Bonilla, S.H., Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., Huisingh, D., 2010. Modern toplumların sürdürülebilir kalkınmasında temiz üretimin rolü: Bu özel sayıya giriş. Temiz Üretim Dergisi. 18, 1–5.
- Boran, M. G., Şeker Üretiminde Temiz Üretim Yaklaşımının Uygulanabilirliği ve Çevresel Etkileri, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Disiplinlerarası Bölümü· Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2008.
- Boran, M.G., 2008. Şeker Üretiminde Temiz Üretim Yaklaşımının Uygulanabilirliği ve Çevresel Etkileri. Ege Üniversitesi.
- Buchholz, R. A., Çevre yönetiminin ilkeleri: İşletmelerin yeşillendirilmesi. New York: Prentice Hall, 1993.
- Carbon Brief, <https://www.carbonbrief.org/analysis-global-fossil-fuel-emissions-up-zero-point-six-per-cent-in-2019-due-to-china/>, 2019.
- Castillo-Vergara, M., Alvarez-Marin, A., Carvajal-Cortes, S., Salinas-Flores, S., Şili'deki üzüm brendisi endüstrisinde Temiz Üretim Anlaşması'nın uygulanması ve etki analizi, Temiz Üretim Dergisi, 96, 110-117, 2013.
- Chakravorty, S.K., Productivity: Sürekli gelişen bir konsept, İzle, Üretkenlik Eğilimlerinin Makro Görünümü, Nisan-Mayıs, 2–3, 2013.

- Civelekoğlu, G., Bıyık, Y., Ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değişiminin incelenmesi. Bilge Uluslararası Bilim ve Teknoloji Araştırma Dergisi, 2(2), 157-166, 2018.
- Clarence-Smith, W, Ulusal Merkezler: Temiz Üretimi Sağlamak. Birleşmiş Milletler Çevre Programı Endüstri ve Çevre. Ocak – Haziran, 2001.
- Danihelka, P., Temiz Üretimin Öznel Faktörleri- Risk Algısına Paralel, Temiz Üretim Dergisi, 12, 581-584, 2004.
- DEFRA, Sera Gazı Raporlaması: Dönüşüm Faktörleri, 2022
- Demiray, B., 2017. İşletmelerin Ekogirişimcilik Faaliyetleri Kapsamında Sürdürülebilir (Temiz) Üretim Uygulamaları: Arçelik Buzdolabı Fabrikası. Anadolu Üniversitesi.
- Denham, F.C., Howieson, J.R., Solah, V.A., Biswas, W.K., Deniz ürünleri endüstrisinde çevresel tedarik zinciri yönetimi: geçmiş, şimdiki zaman ve gelecek yaklaşımları, Temiz Üretim Dergisi, 90, 82-90, 2015.
- Despeisse, M., Oates, M.R., Ball, P.D., Sürdürülebilir üretim taktikleri ve işlevler arası fabrika modellemesi, Temiz Üretim Dergisi, 42, 31-41, 2013.
- Dobes, V., Tedavi olmadan ödeme yapılmayan bir temelde enerji yönetimi ve temiz üretimin teşviki için yeni araç, Temiz Üretim Dergisi, 39, 255–264, 2013.
- Dodić, S.N., Vučurović, D.G., Popov, S.D., Dodić, J.M., Zavargo, Z.Z., 2010. Voyvodina'da temiz üretim kavramı. Yenileme. Sürdürülebilir. Enerji Revizyonu 14, 1629–1634.
- Doorasamy, M., 2015. Bir Üretim Şirketinde Temiz Üretimin Çevresel ve Ekonomik Faydalarının Belirlenmesi: KwaZulu-Natal'daki Bir Kağıt ve Hamur Üretim Şirketinin Vaka Çalışması. Yatırım. Yönetim. Finans. Yenilik. 12, 235–246.
- Emisyon Faktörleri, <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/c00s00.pdf>
- Ertürk, M, Çevre Kirliliği ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki, Veri Görselleştirme Kullanılarak Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Karşılaştırılması, Münih Kişisel RePEc Arşivi, 69879, 2016.
- Espinosa, R.V., Soto, M., Garcia, M. V., Naranjo, J.E., 2021. Gıda ve İçecek Endüstrisinde Temiz Üretim Stratejilerinin Uygulanmasının Zorlukları: Literatür İncelemesi, Akıllı Sistemler ve Bilgi İşlemdeki Gelişmeler.
- Filho, J.C., Nunhes, T.V., Oliveira, O.J., 2019. Plastik ayakkabı sektöründe temiz üretim uygulaması ve yönetimine ilişkin kılavuzlar. J. Clean. Prod. 232, 822–838.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., Connell, C.O., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpent er, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstro, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., and Zaks, D.P.M. Kültürlü bir gezegen için çözümler, Doğa, 478, 337-342, 2011.
- Fore, S., Mbohwa, G.T., Döküm endüstrisinde çevre bilincine sahip üretim için daha temiz üretim, Mühendislik Tasarım Teknolojisi Dergisi, 8(3), 314-333, 2010.

- Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Mylan, J., Gıda Üretimi ve Tüketiminin Çevresel Etkileri: Manchester İşletme Okulu Çevre Gıda ve Kırsal İşler Bakanlığı'na Sunulan Son Rapor, mDefra, London, 2006.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M.W., Andrew, R.M., Gregor, L., Hauck, J. ve ark., Küresel karbon bütçesi. Dünya Sistem Bilimi Verileri 14(11), 4811-4900, 2022.
- Gavrilescu, M., Sürdürülebilir kalkınmanın bir aracı olarak temiz üretim, Çevre Mühendisliği ve Yönetimi, 3(1), 45–70, 2004.
- Giannetti, B.F., Bonilla, S.H., Silva, I.R., Almeida, C.M.V.B., Brezilya'da orta ölçekli bir altın kaplama mücevher şirketinde temiz üretim uygulamaları: Küçük değişikliklerin fark yarattığı zamanlar, Temiz Üretim Dergisi, 16, 1106-1117, 2008.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C., Gıda güvenliği: 9 milyar insanı besleme zorluğu, Bilim, 327, 812–818, 2010.
- Gombault, M., Versteeg, S., (Yerel) yetkililerle ortaklık yoluyla KOBİ'lerde daha temiz üretim: Hollanda'dan başarılar, Temiz Üretim Dergisi, 7(4), 249–261, 1999.
- Guan, T., Grunow, D., Yu, J., Çin'in çevresel performansının uyarlanabilir uygulama yoluyla iyileştirilmesi Hangzhou ve Guiyang'da temiz üretimin karşılaştırmalı vaka çalışması, Sürdürülebilirlik, 12, 8889-8908, 2014.
- Gürbüz, S., Zeytinyağı Endüstrisinde Temiz Üretim Metodolojisinin Uygulanması, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2002.
- Hicks, C., Dietmar, R., Çin'de çevre yönetim araçlarının uygulanmasıyla daha temiz üretimin iyileştirilmesi, Temiz Üretim Dergisi, 15(5), 395–408, 2007.
- Hobsbawm, E. J., Cumming, M. Aşırıliklar çağı: Kısa yirminci yüzyıl, 1914– 1991. London: Abacus, 1975.
- Hoof, B.V., Thiell, M., Temiz üretimin yaygınlaştırılmasına yönelik ana şirket katkısı: Meksika'daki sürdürülebilir tedarik programından deneyim, Temiz Üretim Dergisi, 86, 245-255, 2015.
- Jayasinghe, G.Y., Maheepala, S.S., Wijekoon, P.C., 2021. Yeşil Verimlilik ve Temiz Üretim: Sürdürülebilirlik için bir rehber, CRC Press.
- Jegatheesan, V., Liow, J.L., Shu, L., Kim, S.H., Visvanathan, C., Sürdürülebilir kalkınmada küresel koordinasyona ihtiyaç var, Temiz Üretim Dergisi, 17, 637-643, 2009.
- Kaebnick, H., Kara, S., Sun, M., Çevresel gereklilikleri, Robotik ve Bilgisayar Entegreli Üretimi dikkate alarak sürdürülebilir ürün geliştirme ve üretimi, 19(6), 461-468, 2003.
- Kamande, M.W., Lokina, R.B., Temiz üretim ve karlılık: Kenya imalat firmalarının eko-verimlilik analizi, J. Environ. Dev., 22, 169-185, 2013.
- Kıran-Cılız, N., Pamuklu ıslak proseslerde proses modifikasyonları ile kaynak tüketiminin azaltılması, Temiz Üretim Dergisi, 11:481-486, 2003.

- Kist, L.T., El Moutaqi, S., Machado, Ê.L., Brezilya'nın Vale do Taquari kentindeki bir kümes hayvanı mezbahasında su kullanımının yönetiminde temiz üretim: bir vaka çalışması, *Temiz Üretim Dergisi*, 17(13), 1200–1205, 2009.
- Klemeš, J.J., Varbanov, P.S., Huisingh, D., Son zamanlardaki temiz üretim ilerlemeleri, proses izleme ve optimizasyonu, *Temiz Üretim Dergisi*, 34, 1–8, 2012.
- Kocabaş, M., Yükseler, H., Dilek, F. B., Yetiş, Ü., Avrupa Birliği IPPC Direktifinin bir tekstil fabrikasına uyarlanması: Su ve enerji tüketiminin analizi, *Çevre Yönetimi Dergisi*, 91, 101-113, 2009.
- Kubota, F.I.F.I., Rosa, L.C., Yaratıcı problem çözme teorisi ile temiz üretim fırsatlarının tanımlanması ve kavramsallaştırılması, *Temiz Üretim Dergisi*, 47, 199-210, 2013.
- Kuhlman, T., Farrington, J., Sürdürülebilirlik nedir, *Sürdürülebilirlik*, 2(11), 3436-3448, 2010.
- Letcher, T. M., Küresel ısınma-karmaşık bir durum. İklim Değişikliği: Dünya Gezegeni Üzerindeki Gözlemlenen Etkiler, Üçüncü Baskı, Elsevier, 3–17, 2021.
- Liu, Z., Deng, Z., Davis, S., Ciais, P., 2022'de küresel karbon emisyonlarının izlenmesi. *Doğa İncelemeleri Dünya ve Çevre* 4, 205-206, 2023
- Lozano, R., Sürdürülebilirliğin şirket sistemlerine daha iyi yerleştirilmesine doğru: gönüllü kurumsal girişimlerin analizi, *Temiz Üretim Dergisi*, 25, 14-26, 2012.
- Machado, C., Davim, J.P., 2022. Yeşil Üretim Mühendisliği ve Yönetimi, Elsevier.
- Mahmood, W., Temiz üretimin üretim sürdürülebilirliği üzerindeki iyimser etkisine dair bir inceleme, *Uluslararası İleri Üretim Teknolojisi Dergisi*, 18(8), 1–10, 2015.
- McVay, M., Miehlbradt, A. O., İş Geliştirme Hizmetlerinde İyi Uygulamaların Birleştirilmesi. BDS Seminer Okuyucusu - Birinci Yıllık Seminer, Torino İtalya, Uluslararası Çalışma Örgütü, 2000.
- Misra, K., 2019. Temiz Üretim, CIRP Üretim Mühendisliği Ansiklopedisi. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 272–272.
- Nash, J., Ehrenfeld, J., Şirketlerde EMS Sonuçlarını Şekillendiren Faktörler, İçeriden Düzenleme. Cary Coglianese ve Jennifer Nash, Editörler. Washington: RFF Press., 62, 2001.
- Ngai, E.W.T., Chau, D.C.K., Poon, J.K.L., To C.K.M., Sürdürülebilir üretim süreci için enerji ve kamu hizmeti yönetimi olgunluk modeli, *Uluslararası Üretim Ekonomisi Dergisi*, 1–12, 2013.
- Nilson, L., Persson, P.O., Ryden, L., Darozhka, S., Zaliauskiene, A., 2007. Çevre Yönetimi Kitap Serisi Temiz Üretim – Kaynak Verimli Üretim için Teknolojiler ve Araçlar, Çevre Yönetimi.
- NOAA Küresel İzleme Laboratuvarı, <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.
- Nordic Environmental Finance Corporation, Temiz Üretim Yatırımlarının Finansmanı - NEFCO Döner Temiz Üretim Tesisi, 2001.
- Nosrat, A.H., Jeswiet, J., Pearce, J.M., Cam ve Büyük Ölçekli Güneş Fotovoltaik Üretiminde Endüstriyel Simbiyoz Yoluyla Temiz Üretim, 2009 IEEE Toronto

- Uluslararası Bilim ve Teknoloji Konferansı İnsanlık İçin (TIC-STH), 967–970, 2009.
- Odabaşı, E., Sanayide Temiz Üretim İçin Çevre Yönetimi: Tekstil Sektöründe Uygulama Örneği. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İçel, 2001.
- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, Orta ve Doğu Avrupa'da ve Yeni Bağımsız Devletlerde Temiz Üretim Merkezleri. Paris: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü: Paris, 1999.
- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, Üretkenliği Ölçmek, Manuel, 2001.
- Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü, CEEEC/NIS'deki İşletmelerde Çevre Yönetimine İlişkin Politika Beyanı. Paris: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü: Paris, 1998.
- Overcash M.R., Endüstriyel kirliliğin önlenmesi teknikleri, Lewis Yayınları, 1986.
- Özbay, A., Demirer, G. N., Bir süt üretimi fabrikası için temiz üretim fırsatlarının değerlendirilmesi, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul, 169-180, 2005.
- Öztürk, E., Yetiş, Ü., Dilek, F. B., Demirel, G. N., A chemical substitution study for a wet processing textile mill in Turkey, Journal of Cleaner Production, 17, 239-247, 2009.
- Panameño, R., Gutiérrez-Aguilar, C.M., Angel, B.E., Fábio-César, S., Kiperstok, A., 2019. Temiz üretim ve LCA, çevresel değerlendirmede tamamlayıcı araçlar olarak: Brezilya'daki ahşap sektöründe bir vaka çalışmasında takas değerlendirmesinin tartışılması. Sürdürülebilirlik. 11.
- Queiroz, G., Cobra, R.L.R.B., Guardia, M., Oliveira, J.A., Ometto, A.R., Esposto, K.F., Temiz üretimde yalın üretim uygulamalarının kullanımı: Sistematik bir inceleme, 5. Uluslararası Temiz Üretimde İlerlemeler Çalıştayı, São Paulo, Brazil, 1–10, 2015.
- Ramos, S., Etxebarria, S., Ciudad, M., Gutierrez, M., San Martin, D., Iñarra, B., Olabarrieta, I., Melado-Herreros, Á., Zufia, J., 2020. Gıda endüstrisi için temiz üretim stratejileri, Gıda Endüstrisi ve Çevrenin Etkileşimi.
- Reddick, J. F., Blottnitz, H. V., Kothuis, B., Güney Afrika Kömür madenciliği ve işleme endüstrisinde daha temiz üretim: Bir vaka çalışması araştırması, Uluslararası Kömür Hazırlama ve Kullanım Dergisi, 28(4), 224–236, 2008.
- Reddick, J.F., Von Blottnitz, H., Kothuis, B., 2008. Güney Afrika kömür madenciliği ve işleme endüstrisinde temiz üretim: Bir vaka çalışması araştırması. Int. J. Coal Prep. Util. 28, 224–236.
- Şimşek, E., 2019. Temiz Üretim Uygulamalarında Çok Ölçütlü Karar Verme Metotlarıyla Mevcut En İyi Tekniklerin Belirlenmesi: Tekstil Sektörü Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Sirait, M., Endüstriyel atıkları azaltmak için daha temiz üretim seçenekleri: Doğu Java-Endonezya'daki Malang'daki batık endüstrisi örneği, IOP Konferans Serisi: Dünya ve Çevre Bilimi, 106(1), 1–5, 2018.

- Subramanian, N., Gunasekaran, A., Yirmi birinci yüzyıl örgütsel rekabet gücü için daha temiz tedarik zinciri yönetimi uygulamaları: uygulama-performans çerçevesi ve araştırma önerileri, *Int. J. Prod. Econ.*, 164, 216-233, 2015.
- Tangen, S., Verimlilik kavramının anlaşılması, 7. Asya Pasifik Endüstri Mühendisliği ve Yönetim Sistemleri Konferansı, Taipei Bildirileri, 4–8, 2002.
- Thorpe, B., 1999. Temiz Üretime Yönelik Vatandaş Rehberi. Temiz Üretim Eylemi.
- Triguero, A., Moreno-Mondejar, L., Davia, M.A., Enerji fiyatlarının temiz teknolojilerin benimsenmesi ve geri dönüşüm üzerindeki etkisi: Avrupa KOBİ'lerinden elde edilen kanıtlar, *Enerji Ekonomisi*, 46, 246-257, 2014.
- Tuckett, R. P., Atmosferik Gazların Küresel Isınmadaki Rolü, İklim Değişikliği: Dünya Gezegeni Üzerindeki Gözlemlenen Etkiler, Elsevier, 3-19, 2009.
- Birleşmiş Milletler, Dünya Çevre ve Sürdürülebilirlik Komisyonu Raporu, 1987.
- Birleşmiş Milletler, Dünya nüfus beklentileri: 2017 revizyonu, temel bulgular ve gelişmiş tablolar, Ekonomik ve Sosyal İşler Departmanı – Nüfus Bölümü, 5–10, 2017.
- Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı, Gündem <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21>, Erişim tarihi: 24.01.2024, 1992
- Birleşmiş Milletler Çevre Programı, 2019. Temiz Üretimi Anlamak. Erişim Tarihi: 15.04.2019. <http://www.unep.fr>
- Birleşmiş Milletler Çevre Programı Teknoloji, Sanayi ve Ekonomi Bölümü Temiz Üretim için Hükümet stratejileri ve politikaları, 2000.
- Birleşmiş Milletler Endüstriyel Kalkınma Örgütü Öğrenilen Dersler. <http://www.unido.org/doc/331360.htmls>, 2001.
- Amerika Birleşik Devletleri-Asya Çevre Ortaklığı, What is USAEP, USAEP Report, 2000.
- Van Berkel, R., Willems, E., Lafleur, M., 1997. Temiz üretim ile endüstriyel ekoloji arasındaki ilişki. *J. Ind. Ecol.* 1, 51–66.
- Vinodh, S., Çeviklik ve sürdürülebilirliğin iyileştirilmesi: Hindistan'daki bir döner anahtar üretim organizasyonunda bir vaka çalışması, *Temiz Üretim Dergisi*, 18(10–11), 1015-1020, 2010.
- Wan Mahmood, W.H., Ab Rahman, M.N., Jusoff, K., Saptari, A., Ebrahim, Z., Mohamed Sultan, A.A., Abu Bakar, M.H., Subramonian, S., Jano, Z., Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Üretim Performansı, Mühendislik ve Teknoloji Özel Sayısı, *WASJ*, 21, 76–84, 2013.
- Dünya Çevre Merkezi, Orta ve Doğu Avrupa ve Orta Asya Cumhuriyetleri'nde Endüstriyel Atık Azaltma Programının Son Raporu. İş birliği Anlaşması ANE-0004-A-00-0048-00. New York, 2001.

Yusup, M.Z., Wan Mahmood, W.H., Salleh, M.R., Tukimin, R., 2014. Temiz üretimin üretim sürdürülebilirliği üzerindeki iyimser etkisine dair bir inceleme. J. Adv. Manuf. Technol. 7, 79–100.



ÖZGEÇMİŞ

Buğra Furkan SALİHLİ, ilkokulu ve ortaokulu Cumhuriyet İlköğretim okulunda ve lise eğitimini Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında başladığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünü 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında Karadeniz Geri Dönüşüm Plastik Sn. ve Ltd. Şti.' de Çevre Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2019 yılında Araklı Taşönü Katı Atık Değerlendirme ve Bertaraf Tesisinde Evra Enerji Sanayi Ticaret A.Ş. bünyesinde çalışmaya başladı. İş hayatına bu şirkette devam etmektedir. 2021 yılında Giresun Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.