TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
MARMARA ARAŞTIRMA MERKEZİ

ÇEVRE VE TEMİZ ÜRETİM ENSTİTÜSÜ

SANAYİDE TEMİZ ÜRETİM OLANAKLARININ VE UYGULANABİLİRLİĞİNİN BELİRLENMESİ PROJESİ

5168B01

(ÇTÜE.16.318)

(PROJE SONUÇ RAPORU – EK RAPOR VI
MAYA SEKTÖRÜNDE TEMİZ ÜRETİM EL KİTABI)

DESTEKLEYEN KURULUŞUN ADI: ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI
ÇEVRE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

29/11/2016
GEBZE, KOCAELİ

PROJE ELEMANLARI

Adı Soyadı	Çalıştığı Kurum	E-Posta Adresi	Projedeki Sorumluluğu
Ceren TOSUN	ÇTÜE	Ceren.Tosun@tubitak.gov.tr	Proje Yöneticisi
Ayşegül AVİNAL	ÇTÜE	Aysegul.Avinal@tubitak.gov.tr	Proje Yönetici Yrd.
Dr. Şeyma KARAHAN	ÇTÜE	Seyma.Karahan@tubitak.gov.t	Proje Yönetici Yrd.
Tuba BUDAK DUHBACI	ÇTÜE	Tuba.Budak@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Dr. Emrah ŞIK	ÇTÜE	Emrah.s@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Kumru RENDE	ÇTÜE	Kumru.Rende@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Recep PARTAL	ÇTÜE	Recep.Partal@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Gizem ÇAKMAK	ÇTÜE	Gizem.Cakmak@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Tuğba DOĞAN	ÇTÜE	Tugba.Dogan@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Dr. İpek ERZİ	ÇTÜE	İpek.Erzi@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Doç. Dr. Ahmet BABAN	ÇTÜE	Ahmet.Baban@tubitak.gov.tr	Araştırmacı
Ahmet TAŞKIN	Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu	ahmettaskin42@gmail.com	Sektör Uzmanı (Demir-Çelik)
Doç. Dr. Mustafa TÜRKER	Pak Gıda Üretim Pazarlama A.Ş.	mustafa.turker@pakmaya.com	Sektör Uzmanı (Maya)
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ	Süleyman Demirel Üniversitesi	mehmetkitis@sdu.edu.tr	Danışman (Maya Sektörü)
Dr. Emrah ÖZTÜRK	Süleyman Demirel Üniversitesi	emrahozturk@sdu.edu.tr	Danışman (Maya Sektörü)
Prof. Dr. Deniz ÖZDEMİR	İstanbul Bilgi Üniversitesi	deniz.ozdemir@bilgi.edu.tr	Danışman (Fayda-Maliyet Analizi)
Doç. Dr. Anıl DUMAN		anilduman@gmail.com	Danışman (Fayda-Maliyet Analizi)

Bu raporlardaki verilere uyulmaksızın üretilecek ürünlerden TÜBİTAK MAM sorumlu değildir. Bu rapor kurumdan izin alınmadan reklam amaçlı kullanılamaz.

Yazışma Adresi:

P.K. 21 41470 Gebze/KOCAELİ
T: 0 262 677 20 00 F: 0 262 641 23 09 http://www.mam.gov.tr/

628.5 + 62 (047.3) = 512.161
SAN
Ek.6
2016

Sanayide temiz üretim olanaklarının ve uygulanabilirliğinin belirlenmesi projesi. Proje sonuç raporu : Ek rapor 6 : Maya Sektöründe Temiz Üretim El Kitabı. Proje No: 5168B01 / Ceren Tosun…(ve diğer.) ; dest.kuruluş Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Gen. Müd.- Gebze,Kocaeli : TÜBİTAK MAM , 2016.
I, 104 s. : şekiller, tablolar.- 30 cm . + 6 adet Ek rapor (TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi. Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü. ÇTÜE.16.318)
KONU : 1) Temiz üretim teknolojisi 2) Çevre kirlenmesi - Endüstriyel 3) Çevre koruma – Yönetmelikler 4) Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi – Uygulamalar 5) SANTEM

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ **3**

ŞEKİL LİSTESİ **5**

KISALTMALAR LİSTESİ **7**

1. GİRİŞ **9**

2. TEMİZ ÜRETİM NEDİR? **11**

2.1. Neden Temiz Üretim? 12

2.2. Temiz Üretim (TÜ) Denetimi Nasıl Yapılır? 13

3. MAYA SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU **15**

4. EKMEK MAYASI ÜRETİM PROSESLERİ **19**

4.1. Melasın Hazırlanması 21

4.2. Saf Kültür Üretimi 22

4.3. Ticari Maya Fermantasyonu 23

4.4. Ayırma (Seperasyon) ve Susuzlaştırma 24

4.5. Kurutma ve Paketleme 24

5. MAYA SEKTÖRÜ İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER (MET) **27**

5.1. Tesis Yönetiminde MET Uygulamaları 27

5.2. Hammadde Seçimi, Depolanması ve Kullanımında MET Uygulamaları 33

5.3. Su Yönetiminde MET Uygulamaları 36

5.4. Enerji Yönetiminde MET Uygulamaları 41

5.5. Buhar Üretimi ve Dağıtım Sistemlerinde MET Uygulamaları 52

5.6. Basınçlı Hava Sistemlerinde MET Uygulamaları 55

5.7. Soğutma, Isıtma ve Havalandırma Sistemlerinde MET Uygulamaları 57

5.8. Fermantasyon Proseslerinde MET Uygulamaları 64

5.9. Santrifüjle Ayırma Proseslerinde MET Uygulamaları 64

5.10. Evaporatör Sistemlerinde MET Uygulamaları 66

5.11. Soğutma/Dondurma Proseslerinde MET Uygulamaları 69

5.12. Paketleme Hattında MET Uygulamaları 73

5.13. Ayrık Atıksu Akımlarının Boru Sonu Arıtımında MET Uygulamaları 74
5.14. Atıksu Kaynaklarının Birleştirilip Kompozit Olarak Arıtılmasında MET Uygulamaları 77
5.15. Atık Gaz Emisyonlarında MET Uygulamaları 81
5.16. Gürültü Emisyonlarının Minimizasyonunda MET Uygulamaları 90
5.17. Katı Atıkların Yönetiminde MET Uygulamaları 93

KAYNAKLAR 97

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Ticari maya ürünlerinin özellikleri 20

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Temiz üretimin faydaları 12
Şekil 2.2 Temiz üretim değerlendirme yöntemi 13
Şekil 3.1 Türkiye'de ekmek mayası üretim miktarlarının yıllara göre değişimi 16
Şekil 3.2 Türkiye'nin mayalar (canlı, cansız) mikroorganizmalar, kabartma tozları ihracat ve ithalat değerleri 17
Şekil 4.1 Ekmek mayası üretim prosesinin tipik akım şeması 21

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AC	Alternatif Akım (Alternative Current)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADY	Aktif Kuru Maya (Active Dry Yeast)
AKM	Askıda Katı Madde
AMBR	Anaerobik Membran Biyoreaktör
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
CFC	Kloroflorokarbon
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı
HBFC	Hidrobromoflorokarbon
HCFC	Hidrokloroflorokarbon
IDY	Çözünebilir Kuru Maya (Instant Dry Yeast)
IPPC	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi (Integrated Pollution Prevention and Control)
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
MBR	Membran Biyoreaktör
MET	Mevcut En İyi Teknikler
MGBF	Malzeme Güvenlik Bilgi Form
NACE	Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması
NF	Nanofiltrasyon
PAK	Polialüminyum Klorür
PM	Partikül Madde
SANTEM	Sanayide Temiz Üretim Olanaklarının ve Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi
SITC	Uluslararası Standart Ticaret Sınıflaması (Standard International Trade Classification)
TÇK	Toplam Çözünmüş Katılar
TO	Ters Ozmos
TÜ	Temiz Üretim

TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme)
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (United Nations Industrial Development Organization)
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US Environmental Protection Agency)
UTÜM	Ulusal Temiz Üretim Merkezi
US	Ultrasonik Işıma
UV	Ultraviyole
VOC	Uçucu Organik Bileşikler (Volatile Organic Compounds)

1. GİRİŞ

Temiz üretim, kaynak kullanımı ve atık oluşumunu azaltmayı, geri dönüşüm ve yeniden kullanım yoluyla üretim süreçlerinde çevre performansını artırmayı ve maliyetleri düşürmeyi hedefleyen bir yaklaşımdır. Ülkemizde 1990'lı yılların sonlarında başlamış olan temiz üretim çalışmaları işletmeler bazında sürmekte olup, bu kapsamda imalat sanayinin çeşitli alt sektörlerinde temiz üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulamaların yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün sorumlulukları arasında yer alan "temiz üretim ve entegre kirlilik önleme çalışmalarına yönelik politika ve stratejilerin belirlenmesi ve ilgili mevzuatın hazırlanması" kapsamında ülkemizde temiz üretim ile ilgili ilk doğrudan mevzuat düzenlemesi olan "Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği" 2011 yılında yürürlüğe girmiş ve 2015 yılında revize edilmiştir. Tekstil sektörü ile başlatılan bu sürecin imalat sanayinde faaliyet gösteren diğer sektörlere de yansıtılması hedefiyle, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ile TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi arasında "Sanayide Temiz Üretim Olanaklarının ve Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi (SANTEM)" proje sözleşmesi 11.03.2016 tarihinde imzalanmıştır. SANTEM Projesi'nde demir-çelik ve maya sektörlerinin mevcut durumu, sektörel ihtiyaçlar, temiz üretim olanakları, teşvik mekanizmaları ve yasal düzenlemeler incelenerek, belirlenen çeşitli olanakların ülkemiz koşullarında uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Altı iş paketinden oluşan proje kapsamında, maya ve demir-çelik sektörleri için Türkiye'de ve dünyada uygulanan temiz üretim olanakları ve konu ile ilgili yürürlükte olan ulusal ve uluslararası mevzuat ve uygulamalar incelenmiştir. Her iki sektörde tesis ziyaretleri gerçekleştirilerek, prosesler yerinde incelenmiştir. Maya sektöründe Pak Gıda Üretim Pazarlama A.Ş. İzmit Fabrikası'nda, demir-çelik sektöründe ise, Bilecik Demir Çelik San. ve Tic. A.Ş., ÇEMTAŞ Çelik Makina Sanayi ve Tic. A.Ş. ve İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.'de gerçekleştirilen pilot tesis çalışmaları kapsamında temiz üretim denetimleri gerçekleştirilerek her iki sektöre yönelik Mevcut En İyi Teknik (MET) önerileri belirlenmiştir. Proje kapsamında düzenlenen sektörel çalıştaylarda MET önerileri önceliklendirilmiş ve öne çıkan teknikler için fayda maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir.

İşletme faaliyetlerinin çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi, işletmelerin çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanması ve temiz üretim teknolojilerinin kullanımına ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacıyla maya ve demir-çelik sektörleri için taslak mevzuat çalışması gerçekleştirilmiştir. Taslak mevzuat çalışmasına ilaveten yapılan Düzenleyici Etki Analizi (DEA) çalışmasında üç adet alternatif değerlendirilerek, taslak mevzuatta tanımlanacak temiz üretim uygulamalarının hayata geçirilmesi durumunda sağlanacak ekonomik, çevresel ve sosyal etkiler tahmin edilmiştir.

Proje çalışmaları kapsamında hazırlanan "Maya Sektöründe Temiz Üretim El Kitabı" ile sektör paydaşlarının mevcut en iyi teknikler hakkında bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır. Kitap genel olarak dört ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, temiz üretime yönelik genel kavramlar açıklanmıştır. İkinci ve üçüncü bölümlerde maya sektörünün mevcut durumu ve sektörde uygulanmakta olan üretim prosesleri hakkında bilgilere yer verilmiştir. Son bölümde ise, proje kapsamında pilot tesis çalışması, literatür incelemesi ve araştırmalar yoluyla maya sektörü özelinde belirlenen ve taslak tebliğ ekinde yer alan mevcut en iyi tekniklere ilişkin bilgiler paylaşılmıştır.

2. TEMİZ ÜRETİM NEDİR?

Temiz üretim, kaynak verimliliği ve kirliliğin kaynağında önlemesi vb. yaklaşımlar ile kaynak kullanımının azaltılması ya da etkinleştirilmesi ile birlikte, çevresel emisyonların azaltılmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Temiz üretim çevre, toplum ve iş dünyasını koruyan bir kazan-kazan stratejisidir. Bu nedenle temiz üretim kavramı sadece çevresel stratejileri değil aynı zamanda ekonomik ve sosyal yararları da en az çevre kadar içeren bir kavramdır (UNEP, 2004).

Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) yaptığı tanımlamaya göre ***temiz üretim***; verimliliğin artırılması ve çevre ve insanlar üzerindeki risklerin azaltılması için uygulanan, entegre, önleyici bir çevre stratejisinin proses, ürün ve hizmetlere sürekli uygulanmasıdır (UNEP, 2004).

Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO) ***temiz üretimi***, üretim süreçlerinin iyileştirilmesinde kullanılacak bir yol gösterici ve bütün üretim aşamalarında uygulanacak koruyucu ve bütünleşik bir strateji olarak kabul etmektedir (UNIDO, 2008).

Sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte gelişen temiz üretim konusu 1990'lı yıllardan beri gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerin gündemlerinde yer almaktadır. 1992 yılında Rio'da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nın ardından UNIDO ve UNEP'in iş birliği ile oluşturulan Ulusal Temiz Üretim Programı kapsamında 60'ı aşkın ülkede Temiz Üretim Programları yürütülmüş ve Ulusal Temiz Üretim Merkezleri (UTÜM) kurulmuştur. Türkiye'de ise 06/04/2013 tarih ve 218 sayılı Bilim Kurulu'nun 5 nolu kararı gereğince; TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, "Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü" olarak yeniden yapılandırılmış ve Ulusal Temiz Üretim Merkezi işlevini üstlenmiştir. Yerel şartlara uyum içinde, işletmeler ve devlet politikalarında temiz üretim stratejisini teşvik etmek ve ülke genelinde talepleri yaratmak ve karşılamak için yerel kapasiteyi geliştirmek Ulusal Temiz Üretim Merkezlerinin ortak amaçları arasında yer almaktadır (UNEP, 2002).

Küreselleşme, ekonomik büyüme ve dünya nüfusundaki artış doğal kaynaklar üzerindeki baskının ve rekabetin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmalar mevcut doğal kaynakların dünya nüfusunun ihtiyaçlarının karşılanmasında sürdürülebilir bir düzeyde olmadığını raporlamaktadır (Yılmazer, 2015). Tüketimin bu denli arttığı bir ortamda doğal kaynakların kısıtlı olması zaman içerisinde kaynak erişiminin zor ve maliyetli olmasına sebep olmaktadır. Bu kapsamda yaşanacak çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların giderilmesinde "kaynak verimliliği yaklaşımı" büyük önem taşımaktadır.

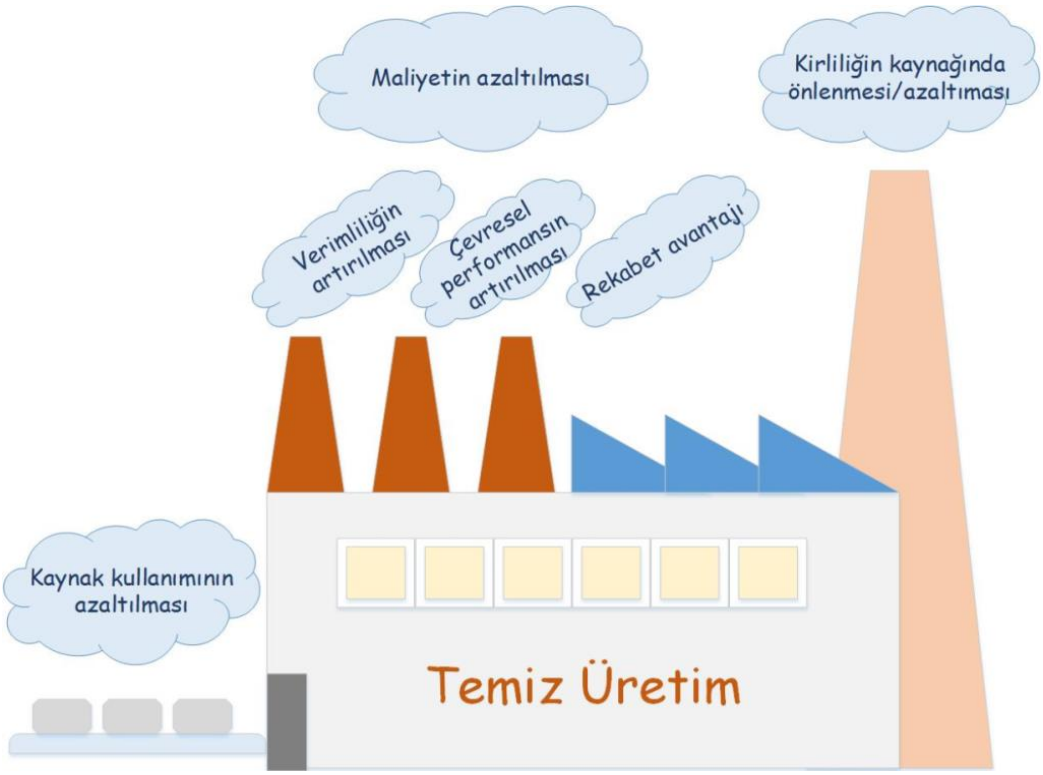
Avrupa Komisyonu, ***Kaynak Verimliliği'***ni dünyada sınırlı miktardaki kaynakların çevresel etkileri en aza indirilerek sürdürülebilir bir şekilde kullanılması olarak ifade etmektedir. Kaynak verimliliği daha az girdi ile daha fazla değer sağlayan bir yaklaşımdır.

Kaynakların verimli kullanılmasında tesislerin simbiyotik ilişkiler kurması ile işletmeler arasında malzeme ve enerji değişimi yapılabilmektedir. Endüstriyel simbiyoz olarak ifade edilen bu yaklaşımda birbirine fiziksel olarak yakın olup, normalde birbirlerinden bağımsız çalışan iki veya daha fazla endüstriyel işletmenin bir araya gelmesi ile hem çevresel performansların iyileştirilmesi hem de rekabet gücünün artırılması amacıyla ortaklıklar kurulmaktadır. Bu yaklaşım ile hem çevresel problemlerin önüne geçilmesi hem de ekonomik ve sosyal fayda sağlanması hedeflenmektedir.

2.1. Neden Temiz Üretim?

Dünya nüfusunun hızla artması ve mevcut doğal kaynakların tüketim ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde olmaması nedeniyle kaynaklar üzerindeki baskının azaltılarak ekonomik büyümenin sürdürülebilir hale gelmesi için kaynakların verimli kullanılması ve çevresel etkilerin önlenmesi/azaltılması gerekmektedir. İşletmelerin, hammadde temininden ürünün satışına kadarki süreçte tüm çevresel etkileri ele alan, sürdürülebilir bir ekonomik büyüme için işletme maliyetlerini azaltan ve ulusal/uluslararası pazarda rekabet gücünü artıran bir temiz üretim anlayışı içinde ilerlemeleri gerekmektedir. İşletmelerin temiz üretim yaklaşımı ile elde edebilecekleri faydalar genel hatlarıyla Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Temiz üretimin faydaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

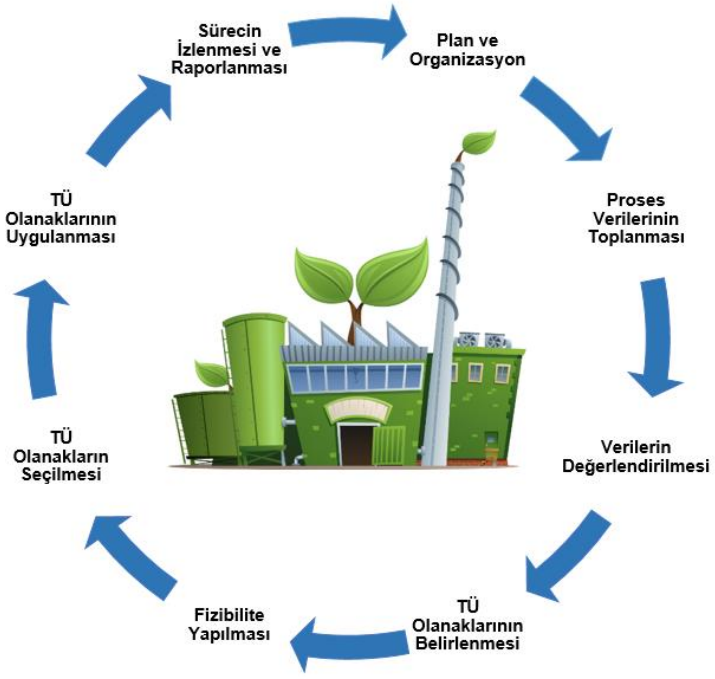
- Kaynak kullanımının azaltılması ve buna bağlı olarak işletme maliyetlerinin düşmesi
- Atık, atıksu ve emisyon miktarlarında azalma sağlanması
- Arıtma ve atık bertaraf maliyetlerinde azalma sağlanması
- Çevresel performansın artması
- Verimliliğin artması
- Ulusal/uluslararası çevre mevzuatına uyumun sağlanması
- Firmaların rekabet gücünün artması



Şekil 2.1 Temiz üretimin faydaları

2.2. Temiz Üretim (TÜ) Denetimi Nasıl Yapılır?

Temiz üretim süreklilik arz eden bir süreçtir. Bu sürecin değerlendirilmesi Şekil 2.2'de gösterildiği gibi 8 adımda gerçekleşmektedir. Temiz üretimin hayata geçirilmesindeki ilk adım, planlama ve organizasyondur. Bu adımda yapılacak temiz üretim değerlendirme çalışması (projesi) için yönetimden onay alınarak çalışanların ve yönetimin bu projeye katılım sağlaması ve bu projeyi benimsemesi sağlanır. Yönetimin onayı alındıktan sonra tesis çalışanlarının da yer aldığı bir proje ekibi kurulur ve ekip içinden bir lider seçilir. Proje kapsamında pazarlama, satın alma, finans/muhasebe, Ar-Ge, insan kaynakları, müşteri ve tedarikçiler de süreçte yer almalıdır. İhtiyaç duyulması halinde tesis dışından danışman/uzman kişiler de sürece katılmalıdır. Proje ekibinin temiz üretim değerlendirme çalışmasına başlamadan önce politika, amaç ve hedef belirlemesi gerekmektedir. Bu kapsamda firmanın çevre politikası proje ekibi için yol gösterici olacaktır. Firmanın çevre politikalarını nasıl hayata geçireceği konusunda ortaya koyacağı hedefler ölçülebilir ve izlenebilir olmalıdır. Hedefler belirlendikten sonra proje ekibi temiz üretim değerlendirmesi kapsamındaki faaliyetlerini detaylandıracağı bir iş ve zaman planı yapmalıdır. İş ve zaman planı kapsamında her bir faaliyet detaylı olarak tanımlanmalı, sorumlu kişiler atanmalı ve faaliyet süresi belirlenmelidir.



Şekil 2.2 Temiz üretim değerlendirme yöntemi

Planlama ve organizasyondan sonra ikinci adım proses verilerinin toplanmasıdır. Bu adımda amaç üretim proseslerinin tanımlanarak, girdi ve çıktıları gösteren proses akım şemalarının oluşturulmasıdır. Proses akım şemaları oluşturulurken gerek duyulan verileri derlemek için bir kontrol listesi hazırlanır. Firma ile ilgili veriler toplanırken, aynı zamanda karşılaştırma yapılabilmesi için aynı sektörde faaliyet gösteren diğer işletmelere ait literatür verileri derlenir.

Bir sonraki adımda kontrol listesi temel alınarak toplanan veriler ve proses akım şemaları değerlendirmeye tabi tutulur. Tesis için kütle-enerji denklikleri oluşturularak kayıp-kaçaklar ve

verimsizlikler tespit edilir. Veri toplanırken ortaya çıkan problemler listelenir ve bu problemlere yönelik çözümler var ise bunlar kayıt altına alınır.

Verilerin değerlendirilmesinin ardından tesis için temiz üretim olanakları belirlenir. TÜ olanaklarının belirlenmesinde firma çalışanlarının ve proje ekibinin deneyimi oldukça önemlidir. Veri toplanırken ortaya çıkan problemlerin dikkatli bir şekilde ele alınmasıyla pek çok TÜ olanağı tespit edilebilir. Ayrıca bu çalışmalar yapılırken proje ekibi dışında firmanın diğer birimlerinden de çalışanların katılım sağlaması tavsiye edilmektedir.

Belirlenen TÜ olanaklarının değerlendirilmesinde teknik ve ekonomik yapılabilirliğin yanı sıra, çevresel etkiler de dikkate alınmalıdır. Seçilen TÜ olanaklarının hayata geçirilmesinde ihtiyaç duyulacak teknik altyapının mevcut/yeterli olmadığı durumlarda teknik/teknolojik ne gibi değişimlere ihtiyaç duyulacağı tespit edilmelidir. İkinci olarak TÜ olanaklarının ekonomik açıdan uygulanabilirliği incelenmelidir. Bu aşamada maliyet gerektiren uygulamalar için yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve geri ödeme süreleri hesaplanmalıdır. Üçüncü olarak da TÜ olanaklarının çevresel etkileri tespit edilmelidir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, hayata geçme olasılığı en yüksek olan TÜ olanakları proje ekibi ve yönetim tarafından belirlenir. Bu süreçte, geri ödeme süresi, işin aciliyeti ve finansal kaynağa erişim kolaylığı öncelikli kriterler arasında yer almaktadır.

Seçilen TÜ olanaklarının hayata geçirilmesine ilişkin bir uygulama planı hazırlanmalıdır. Uygulamanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan ekipman, teknik destek, insan kaynağı, Ar-Ge vb. ihtiyaçlar tespit edilerek, bunların karşılanması için süre ve maliyet tanımlanmalı ve bir plan dahilinde organize edilmelidir. Seçilen TÜ olanaklarının uygulanması kapsamında eğer yatırım gerektiren bir uygulama varsa firma diğer yatırım projelerinde kullandığı benzer süreçleri takip etmelidir.

Uygulanan TÜ olanaklarının etkinliğinin değerlendirilmesi TÜ sürecinin devamlılığı için oldukça önemlidir. Etkinliğin değerlendirilmesinde, birim üretim başına atık miktarındaki azalma, birim ürün başına tüketim miktarındaki azalma vb. performans göstergeleri takip edilerek raporlanmalıdır (MfE, 1997; TTGV, 2011).

3. MAYA SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU

Maya, şüphesiz ticari olarak üretilen ve insanoğlu tarafından güvenle tüketilen en önemli mikroorganizmalardandır. M.Ö. 2600'lere kadar giden kayıtlarda, mayanın ekmek yapımı için kullanıldığı, M.Ö. 1200'lerde Hammurabi zamanında ise ekmek yapımının uzmanlık gerektiren bir sanata dönüştüğü bilinmektedir. Mayalanmış ekmeğin keşfi genellikle Eski Mısırlılara atfedilmektedir. Bira mayasının başlangıçta buğday unu ile karıştırılarak sarayda ekmek yapımında kullanıldığı tahmin edilmektedir. Daha sonra bu yöntem, ekşi hamur prosesi olarak Mısırlılar tarafından yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır. Bu şekilde ekmek yapımı daha sonra Mısır'dan tüm Akdeniz Bölgesi'ne yayılmıştır (Türker, 2016).

Fırıncılar, ihtiyaçları olan mayayı 19. yy'a kadar yerel bira üreticilerinden temin etmişlerdir. 19. yy'dan itibaren ise artan ihtiyaçla birlikte fırıncıların ihtiyacı olan maya, küçük fabrikalarda üretilmeye başlanmış ve böylece ekmek mayası sektörü doğmuştur (Türker, 2016).

Muhtemelen en erken ekmek mayası üretimi 1780'lerde Hollanda'da başlamıştır. Dutch Prosesi olarak adlandırılan bu ilk proseste, kullanılan hammaddeye bağlı olarak %4-6 civarında maya verimi elde edilmiştir. Yine bu yıllarda Pasteur belli bir miktar şeker üzerinde üreyen maya miktarının, mayşenin havalandırılması durumunda arttığını keşfetmiştir. Daha sonra Mautner tarafından 1846'da Viyana Prosesi geliştirilmiştir. Bu proseste mayşeden düşük bir miktarda hava akımı geçirilerek, maya veriminin önemli ölçüde artması ve %22'lere varan verim değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Modern yaş maya sektörünün kurulumu Pasteur'ün son yıllarına denk gelmiştir. Marquardt 1879 yılında mayşeyi havalandırma prosesini geliştirmiş ve maya verimleri kuramsal değerlerin %50-60'ına kadar yükselmiş ve alkol verimleri %20'lere gerilemiştir. Maya sektöründe filtre pres ilk olarak 1867 yılında, kesme makinesi 1878 yılında ve santrifüj seperatörü ise 1905 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki en önemli adım Danimarkalı bilim adamı Soren Sak (1919) ile Alman bilim adamı F.F. Hayduck (1919) tarafından eşzamanlı olarak gerçekleştirilen ve patentlenen prosestir. Bu proseste, şeker çözeltisi havalandırılan fermentöre yavaş ve kontrollü olarak beslenmiştir. Zulaufverfahren olarak adlandırılan bu proseste melas üzerinde maya verimi %75'lere kadar çıkarılmış ve daha sonra yapılan iyileştirmelerle %100'lere ulaşılmıştır (Frey, 1930; Frey, ve diğerleri, 1936; Rose, 1993). Daha sonra tüm fermantasyon endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanan bu proses, kesikli besleme veya yarı-kesikli (fed-batch) besleme prosesi olarak bilinmektedir. Günümüzde bu proses organik asitlerin, enzimlerin, antibiyotiklerin, vitaminlerin ve farmasötik proteinlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kesikli ve sürekli prosesin avantajlarını birleştiren yarı kesikli proses bugün pek çok ürünün üretilmesinde en çok tercih edilen yöntemdir (Türker, 2005).

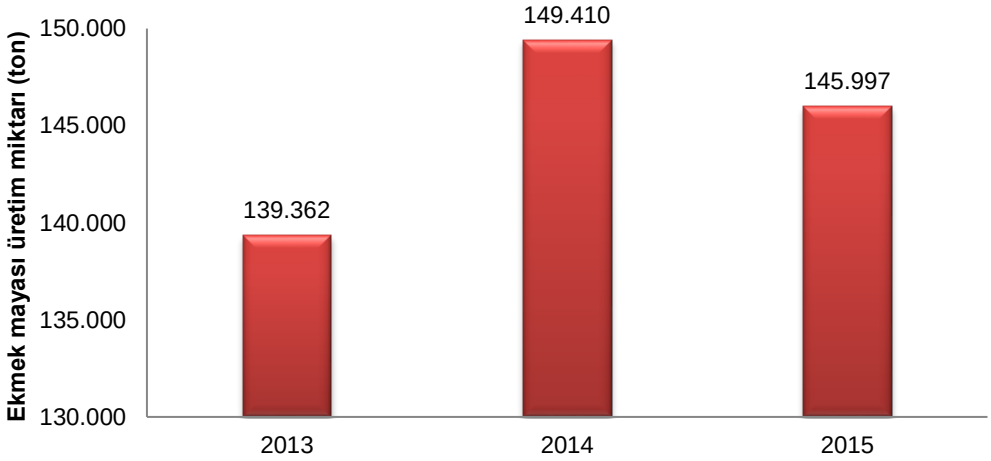
Birçok fırın ürününün temel bileşeni olan ekmek mayası, karbondioksit üretimi yoluyla hamuru olgunlaştırır ve ekmeğin tadını iyileştirir. Ekmek mayası, yaş veya kuru maya olarak üretilmektedir. Türkiye'de fırıncılık sektörünün tamamına yakını ekmek üretiminde yaş maya kullanmaktadır. Pres veya sıvı formda üretilen yaş ekmek mayası, Türkiye'de daha çok pres maya formunda satılmaktadır (Rekabet Kurumu Başkanlığı, 2016).

Sıvı ekmek mayası, yaş mayanın ekmek üreticisinin kullanımına uygun olarak sulandırılması sonucu elde edilir. Raf ömrü çok kısa olan sıvı mayanın muhafazası için özel donanım ve hijyen açısından daha dikkatli depolama alanlarına ihtiyaç olduğundan, sıvı maya piyasada pek tercih edilmemektedir. Raf ömrünün kısa olması nedeniyle yaş maya daha ziyade yurt içinde tüketilmektedir (Rekabet Kurumu Başkanlığı, 2016).

Granüller halinde kurutularak elde edilen kuru mayanın raf ömrü ise üretimden itibaren 2 yıla kadar çıkmaktadır. Ağırlık açısından kuru mayanın yaş mayaya göre daha avantajlı olması nedeniyle kolaylıkla ihraç edilebilmektedir. Lojistik ve dağıtım sistemlerinin az gelişmiş olduğu ülkelere büyük oranlarda kuru maya ihracatı yapılmaktadır (Rekabet Kurumu Başkanlığı, 2016).

Ticari boyutta maya üretimi özellikle 20. yy'da önemli ölçüde gelişmiş olup, küresel ticarette önemli bir yer tutmakta olan maya üretiminin zaman içerisinde giderek daha önemli bir noktaya gelmesi beklenmektedir. Ekmek mayası üretim kapasitesi dünya genelinde yaklaşık 2 milyon tondur (Ünal, 2011).

NACE Rev.2 sınıflandırma sisteminde 10.89.13.34 kodu ile ifade edilen ekmek mayasının 2013, 2014 ve 2015 yılları için Türkiye'deki üretim miktarları Şekil 3.1'de verilmiştir (TÜİK, 2016a).

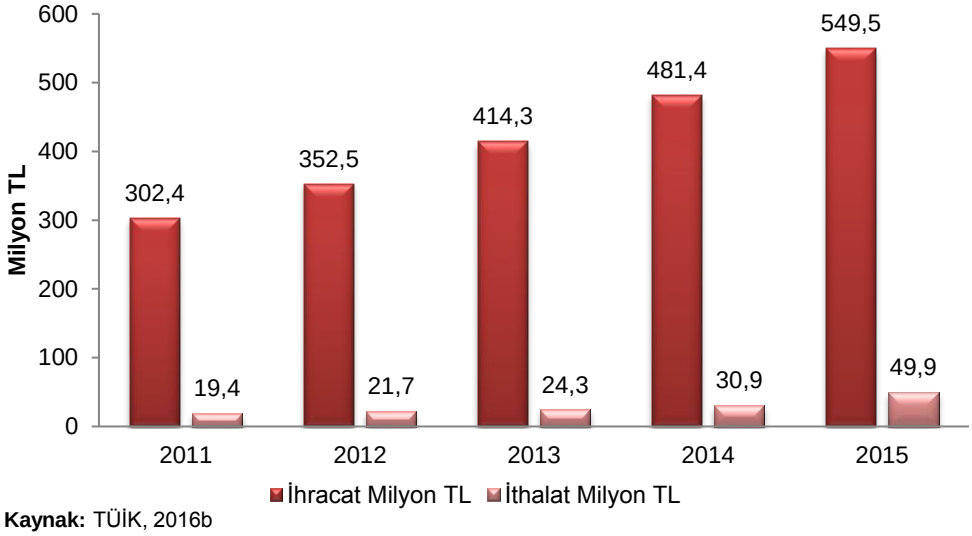


2013 yılı verilerinde eksik olan Temmuz ayı için 11 ayın ortalaması alınmıştır.
2014 yılı verilerinde eksik olan Haziran, Eylül ve Kasım ayları için 9 ayın ortalaması alınmıştır.
2014 yılı verilerinde eksik olan Temmuz, Ağustos ve Ekim ayları için 9 ayın ortalaması alınmıştır.
Kaynak: TÜİK, 2016a

Şekil 3.1 Türkiye'de ekmek mayası üretim miktarlarının yıllara göre değişimi

Ekmek mayası üretim istatistikleri incelendiğinde, 2014 yılında ekmek mayası üretiminin 2013 yılına göre %7,2 oranında artış göstererek 149,4 bin tona ulaştığı, 2015 yılında ise 2014 yılına kıyasla %2,3 oranında bir azalma olduğu görülmektedir.

Ekmek mayası ihracat ve ithalatına ait verilere NACE Rev.2 sınıflandırma sisteminden ulaşılamadığı için bu veriler SITC Rev.4 sınıflandırma sisteminden temin edilmiştir. Ekmek mayasını da içeren SITC Rev.4 sınıflandırma sisteminde yer alan 09860 kodlu "Mayalar (canlı, cansız) mikroorganizmalar, kabartma tozları" alt grubunun ithalat ve ihracat verileri incelendiğinde (Şekil 3.2) ülkemizin ihracat değerinin 2011-2015 yılları arasında her sene ortalama %16 oranında, ithalat değerinin ise ortalama %28 oranında artış gösterdiği gözlenmektedir (TÜİK, 2016b).



Kaynak: TÜİK, 2016b

Şekil 3.2 Türkiye'nin mayalar (canlı, cansız) mikroorganizmalar, kabartma tozları ihracat ve ithalat değerleri

4. EKMEK MAYASI ÜRETİM PROSESLERİ

Maya, mikroorganizma ailesinin fungi grubuna mensup ve çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük tek hücreli canlılardır. Bilinen yaklaşık 600 adet maya türü olmakla birlikte, bunlardan çok azı ticari öneme sahiptir. Maya türlerinin kendine özgü rolleri mayalı içecek üretimi ve ekmek mayası üretimi gibi endüstriyel fermantasyon proseslerinde değişimler ya da farklılıklar gösterebilmektedir (Ersahin, ve diğerleri, 2011). Genel olarak maya üretimi uygun pH ve sıcaklık koşulları altında gerekli besi maddelerini içeren sıvı ortama bir miktar aktif maya ilave edilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Ünal, 2011). Günümüzde ticari açıdan en çok bilinen ve üretimi gerçekleştirilen maya türü "*Saccharomyces cerevisiae*"dir (Stone, 1998). Bu maya türü ekmek ve alkollü içecek üretiminde kullanılan endüstriyel bir mikroorganizmadır (Ildırar, 2014). *Saccharomyces cerevisiae* tarih boyunca ekmek yapımı ve bira yapımında kullanılan bir maya türü olmuştur. Mayalar aynı zamanda enzim ve vitaminlerin üretiminde de kullanılmaktadır (Ersahin, ve diğerleri, 2011).

Bir maya hücresi, gelişme ve üreme gibi fonksiyonlarını yerine getirebilmek için enerjiye ihtiyaç duymakta ve bu enerjiyi de genellikle şekerden sağlamaktadır. Diğer temel gereksinimlerden biri de oksijendir. Ancak oksijen anaerobik şartlarda gelişen maya türleri için sınırlayıcı bir faktör de olabilmektedir. Aerobik şartlarda maya hücrelerinin gelişmesi ve büyümesi için uygun koşullar sağlandığında karbondioksit ve su oluşumu gerçekleşirken, anaerobik şartlarda etil alkol ve karbondioksit oluşumu söz konusudur (Ünal, 2011).

Aerobik şartlarda maya üretimi gerçekleştirildiğinde, mayanın istenilen şekilde üretilebilmesi için ortamda oksijen aktarımına bağlı olarak etanol oluşumunun daha az olması beklenmektedir. Aerobik şartlarda maya üretiminde etanol üretiminin istenilenden fazla olması oksijen aktarımının sorunlu olduğu ve ortam şartlarının giderek anaerobik hale gelmeye başladığının bir göstergesidir. Ekmek mayası üretimi aerobik şartlarda gerçekleşmekte ve fermantasyon süreçlerinde fermente edilebilir şekerin maya hücreleri tarafından karbondioksit ve suya dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir (Ünal, 2011).

Ekmek mayası, yaş ve kuru maya olmak üzere ikiye ayrılır. Yaş maya; taze krem/sıvı maya ve yaş pres maya olarak, kuru maya ise; aktif kuru maya ve çözünebilir (instant) kuru maya olarak sınıflandırılmaktadır (Stone, 1998; Baladın, 2007). Yaş ve kuru maya, benzer üretim proseslerine sahiptir. Bu ticari maya türleri arasındaki temel fark, kuru mayanın farklı maya suşundan geliştirilmesi ve fermantasyon devamında gerçekleştirilen ayırma proseslerinden sonra kurutulmasıdır. Kuru maya türleri olan aktif ve instant maya arasındaki temel fark ise, aktif maya ılık suda çözünürken, instant mayanın çözünmesine ihtiyaç duyulmamasıdır (Yılmaz, 2014).

Ticari mayaların bazı özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Yaş maya, ekmek mayasının klasik kullanım şeklidir. Kuru madde oranı %27-34 ve proteini %42-56 (Kjeldahl protein olarak) arasındadır. İçerdiği yüksek su oranı nedeniyle yaş mayanın raf ömrü kısadır ve özellikle 0-6°C arasında muhafaza edilmelidir. Bu koşullarda raf ömrü 3-4 haftadır. Saklama sıcaklığı arttıkça, yaş mayanın raf ömrü azalır. Donmuş hamur uygulamaları için yaş mayanın taze olması istenir. Granülat yaş maya ise normal yaş maya ile aynı özelliklere sahiptir. Fakat döner filtreden sonra ekstrudere girmeden doğrudan granülat formda polietilen torbalara doldurulur (Beudeker, ve diğerleri, 1990; Caron, 1995).

Tablo 4.1 Ticari maya ürünlerinin özellikleri

Ürün	Şekil	Kuru Madde (%)	Protein (%)
Maya Sütü	Sıvı	16-20	42-56
Yaş Maya	Blok veya granül	27-34	42-56
Aktif Kuru Maya	Küresel veya çubuk granül	92-94	40-43
İnstant Kuru Maya	Küçük çubuk granül	94-96	42-52

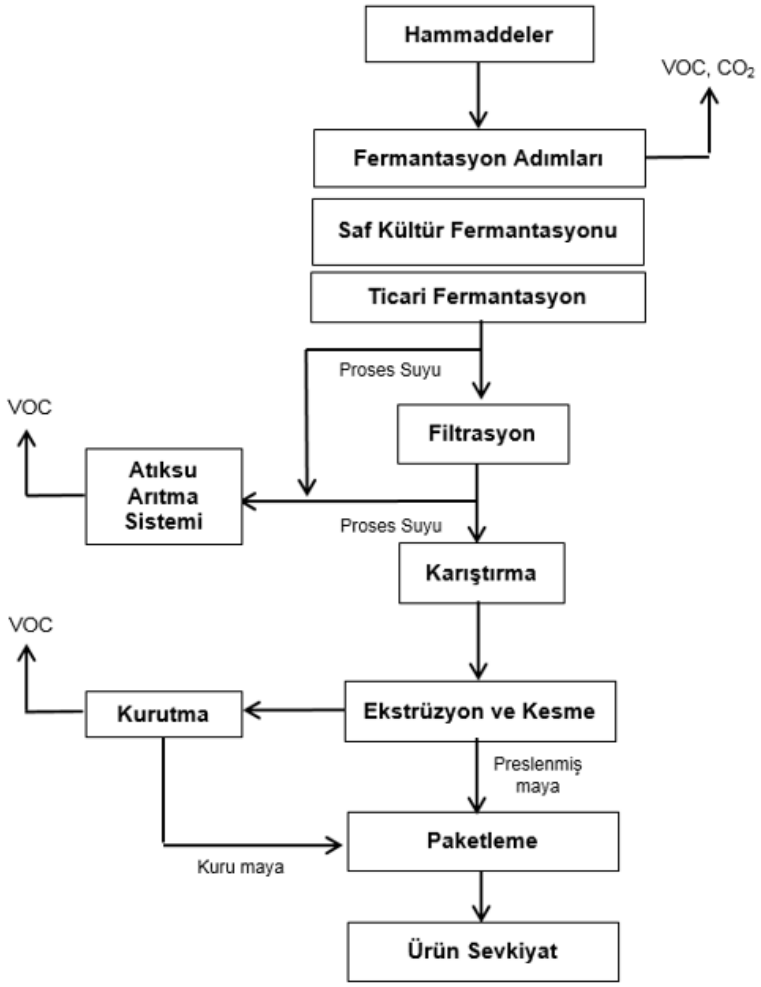
Kaynak: Beudeker vd., 1990; Caron, C., 1995

Sıvı maya (maya sütü) ise seperatörlerden elde edilen maya sütüdür. Kuru madde oranı %16-20, protein oranı ise normal yaş maya ile aynıdır (Türker, 2016).

Aktif kuru maya (ADY) %92-94 kuru madde miktarında, kurutulmuş yaş pres mayasıdır. Aktif kuru mayanın geçmişi 1920'lere kadar gitmesine rağmen, ticari olarak geliştirilmesi ve üretilmesi İkinci Dünya Savaşı sıralarında olmuştur. ADY hava geçirmez, vakum veya inert gaz altında paketlenir. Oda sıcaklığında, kapalı ambalajlarda raf ömrü en az bir yıldır. Bununla beraber bir yıldan çok daha uzun süre aktivite gösterir. Bu özelliği, yaş mayaya ulaşmanın zor olduğu yerlerde aktif kuru mayayı en önemli alternatif haline getirmiştir (Türker, 2016).

İnstant kuru maya (IDY) ise aktif kuru mayaya alternatif olarak 1970'lerde geliştirilmiştir. İnstant mayanın proteini nispeten yüksektir. IDY'nin kabartma gücü optimum koşullarda yaş mayaya yakındır. Vakum veya inert gaz (CO_2 veya N_2) altında paketlenir. Oksijenin kuru ürüne zarar verdiği, mayanın kabartma gücünü azalttığı bilinmektedir. IDY'nin granülleri ADY'ye göre daha küçük, çubuk şeklindedir ve yüzeyi daha gözeneklidir. Bu nedenle rehidrasyona ihtiyaç duymaz ve doğrudan kullanılır. Yüzey alanının yüksek olması oksijen veya su ile temas etmesi durumunda kabartma gücünü hızla kaybetmesine sebep olur. Bu nedenle paket açıldıktan sonra birkaç gün içinde kullanılmalıdır. Eğer rehidrasyon koşulları aşırıya kaçarsa, örneğin soğuk suyla temas halinde yüksek gözeneklilikten dolayı maya oldukça zarar görür (Türker, 2016).

Maya üretimi genel olarak, *saf kültürün yetiştirilmesi, ticari fermantasyon süreçleri, ayırma (seperasyon), soğutma, kesme, kurutma ve paketleme* aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 4.1'de maya üretiminin tipik proses akım şeması verilmektedir.



Kaynak: USEPA, 1994

Şekil 4.1 Ekmek mayası üretim prosesinin tipik akım şeması

4.1. Melasın Hazırlanması

Ekmek mayası üretiminde kullanılan ve ekmek mayası olarak da bilinen "*Saccharomyces cerevisiae*" maya türü, gelişmesi ve büyümesi için gerek duyduğu enerjiyi şeker sektörünün yan ürünü olan melastan karşılamaktadır. Melasın maya üretim proseslerinde temel karbon kaynağı olarak kullanılmasının başlıca nedenleri, kolay ulaşılabilir ve düşük maliyetli olması, aynı zamanda maya üretimi için gerekli karbona sahip çeşitli şeker türlerini (sukroz, glikoz ve fruktoz) içermesidir. Melas %45-55 oranında sukroz, glikoz ve fruktoz formunda fermente edilebilir şekerleri içermektedir. Bu şekerler maya hücre duvarında ve periplazmik boşlukta bulunan enzimler tarafından parçalanarak hücre içerisine alınmaktadır. Mayanın pentoz gibi yüksek molekül ağırlıklarına sahip şekerleri karbon kaynağı olarak kullanabilme yeteneği bulunmamakta ve bu yüzden karbon kaynağı olarak temel yapı taşı heksoz olan şeker kaynaklarını kullanmaktadır. Bu noktada ticari maya üretiminde elde edilebilirlik, inhibitör ve toksin içerikleri ile maliyet faktörleri şeker kamışı ve şeker pancarı melaslarının kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak ticari maya üretiminde pancar melasının kullanımı daha yaygındır. Bunun başlıca

nedenleri arasında pancar melasının işlenmesinin ve fermantasyonda kullanılabilirliğinin kolay olması, pancar melasına erişimin daha kolay olması ve daha açık renkte ticari mayanın üretilebilmesine olanak sağlamasıdır. Sadece kamış melası da maya üretiminde tek başına kullanılabilir. Ancak şeker kamışı melası bünyesinde yüksek oranda biyotin içerdiğinden ve bu madde maya üretiminde eklenen yardımcı bir hammadde olduğundan, maya üretiminde şeker kamışı melası kullanılması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca şeker pancarı ve şeker kamışı melası maya fermantasyonunda belirli oranlarda karıştırılarak da kullanılabilmektedir (Ildırar, 2014).

Maya üretiminde hammadde olarak kullanılan melas ham haliyle fermantasyon süreçlerinde kullanılamamakta ve ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir. Bu ön işlem, melas hazırlama süreci olarak adlandırılmaktadır. Bu süreçte, öncelikli olarak viskoz halde olan melasın sulandırılarak seyreltilmek suretiyle daha akışkan ve homojen hale getirilmesi gerekmektedir. Seyreltme işlemi sonrasında melas bir santrifüj ile ayırma sürecinden geçirilerek yapısındaki çamur gibi diğer katı parçacıklardan ayrılması gerekir. Bu işleme “klarifikasyon” işlemi de denilmektedir. Biyolojik bir süreç olması nedeniyle maya üretimi için melasın fermantasyon öncesinde sterilize edilmesi gerekmektedir (Ildırar, 2014).

4.2. Saf Kültür Üretimi

Saf kültür üretimi, maya üretiminin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Saf kültür üretimi, saf mayanın laboratuvar ortamında yatık agar içerisinde uygun koşullarda üretildikten sonra bir seri küçük ölçekli fermantasyon kabında çoğaltılması olarak tanımlanmaktadır. Saf kültür üretiminin ilk aşamasını mayanın yatık agarda 2 ila 4 gün arasında büyütülmesi oluşturmaktadır. Maya üretimi için kullanılan kültürler 3 ila 6 ay boyunca yatık agar tüplerinde +4°C sıcaklıkta hava temasının çeşitli yöntemlerle engellenmesi suretiyle saklanabilmektedir. Bu saklama koşulları için çok nadir de olsa liyofilize formda gliserol ile dondurma veya sıvı azot altında saklama yöntemleri kullanılmaktadır. Daha uzun süreli saklama koşullarına ihtiyaç duyulduğunda ise genellikle yatık agar tüpü yüzeyinin mineral yağ ile kapatılması yöntemi de kullanılmaktadır (Delipınar, 2007; Ünal, 2011; Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014; Baladın, 2007; USEPA, 1994).

Saf kültürden ticari maya üretimine kadarki süreç, saf kültürün ticari maya fermentörlerine nazaran daha küçük ölçekli ve sadece elde edilen saf kültürün yetiştirilmesi-üretilmesi amacıyla kullanılan fermantasyon tanklarında aşılanması ile devam etmektedir (USEPA, 1994). Bu küçük ölçekli tanklara saf kültür fermantasyon tankı da denmektedir. Saf kültür fermantasyonu kesikli bir süreçtir ve saf kültürün fermantasyon tankı içerisinde gelişimi 13-24 saat içerisinde gerçekleşmektedir. Maya fermantasyon tankları aerobik şartlar (serbest oksijen veya aşırı hava ortamı) altında işletilmektedir. Eğer fermantasyon sürecinde oksijen ilavesi yapılması gerekli olursa sterilize edilmiş (şartlandırılmış) hava kullanılmaktadır. Anaerobik şartlarda fermantasyon tankları içerisinde fermente olabilen şekerler, etanol ve karbondioksit oluşumunda tüketilebilmektedir. Bu durum maya üretim veriminin düşmesine neden olmaktadır (Delipınar, 2007; Ünal, 2011; Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014; Baladın, 2007; USEPA, 1994). Saf kültür üretim süreci, ticari maya fermantasyon süreçlerine benzer şekillerde yürütülmektedir. Ancak saf kültür üretiminde, üreticiye bağlı olarak genellikle 2 ya da 4 adımlı fermantasyon süreçleri kullanılabilmektedir. Dört adımlı saf kültür fermantasyonu; saf kültür, stok, pitch ve ticari mayalama adımlarından oluşmaktadır (Baladın, 2007). Dört adımlı saf kültür fermantasyon serileri kullanıldığında, maya büyümesinin orta basamağında bir besleme olmadan saf kültür aşaması dört adımın ilki ile devam etmektedir. Orta adımın fermentör içeriği artan besleme için donanımlı ve iyi havalandırması olan bir tanka pompalanıp ikinci adıma girmektedir (Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014; Baladın, 2007). Üretimin her

aşamasında üretilen maya bir sonraki adımda aşı olarak kullanılmaktadır (EC, 2006). Genellikle stok fermantasyon olarak adlandırılan adımda fermantasyondan sonra maya stoku üretimi sonraki adımlar için mayanın santrifüj ile fermentör sıvı kütlesinden ayrılmasını gerektirmektedir (USEPA, 1994).

4.3. Ticari Maya Fermantasyonu

Ticari maya fermantasyonu, saf kültür fermantasyonunda geliştirilen mayanın ayrılarak büyük ölçekli ticari maya fermentörlerine aşılanmasını kapsamaktadır. Bu transfer aşamalarında havalandırmanın uygun seviyede olması gereklidir (Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014). Fermantasyon süreçlerinde güçlü havalandırma yapılmakta ve besin gereksinimleri (melas, besi elementleri, vitaminler) ilave edilmektedir (Baladın, 2007). Elde edilen maya, santrifüj yardımıyla fermantasyon sıvısından ayrılarak ticari maya fermentörüne iletilinceye kadar maya üretimini başlatmak ve sürdürmek amacıyla kademeli olarak gerekli besi maddeleri ilave edilmektedir (Delipınar, 2007; Ildırar, 2014). Ticari maya fermentörleri genellikle kesikli çalışmalarına rağmen ardışık besleme sistemleri ile donatılmaktadır. Bu besleme sistemleri fermentör sıvısının yüzeyinde melası dağıtan bir boru ya da seri boru sistemlerinden oluşabilmektedir. Fermentörlere beslenen melasın besleme oranı proses için oldukça önemli bir kriter olduğundan, düzenli aralıklarda belirli bir melas hacmi sağlayan bir pompa ya da rotametredeki valf ile bağlantılı bir hız kontrol ekipmanı ile kontrol edilmektedir. Diğer besi maddelerini ve vitaminleri içeren çözeltiler ayrı bir tank içerisinde hazırlandıktan sonra rotametre ile fermentör içerisine ilave edilmektedir. Eğer amonyak azot kaynağı olarak fermentöre beslenecekse bu durumda besleme hızının fermentör içerisinde ani pH değişimlerine neden olmayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Ticari maya fermantasyon tankları genellikle 30-35°C sıcaklıkta işletilmektedir (USEPA, 1994).

Önceki fermantasyon aşamalarında olduğu gibi son ticari fermantasyon tanklarına da melas ve diğer besi maddelerinin ilavesi söz konusudur. Fermantasyonda kullanılan melas %45-50 oranında kalıcı şekerler, %15-20 oranında şeker olmayan maddeler, %10-15 oranında mineraller ve %20 oranında su içermektedir (Ersahin, 2011). Azot, potasyum, fosfat, magnezyum, kalsiyum, demir, çinko, bakır, mangan ve molibden gibi maya üretiminde gerek duyulan makro ve mikro besi maddelerinin farklı oranlarda kullanımı söz konusudur (DrYeast, 2016). Azot kaynağı olarak, sulu amonyak, amonyum tuzları ve üre kullanılmaktadır (Ildırar, 2014). Maya fermantasyon süreçlerine ilave edilen azot miktarları maya hücrelerinin protein seviyelerinin, aktivite ve stabilite özelliklerini etkileyen stratejik bir öneme sahiptir (DrYeast, 2016). Bunun haricinde biyotin, inositol, pantotenik asit ve tiyamin gibi bazı vitaminler de maya üretiminde kullanılmaktadır (Delipınar, 2007; Ünal, 2011). Ticari maya üretiminde vitaminler maya hücrelerinin gelişimini ve kompozisyonunu etkilemektedir. Bu nedenle ticari maya fermantasyon süreçlerinde yaklaşık 5 farklı B vitamin kompleksleri kullanılmaktadır (DrYeast, 2016). Bu vitaminler arasında yer alan biyotinin, genellikle hammadde olarak sadece pancar melası kullanıldığı durumlarda dışarıdan eklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Ildırar, 2014). Ancak şeker kamışı melasında biyotin yeterli seviyelerde bulunmaktadır. Dolayısıyla maya üretiminde hammadde olarak sadece şeker pancarı melası değil bununla birlikte bir miktar şeker kamışı içeren bir karışımın kullanılması yaygın görülen bir uygulamadır (DrYeast, 2016). Bu besi maddelerinin ve melasın fermentörlere beslenmeden önce homojen hale getirilmiş ve sterilize edilmiş olması gerekmektedir. Ayrıca maya fermantasyonu sırasında karıştırmanın da etkisi ile yüzey geriliminin azaltılması ve köpük oluşumunun engellenmesi için köpük kesici maddelerin de ilave edilmesi gerekli olabilmektedir (EC, 2006).

Ticari maya fermantasyonunda yüksek miktarlarda steril hava verilmesi gerekmektedir. Maya fermantasyonunda gerekli melas fermentöre beslendikten sonra optimum şartlar elde edilene kadar

yaklaşık olarak 0,5-1,5 saat arasında ilave havalandırma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (EC, 2006; Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014). Havalandırmanın maya fermantasyonu için yeterli seviyede olması maya hücresi sayısının artması ve maya üretim verimi için önem arz etmektedir (USEPA, 1994). Ticari maya fermantasyonunda yaklaşık 1:1 oranında oksijene ihtiyaç duyulmaktadır (DrYeast, 2016). Ticari maya fermantasyonunda gerekli oksijenin beslenmesi fermentöre hava akımı verilerek sağlanmakta ve atmosferik oksijenin fermantasyon sıvısına transferi de maya üretimini sınırlandıran kritik faktörlerden birini oluşturmaktadır. Ticari maya fermentörlerinde verimi optimize etmek için pH (4,5-6,5) ve sıcaklık (30-35°C) sürekli olarak izlenmeli ve kontrol edilmelidir (EC, 2006). Son ticari maya fermantasyon süreci yaklaşık 11-15 saat arasında sürmektedir (Ildırar, 2014; Yılmaz, 2014).

4.4. Ayırma (Seperasyon) ve Susuzlaştırma

Ticari fermantasyon süreçlerinde geliştirilen maya hücrelerinin fermantasyon sıvısından ayrılarak kurutma ve paketleme için daha konsantre hale getirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada ticari fermentör sıvısı merkezkaç kuvveti ile çalışan iki ya da üç geçişli santrifüj yardımıyla ayrılmaktadır. Ayrılan maya hücreleri su ile yıkanarak krem renginde sıvı maya elde edilmekte ve daha sonra uygun soğutmalı tanklarda saklanmaktadır (EC, 2006; Baladın, 2007). Genellikle fermantasyon sıvısının %20-25 oranında konsantre edilerek kuru madde oranının %18-25 oranına getirildiği bu ara ürüne maya sütü adı verilmektedir (DrYeast, 2016). Bu sayede ticari fermentörlerde üretilen mayanın hacminin azalması sağlanarak depolama ve transfer kolaylığı sağlanmış olur. Maya sütü sektörde faaliyet gösteren bazı üreticiler için nihai ürün niteliğindedir. ABD ve Kanada gibi bazı ülkelerdeki üreticiler mayayı katı formda değil maya sütü olarak tedarik ederek üretimlerinde kullanmaktadır. Bu sayede ambalaj tasarrufu, transfer-dozajlama, depolama kolaylığı ve işçilik gereksinimlerinin azalması gibi çeşitli avantajlar sağlanabilmektedir. Maya sütü kullanımının sağladığı avantajların yanında küçük hacimlerde transferinin ve kullanımının ekonomik olmaması, raf ömrünün 7 gün ile sınırlı olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (USEPA, 1994).

Santrifüjlenen ve katı içeriği artırılmış maya, filtre pres veya dönen vakum filtre ile daha da konsantre edilmektedir. Bu sayede mayanın su içeriğinin azalması ve %27-32 oranında katı madde içeren filtre keklerinin oluşması sağlanmaktadır (USEPA, 1994). Döner vakum filtreler maya kreminin sürekli beslenmesi için uygundur. Genel olarak filtre tamburu, bir oluk içinde döner tambur ya da silindir üzerine doğrudan maya kremi püskürtülmesi ile maya kaplanmaktadır. Filtre yüzeyi mayanın daha fazla kurutulmasını sağlamak için patates nişastası ile kaplanmaktadır (Türker, 2016). Tambur dönerken, tamburun altında yer alan bıçak mayayı sıyırır. Sıvı maya aktivitesini ve dayanıklılığını korumak için paslanmaz çelikten tanklarda 0-4°C'de depolanır (Demir, 2013; Baladın, 2007).

4.5. Kurutma ve Paketleme

Fermantasyon süreçlerinde üretilen mayanın fermantasyon sıvısından ayırılmasından sonra elde edilen yaş maya ticari olarak kullanılabileceği gibi, evsel kullanımlara uygun hale getirmek, kullanım kolaylığı sağlamak ve raf ömrünü uzatmak için kurutma işleminden geçirilmektedir. Yaş maya, akışkan yataklı kurutucularda kurutularak katı madde içeriği artırılır. Kurutma işlemi ile mayanın su içeriği %70'ten %5 seviyelerine düşürülür. Su içeriğinin düşürülmesi mayanın yaşamsal faaliyetlerinin yavaşlamasına neden olmakta ve soğutmaya gerek kalmadan raf ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır. Böylece kuru maya ekstra soğutmaya gerek kalmadan oda sıcaklıklarında saklanabilir hale gelmektedir. Kuru maya, kullanım sürecinde ılık su ile aktive edilmektedir (Türker, ve diğerleri, 2006).

Maya sektöründe kurutma işlemlerinde akışkan yataklı kurutucuların kullanımı oldukça yaygındır. Ayırma ve döner vakum filtrelerde yaklaşık %30 katı madde içeriğine kadar susuzlaştırılan maya, akışkan yataklı kurutucuya beslenmeden önce bir granülatörden geçirilmekte ve yüksek basınç altında şekillendirilerek spagetti şeklinde uzun yaş granül formu elde edilmektedir. Filtrelemeden sonra, filtre keki son ürün formuna ulaşmak için çok az miktarda su, emülsifiye maddeler ve kesme yağları ile karıştırıcıda karıştırılmaktadır. Emülsifiye maddeler mayanın beyaz kremsi görünüşte olması için ilave edilmektedir. Ekstruder olarak da bilinen bu sistemde maya kekleri 0,5-1 mm çapında perfore ekstruder plakalardan geçirilmektedir. Nihai üründen beklenen özelliklere bağlı olarak bu perfore plakaların değişik delik çaplarına sahip olanları kullanılmaktadır. Spagetti şeklindeki yaş maya granülleri mekanik olarak parçalanarak boyları kısaltılıp akışkan yataklı kurutuculara beslenmektedir (USEPA, 1994).

Yüksek debilerde şartlandırılmış hava akımına karşı beslenen maya, kurutucu içerisinde havanın da yardımıyla askıda kalır. Kontrollü şartlarda (sıcaklık, nem ve hava debisi) verilen hava akımı granül formdaki mayanın sahip olduğu nemin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Böylelikle 0,5-4 saat sonunda kurutma işlemi gerçekleşmektedir. Maya kurutma işlemi oldukça karmaşık bir mekanizmaya sahiptir. Isı önce maya granülüne, daha sonra maya hücre çeperine ulaşmaktadır. Kurutma sürecinde maya hücreleri ozmos yoluyla yapısında bulunan su moleküllerini hücre dışına transfer etmektedir. Transfer edilen bu su, hücreler arası kapiler boşluklardan granül dışına ve buradan da proses havası yardımıyla kurutucunun dışına taşınmaktadır (DrYeast, 2016).

Kurutma işlemi nem içeriği %5 ve altına düşene kadar devam eder. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen kuru maya, paketleme işlemi için paketleme silolarına transfer edilir. Kurutma işlemi sonrasında maya hücreleri arasında bulunabilecek oksijenin ileride mayanın bozulmasına neden olmaması için kurutulmuş haldeki maya, azot gazı ya da karbondioksit gazı ile işlenerek vakum altında ambalajlanmaktadır. Bu şekilde üretilen mayalar yaklaşık 2 yıl kadar canlılıklarını korumakta ve uygun koşullarda kullanıma hazır olarak saklanabilmektedir (USEPA, 1994).

Yaş mayanın paketlenme sürecinde ambalaj özelliklerinin belirlenmesinde iklimsel ve ekonomik koşullar etkili olmaktadır. Yaş mayanın paketlenmesinde ambalaj malzemesi olarak genellikle düz kağıt, mumlu kağıt, selefon ya da bunların kombinasyonları kullanılabilmektedir. Ufalanmış formda olan granül mayalar genellikle 25-50 kg arasında değişen torbalarda ambalajlanarak soğuk zincir bozulmadan olabildiğince hızlı bir şekilde transfer edilmektedir. Kuru mayalar ise hava geçirmez, sızdırmaz olarak tasarlanmış gıda güvenliği standartlarına uygun özel ambalaj malzemeleri ile paketlenmektedir (DrYeast, 2016).

5. MAYA SEKTÖRÜ İÇİN MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER (MET)

5.1. Tesis Yönetiminde MET Uygulamaları

5.1.1 Çevre Yönetim Sistemi kurulması

Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS), çevresel sorunlarının sistematik bir şekilde çözülmesine olanak veren bir tekniktir. ÇYS'ler bir tesisin genel yönetim ve işleyişinin doğal bir parçası olduklarında etkili ve verimli şekilde uygulanabilirler. Etkili bir ÇYS, sürekli iyileştirme konsepti çerçevesinde devam eden bir süreçtir. Farklı süreç tasarımları olmakla beraber, çoğu ÇYS "Planla - Uygula - Kontrol et - Önlem al (PUKÖ)" döngüsüne dayanmaktadır.

ÇYS, standart veya standart olmayan bir sistemin şeklini alabilmektedir. Ancak, EN ISO 14001 gibi uluslararası kabul gören standart bir sistemin uygulanması özellikle etkin bir dış doğrulamaya tabi tutulduğunda daha yüksek güvenilirlik sağlamaktadır. Bununla beraber, standart olmayan sistemler de düzgün tasarlanmaları ve uygulanmaları koşuluyla eşit derecede etkili olabilmektedir.

Bir ÇYS aşağıdaki bileşenleri içerebilir:

- Yönetimin taahhüdü
- Sürekli iyileştirmeyi de içeren bir çevre politikası tanımı
- Finansal planlama ve yatırım ile birlikte gerekli amaç, hedef ve prosedürlerin planlanması ve oluşturulması
- Özellikle yapılanma ve sorumluluk, eğitim, farkındalık ve yetkinlik, iletişim, dokümantasyon, verimli proses kontrolü, bakım programları ile acil durum hazırlık ve müdahale gibi konuları dikkate alacak şekilde prosedürlerin uygulanması
- Kontrol ve düzeltici faaliyetler (özellikle izleme ve kontrol, düzeltici ve önleyici faaliyet, kayıtların sürekliliği, iç ve dış tetkikler dikkate alınarak)
- ÇYS uygunluğu, yeterliliği ve etkinliğinin üst yönetim tarafından gözden geçirilmesi
- Bir belgelendirme kuruluşu veya dış doğrulayıcı tarafından ÇYS'nin doğrulanması
- Temiz teknolojilerin gelişiminin takip edilmesi
- Bir tesisin devreden çıkarılması, yeniden tasarlanması ve kurulumu ile tesisin kullanım ömrü boyunca çevresel etkilerin dikkate alınması
- Düzenli olarak sektörel bazda karşılaştırmalı değerlendirmenin (benchmarking) yapılması

ÇYS, çevresel performansın sürekli iyileştirilmesini teşvik etmekte olup, çevresel performansın iyi olduğu durumlarda ise yüksek performans seviyesinin korunmasına yardımcı olmaktadır. Çevresel etkilerin sistematik analizi ve iyileştirmelerin kapsamı, çevresel ortamın tamamı için en iyi çözümlerin değerlendirilmesi konusunda temel oluşturmaktadır. Enerji de dahil olmak üzere tüm önemli tüketimler ve emisyonlar işletmeci tarafından finansal planlama ve yatırım döngüsü ile birlikte kısa, orta ve uzun vadede koordineli bir şekilde yönetilmektedir.

ÇYS'nin uygulanabilirliği işletmenin niteliği, ölçeği, karmaşıklığı ve olabilecek çevresel etkilerin düzeyi ile ilişkilidir. İyi bir ÇYS'nin ortaya çıkarılması ve sürdürülmesine ilişkin maliyetlerin ve ekonomik faydaların belirlenmesi zordur. Çevre yönetim sisteminin uygulanmasıyla çevresel performansın iyileştirilmesi, karar verme mekanizması için temeller geliştirilmesi, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ve

işletme maliyetinin düşürülmesi konusunda yeni fırsatlar oluşması, sigorta ve uygunsuzluk maliyetlerinin azaltılması gibi faydalar elde edilebilmektedir (EC, 2012).

5.1.2 Üretim prosedürlerinin dokümante edilmiş halde bulundurulması ve takip edilmesi

Bir işletmede doğru ve verimli bir üretim yapılabilmesi için potansiyel sorunların kaynaklarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve üretim aşamalarının kontrol edilmesi amacıyla etkin üretim prosedürlerinin uygulanması gerekmektedir. Üretim süreçlerinde doğru prosedürlerin belirlenerek uygulanması kaynakların (hammadde, su, enerji, kimyasal, personel ve zaman gibi) daha verimli kullanılmasını ve üretim süreçlerinde güvenilirlik ve kalitenin güvence altına alınmasını sağlamaktadır. Üretim süreçlerinde dokümante edilmiş üretim prosedürlerinin bulunması işletmenin performansının değerlendirilmesi ve sorunların çözülmesi için refleks geliştirme kabiliyetlerinin geliştirilmesine katkıda bulunur. Üretim prosesleri özelinde oluşturulan prosedürlerin etkin şekilde uygulanıp izlenmesi ürün kalitesinin güvence altına alınmasında, geri beslemelerin alınabilmesinde ve çözüm önerilerinin geliştirilmesinde en etkili yollardan biridir (Ayan, 2010). Üretim prosedürlerinin dokümante edilip etkin şekilde uygulanması ve izlenmesi iyi bir yönetim uygulaması olup, temiz üretim yaklaşımının ve çevre yönetim sisteminin yapılandırılması ve sürekliliğinin sağlanmasında etkili bir araçtır.

5.1.3 Tüm kimyasal maddelerin, Malzeme Güvenlik Bilgi Formları'nda tanımlanan koşullarda saklanması ve depolanması

Tüm kimyasalların, malzeme güvenlik bilgi formlarında (MGBF) tanımlandığı şekilde sızdırmaz zemin üzerinde depolanması, kimyasal dökülmelerin engellenmesi, kimyasalların yüzeysel sulara ve kanalizasyon sistemlerine karışmasının engellenmesi, zehirli ve tehlikeli kimyasalların ayrı depolama alanlarında depolanması/saklanması ve otomatik kimyasal dozajlama sistemlerinin kullanılması sağlanmalıdır (EC, 2003). Kimyasal dökülmelerinin gerçekleştiği alanlarda kuru temizleme teknikleri uygulanarak kimyasal döküntülerinin kanalizasyon sistemlerine karışması engellenebilir. Tesislerde kullanılan tüm kimyasallar için MGBF'lerin bulundurulması, kimyasal envanter çalışmasının yapılması, üretim proseslerinde kimyasalların kullanım süreçlerinde dokümante edilmiş prosedürlerin oluşturulması ve etkin şekilde uygulanması ile kimyasal tasarrufları sağlanabilmektedir (Kürkçü, ve diğerleri, 2011). Geliştirilen bu prosedürlerin uygulanması, kimyasal seçiminde çevre dostu kimyasalların kullanımının sağlanmasında, kimyasal dökülmelerin engellenmesinde ve atıksuların toksisitesinin ve kimyasal kirlilik yüklerinin azaltılmasında etkilidir (Öztürk, 2014).

5.1.4 Enerji Yönetim Sistemi kurulması

Enerjinin etkin şekilde kullanılması, kayıpların önlenmesi, enerji maliyetlerinin ve çevresel emisyonların azaltılması, çevrenin ve enerji kaynaklarının korunması ve enerji verimliliğinin artırılmasındaki en önemli araçlardan biri enerji yönetim sistemidir. Enerji yönetim sistemi, birim ürün başına kullanılan enerjinin optimize edilmesi ve işletmenin enerji verimliliğini sürekli iyileştirmesi olarak tanımlanmaktadır. Bir işletmede enerji yönetim sisteminin kurulmasıyla enerji verimliliğinin geliştirilmesi, enerjinin sistematik olarak yönetilmesi, enerji maliyetlerinin, sera gazı emisyonlarının ve diğer çevresel etkilerin azaltılması sağlanmaktadır. Enerji yönetim sisteminin yapılandırılması süreci; mevcut durum tespiti, enerji yönetim sistemi oluşumu genel aksiyon planının belirlenmesi, personelin eğitimi, enerji yönetim sisteminin standarda uygun kurulması, iç tetkiklerin gerçekleştirilmesi ve yönetimin gözden geçirilmesi olmak üzere altı temel başlık altında toplanabilmektedir (Pekaçar, 2013). Bir işletmede enerji yönetim sistemi; üst

yönetimin taahhüdü, enerji verimlilik politikalarının belirlenmesi, hedeflerin ve amaçların planlanarak gerçekleştirilmesi, prosedürlerin uygulanması ve işletilmesi, kıyaslama, kontrol etme ve düzeltici faaliyetler, sistemin yönetim tarafından gözden geçirilmesi, enerji verimliliği raporlarının düzenli olarak revize edilmesi, belgelendirme, tesisin hizmetten kaldırılmasına yönelik tasarımlar ve enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi bileşenlerini kapsamaktadır. Enerji yönetim sisteminin uygulanmasının ekonomik yararlarının ve maliyetinin belirlenmesi sektörel bazda farklılıklar içermesi nedeniyle zordur (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.1.5 Çalışanların bilinçlendirilmesi ve teknik altyapının güçlendirilmesine yönelik eğitimlerin düzenlenmesi

Personel eğitimi, çevre ve enerji yönetim sistemlerinin önemli bir parçasıdır. Tüm personel, kaynakları verimli kullanmak, israfı önlemek ve kirlilik oluşumundan kaçınmak üzere alınan önlemleri ve uygulanan stratejileri açıkça anlamalıdır. Üst yönetimin çevresel gelişim ve kaynak verimliliği konusunda hazırladığı politikalar, hedefler ve yürütme/uygulama stratejileri konusunda belirlenmiş açık bir taahhüdünün olması ve bu taahhüdün tüm personel tarafından bilinerek özümsenmesi sağlanmalıdır (EC, 2003). Ayrıca personel, görev yaptığı birim ve çalıştığı alan özelinde teknik eğitimler almalıdır. Üretim proseslerinden kaynaklanan kaynak kayıplarının ve çevresel etkilerin bir bölümü görev yapan personelin teknik bilgi yetersizliği ve yeterli çevre/kaynak bilincine sahip olmamasından kaynaklanmaktadır. Personele görev yaptığı alana özgü teknik eğitimlerin verilmesi ve aynı zamanda tesiste temiz üretim yaklaşımının yapılandırılması; potansiyel temiz üretim fikirlerinin ortaya çıkarılmasına, ekonomik avantajların sağlanmasına, kaynak kullanımlarında verimliliğin sağlanmasına ve çevresel performansların iyileştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır (Öztürk, 2014).

5.1.6 Tesis genelinde tüm girdi ve çıktıların ünite bazında (hammadde, kimyasal, enerji, su, ürün, yan ürün, atıksu, hava emisyonları, çamur, katı ve tehlikeli atık) miktar ve nitelikleri açısından izlenmesi

İşletmelerde kaynak kullanımındaki verimsizlikler ve çevresel problemler girdi-çıktı akışları ile doğrudan bağlantılıdır. Bu nedenle üretim prosesleri özelinde girdi-çıktıların en iyi şekilde tanımlanması, miktar ve kaliteleri hakkında mümkün olduğunca detaylı bilgiye sahip olunması gereklidir. Ancak bu sayede kaynak verimliliğinin, ekonomik ve çevresel performansların artırılması için önerilerin geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Girdi-çıktı envanterleri değişik seviyelerde (en geneli yıllık bazda) düzenlenebilir. Girdi-çıktı kütle akışı değerlendirmesi ve envanteri, çevresel ve ekonomik optimizasyon potansiyellerinin tanımlanmasında temel bir yönetim aracıdır. Bu uygulama, sürekli iyileştirmenin bir ön koşulu olarak kabul edilmektedir. Bu tür yönetim uygulamaları teknik personel ve üst yönetimin katılımını gerektirdiği gibi çeşitli uzmanların çalışmalarıyla genellikle kendini çok kısa sürede amorti etmektedir. Girdi-çıktı akışları ve envanterlerinin hem mevcut hem de yeni kurulacak tesislerde hazırlanmasında teknik olarak herhangi bir engel bulunmamaktadır. Bu tekniğin uygulanması sırasında, prosesler bazında ölçüm ekipmanlarının kullanılması söz konusudur. Ayrıca prosesler özelinde bazı rutin analizlerin/ölçümlerin yapılması gerekebilmektedir. Uygulamadan en üst düzeyde verim alınabilmesi için bilgisayarlı izleme sistemlerinden mümkün olduğunca yararlanılması elde edilecek teknik, ekonomik ve çevresel faydaların artmasını sağlayacaktır. Genel iyi yönetim uygulamalarının ayrılmaz ve temel bileşenlerinden birini oluşturan proses bazlı miktar ve niteliklerin izlenmesi uygulaması diğer iyi yönetim uygulamalarıyla (personel eğitimi, çevre yönetim sistemi kurulması vb.) birlikte gerçekleştirildiğinde önemli tasarruflar sağlanması mümkündür (EC, 2003).

5.1.7 Kimyasalların dozlanmasında otomatik dozlama yapılması ve dağıtım sistemlerinin kullanılması

Günümüzde, hem üretimde kimyasalların hazırlanması, dağıtılması, dozlanması hem de laboratuvarda kimyasal reçetelerinin hazırlanmasında otomasyona dayalı bilgisayar destekli sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır (EC, 2003). Modern kimyasal hazırlama ve dozlama sistemleri, kimyasalların istenilen miktarlarda alınmasını, uygun şekilde seyreltilmesini ve proseslere ulaştırılmasını mümkün olan en az kayıp ile sağlamaktadır. Böylelikle kimyasalların dökülmesi, israfı ve verimsiz kullanılması büyük ölçüde engellenerek kimyasal kullanımında miktarsal ve parasal tasarruflar sağlanabilir. Ayrıca kimyasalların atıksu akımlarına karışması ve atıksu arıtma tesislerine taşınan kimyasal yükler de önemli ölçüde azaltılabilir (Öztürk, 2014). Bununla birlikte güvenli ve daha sağlıklı bir çalışma ortamı sağlanarak, çalışanların toksik ve tehlikeli maddeler ile teması mümkün olduğunca minimum seviyeye indirilebilir. Otomatik kimyasal hazırlama ve dağıtım/dozlama sistemlerinin kullanılması ile tek seferde doğru üretim anlayışının gelişmesi ve üretim tekrarlarının %2-3, kimyasal maliyetlerinde %11, iş gücü maliyetlerinde %10, ikinci kalite ürünlerde (hatalı üretim) %43 oranında azaltılması sağlanabilir (EC, 2003).

5.1.8 Malzemelerin toplu olarak satın alınması

Doğrudan üretim proseslerinde ya da temizlik gibi yardımcı işlemlerde kullanılan malzemelerin, silolarda depolanması ve depozitolu kaplarla taşınması için malzemeler küçük hacimler yerine büyük hacimlerde toplu olarak temin edilmelidir. Bu uygulamadaki başlıca çevresel fayda bazı ambalaj malzemelerinin kullanımından kaçınmak ve ambalaj malzemelerinin yeniden kullanımını mümkün hale getirmektir. Malzemelerin toplu olarak satın alınması sayesinde kullanılan ambalaj miktarı azaltılabilir. Ayrıca, küçük hacimlerde malzeme alımı toplu malzeme alımına göre daha pahalı olmaktadır. Uygulamadaki başlıca itici güçler atık miktarının ve ambalaj maliyetlerinin azaltılmasıdır (EC, 2006).

5.1.9 Vana, valf, kompresör vb. ekipmanların kullanımında insan kaynaklı hataların önüne geçebilmek amacıyla tüm ekipmanlar için prosedürlerin oluşturulması, optimum çalışma ayarlarının belirlenmesi

İmalat süreçlerinde kullanılan ekipmanların doğru şekilde tasarlanması, kullanılması ve optimize edilmesiyle katı, sıvı ve gaz emisyonlarını önlemek mümkündür. Genellikle tanklar, pompalar, vanalar, kompresörler ve valfler, proses kaçaklarının başlıca kaynakları arasındadır. Bu tür ekipmanların kullanımı optimize edilerek en uygun çalışma ayarlarının belirlenmesi, personel tarafından yapılacak hataların en aza indirilmesinde etkili olabilmektedir. Söz konusu uygulamayla enerji, su ve malzeme (hammadde, kimyasal, yardımcı maddeler vb.) tüketimlerinin azaltılmasının yanı sıra hava, su ve toprak emisyonları da azaltılmaktadır. Ayrıca ısıtma, soğutma, kompresör ve havalandırma gibi sistemlerde aşırı kaynak kullanımlarının önüne geçebilmek için optimizasyon çalışmalarının sonuçlarına göre en uygun çalışma koşullarının belirlenmesi, kaynak kullanımlarında verimlilik ve çevresel performansların geliştirilmesi açısından önemli bir iyi yönetim uygulamasıdır. Günümüzde, manuel sistemler yerine bilgisayarlı otomasyona dayalı kontrol sistemleri kullanılabilmektedir (EC, 2006).

5.1.10 Tank, reaktör, pompa, kompresör, vana vb. ekipmanlardaki kaçakların belirlenmesi ve önlem alınması

Üretim proseslerinde, izleme-kontrol ve bakım-onarım eksiklikleri sonucunda yıpranan ekipmanlar ve hatlarda oluşan enerji, su, hammadde, kimyasal vb. kayıp/kaçaklarının belirlenmesi ve önlenmesi,

kaynakların verimli kullanımı ve olumsuz çevresel etkilerin ortadan kaldırılması açısından etkili bir yönetim uygulamasıdır. Kayıp-kaçakların önlenmesi için makine, pompa ve boru sistemlerinin bakımlarının rutin olarak yapılması gerekmektedir. Tüm prosedürlerin iyi şekilde dokümante edildiği düzenli bakım prosedürleri oluşturulmalıdır. Üretim proseslerinde kayıp ve kaçakların önlenmesi amacıyla; pompalar, valfler, ayar düğmeleri, basınç, akış regülatörleri gibi ekipmanların en önemli parçalarının bakım kontrol listesine eklenmesi, sadece su sistemlerinin değil ayrıca ısıtma ve kimyasal dağıtma sistemlerinin, tambur, pompa ve valflerin denetimlerinin yapılması, filtrelerin ve boru hatlarının düzenli olarak temizlenmesi, ölçüm ekipmanlarının (termometreler, kimyasal tartıları, dağıtım/dozajlama sistemleri vb.) düzenli kalibrasyonun yapılması ve ısıl işlem ünitelerinin (bacalar dahil olmak üzere) rutin olarak belirlenen periyotlarda denetlenmesi ve temizlenmesi gereklidir (EC, 2003). Etkin bakım-onarım, temizlik ve kaçak kontrolü uygulamaları ile su tüketiminde %1-6, enerji tüketiminde %1-5 ve kimyasal tüketiminde %2-7 oranında tasarruf sağlanabilmektedir (Hasanbeigi, 2010; Öztürk, 2014).

5.1.11 Üretimde zaman optimizasyonunun uygulanması, tüm işlemlerin en kısa sürede bitecek şekilde düzenlenmesi

Bir hammaddenin ürüne dönüşene kadar geçirdiği aşamalarda, üretim planlanmasının, en az sayıda proses kullanılarak yapılması iş gücü maliyetleri, kaynak kullanımı maliyetleri ile çevresel etkilerin azaltılması ve verimliliğin artırılması noktasında etkili bir uygulamadır. Bu kapsamda üretim süreçlerinin yeniden gözden geçirilerek en az sayıda proses adımı kullanılacak şekilde yeniden revize edilmesi gerekmektedir. Ayrıca temel üretim proseslerindeki bazı yetersizlikler, verimsizlik ve tasarım hataları nedeniyle istenilen ürün kalitesinin sağlanamadığı durumlarda, birim miktardaki ürünün imalatında gerekli olan kaynak kullanımı miktarı ve oluşan atık ve emisyon miktarları artmaktadır. Böyle durumlarda üretim proseslerinin yenilenmesi gerekmektedir. Üretim süreçlerinde zaman optimizasyonu yapılması diğer iyi yönetim uygulamaları ile birlikte etkin olarak kullanılabilen bir uygulamadır.

5.1.12 Vana, kompresör, fan vb. ekipmanların bulundurulduklari birimlerde çalışma olmadığı durumlarda kapatılması

İşletmelerde, üretim duruşları sırasında; su kontrol ekipmanları, kompresör, fan, aydınlatma vb. ekipmanların kapatılması, kaynak (hammadde, su, enerji, kimyasal vb.) israfının engellenmesinde oldukça önemli bir iyi yönetim uygulamasıdır. Bu ekipmanların çalışmasına gerek olmadığı durumlarda kapatılmasına yönelik dokümante edilmiş prosedürler bulunsa da genellikle manuel kontrollü uygulamalarda yeterli performans sağlanamamaktadır. Günümüzde vanaların, kompresörlerin, fanların, aydınlatma/havalandırma sistemlerinin bilgisayar kontrollü otomatik açma-kapatma ekipmanları ile donatılması ile israfın büyük ölçüde önlenmesi sağlanmaktadır. Bu ekipmanlarda ana tahrik mekanizmasını su akışına bağlayan otomatik durdurma valfleri, bir duruş gerçekleştiği anda su akışını keserek önemli ölçüde su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (EC, 2003). Otomatik kapatma sistemlerinin kullanılması ile üretim prosesleri bazında su ve enerji tüketimleri %20-30 oranında azalmaktadır (Öztürk, 2014).

5.1.13 Bakım Yönetim Sistemi kurulması

İşletmelerde kullanılan makine, ekipman, cihaz ve teçhizatların rutin bakım onarımlarının yapılması üretim verimliliğini doğrudan etkileyen bir iyi yönetim uygulamasıdır. Bakım onarım programlarının detaylandırılması makinelerin arıza sıklıklarının kaydedilmesi ve sebep olduğu iş-zaman kayıplarının değerlendirilmesi sağlanacak potansiyel faydaları da artırmaktadır. Pompalar, valfler, ayar düğmeleri,

basınç ve akış regülatörleri gibi ekipmanların, su sistemlerine ek olarak mevcut enerji ve kimyasal taşıma sistemlerinin, buhar hatlarındaki ekipmanların, filtrelerin, kimyasal ölçüm ve dağıtım cihazlarının, hassas ölçüm cihazlarının (termometre, debimetre, analizör, akım ölçer, hassas tartılar vb.) kalibrasyonlarının da bakım onarım programlarına dahil edilmesi gerekmektedir (EC, 2003). Bu sayede işletmede üretim verimliliğini olumsuz etkileyen noktalar kolaylıkla tespit edilebildiği gibi gelecekte sorun oluşturabilecek riskler de öngörülebilmektedir. Bu tekniğin uygulanması, işletmede önleyici bakım onarım uygulamalarını da kolaylaştırmaktadır. Uygulamanın en önemli faydalarından biri önleyici bakım onarım programları ile iş-zaman kayıplarının ve daha büyük kaza/makine kayıplarının önlenebilmesidir. Böylelikle gelecekte karşılaşılması muhtemel ekstra maliyetler önüne geçilebilir ya da minimum seviyeye indirilebilir. Buhar hatlarının rutin bakım onarımı ve buhar kaçaklarının önlenmesi ile su tüketiminde %0,1-1 ve enerji tüketiminde %0,3-5 oranında tasarruf sağlanabilir. Buhar vanaları ve sistemlerinin bakım onarımı ile toplam buhar tüketiminde %1-4 oranında azalma sağlanabilmektedir (Greer, ve diğerleri, 2013).

5.1.14 Malzeme ve ekipman seçiminde korozyona duyarlılığı düşük malzemelerin tercih edilmesi

Günümüzde giderek gelişen teknolojiyle birlikte metal ve metal alaşımlarının da kullanım alanları giderek artmıştır. Ancak metal ve metal alaşımlarının kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda ortam şartlarında bozulması olarak tanımlanan korozyon problemlerini de beraberinde getirmiştir (Gerengi, ve diğerleri, 2013). Korozyon teknik ve ekonomik yönden de büyük önem taşımaktadır. Atmosferle doğrudan temas halinde bulunan tanklar, depolar, betonarme direkleri, korkuluklar, yeraltı boru hatları ve birçok ekipman korozyona maruz kalabilmektedir. Bütün bu yapılar korozyon ile birlikte beklenenden daha kısa sürede servis dışı kalmakta ve önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Gerengi, ve diğerleri, 2013). Korozyonu önlemek amacıyla korozyona karşı dayanıklı malzemelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu malzemeler arasında başta çelik olmak üzere, alüminyum, bakır, plastik ve bazı makine parçalarında kullanılan seramik malzemeler yer almaktadır.

5.1.15 Tesisat tasarımında yük kaybı yaratan ekipmanların (dirsek, vana vb.) enerji verimliliğini sağlayacak şekilde planlanması

Tesisat sistemleri dirsek, vana, çap değişim-birleşim noktaları gibi ek parçalarını içermektedir. Tesisat sistemleri üzerinde bulunan bu ek parçalarının akış alanını ve yönünü değiştirmesi, sistemde sürtünmeden kaynaklanan enerji kayıplarının yanında ek enerji kayıplarının oluşmasına neden olmaktadır. Genellikle ek parçalarından kaynaklanan bu kayıplar önemli seviyelerde olup, dikkate alınmalıdır (McCabe, ve diğerleri, 1993). Tesisat sistemleri üzerinde bulunan dirsek ve çap değişim noktalarında radyal basınç değişimi nedeniyle akış eğim kazanmakta ve girdap şeklinde ikincil akımlar oluşmaktadır. Bu nedenle dirsek çıkışında ve tesisat isteminin bir bölümünde ikili spiral akış gözlenmektedir. Ayrıca basınç değişimi ve merkezkaç kuvvetlerinin etkisiyle akış boru çeperinden ayrılmakta ve girdaplar oluşmaktadır. Bu etkiler ve akış düzensizlikleri nedeniyle tesisat sistemlerinde önemli enerji kayıpları gerçekleşmektedir. Bu noktada bir tesiste yeni bir tesisat tasarımı yapılırken yük kaybı oluşturacak elemanların mümkün olduğunca az kullanılması tesisat sistemindeki basıncın korunmasına ve enerji kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

5.1.16 Dezenfeksiyon ve sterilizasyon işlemlerinde ultrason, ultraviyole, mikrodalga, darbeli ışık, ozon gibi güçlü oksidasyon yöntemleriyle dezenfeksiyon ve ısıl yöntemlerin kullanılması

Dezenfeksiyon, ortamdaki ürüne kontaminasyon kaynağı olabilecek mikroorganizmaların tümünün öldürülmesi ya da zarar vermeyecek en düşük düzeye indirilmesidir (MEGEP, 2006). Başka bir deyişle; cansız maddeler üzerinde bulunan patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılması olarak tanımlanmaktadır (Coşar, 2012). Sterilizasyon işlemi ise cansız ortamda bulunan dirençli bakteri sporları dahil olmak üzere mikroorganizmaların bütün formlarının ortadan kaldırılması olarak tanımlanmaktadır (Öngen, 2009). Gıda sektöründe dezenfeksiyon ve sterilizasyon işlemleri gıda güvenliği açısından oldukça önemli bir konudur. Dezenfeksiyon işlemlerinde çok çeşitli dezenfektanlar kullanılmakla birlikte, en yaygın yaygın olanları klorlu bileşiklerdir (sodyum hipoklorit, klordioksit vb.). Ancak klorlu bileşikler özellikle su ortamında organik maddeler bulunması durumunda insan sağlığı için olumsuz etkilere sahip dezenfektan yan ürünü (DYÜ) oluşturma eğilimi gösterebilmektedir (Aydın, ve diğerleri, 2005). Ayrıca maya sektörü gibi biyoteknik bir üretimin bulunduğu tesislerde klorlu bileşiklerin kullanımının azaltılması verimlilik ve gıda güvenliği açısından etkili olabilir. Ultrasonik ışıma (US), ultraviyole (UV), mikrodalga, darbeli ışık, ozon (O_3) gibi güçlü oksidasyon yöntemlerinin tercih edilmesiyle, dezenfeksiyon işlemlerinde klorlu bileşiklerin kullanımı azaltılabilir. UV teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen dezenfeksiyon işlemlerinde 254 nm dalga boyundaki UV-C ışınları kullanılarak istenmeyen mikroorganizmaların DNA'larına fotooksidasyon yoluyla hasar verilmekte ve üreme dahil tüm faaliyetlerinin durdurulması sağlamaktadır (Aydın, 2009). Ultrason teknolojisi ise ultrasonik dalgaların oluşturduğu kavitasyon etkisi ile istenmeyen mikroorganizmaların hücrelerinin deformasyonuyla ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır (Naddeo, ve diğerleri, 2008). Darbeli ışık ise şiddetli ve kısa süreli ışık vurgusu kullanımı içeren, saniye fraksiyonu düzeyinde flaş ile yüksek düzeyde mikrobiyal inaktivasyon sağlayabilmektedir. Darbeli ışık saniyenin milyonda birinde 200-1100 nm dalga boyunda çalışmaktadır (Yangılar, ve diğerleri, 2013). Diğer bir dezenfeksiyon yöntemi ise ozonla oksidasyon yöntemidir. Ozon dezenfeksiyonu, hücreyi eriterek (lysing) veya hücre zarını yırtarak meydana gelmektedir. Yaygın bir dezenfektan olan klor ise hücre zarından girerek mikrop enzimlerini inaktive etmektedir (Uzun, 2011; Atgüden, ve diğerleri, 2011). Bu dezenfeksiyon yöntemleri istenmeyen mikrobiyal aktivitenin inaktive edilmesinde kullanılabileceği gibi aynı zamanda konvansiyonel dezenfektanlar ile kombine şekilde kullanıldıklarında dezenfektan miktarının azaltılmasında etkili olabilmektedir. Bu sayede zararlı dezenfektan yan ürünlerin oluşumu engellenebilmekte ve mümkün olduğunca azaltılabilmektedir.

5.2. Hammadde Seçimi, Depolanması ve Kullanımında MET Uygulamaları

5.2.1 Üretim programının toksik ve zararlı hava kirleticiler oluşturmayacak şekilde planlanması

Üretim proseslerinde kullanılan hammadde ve yardımcı maddelerin seçimi için prosedürler geliştirilmesi, tesiste oluşan emisyonlar ile emisyonların içeriğindeki toksik kirletici miktarlarının azaltılmasında etkili bir iyi yönetim uygulamasıdır. Böylelikle emisyon miktarları ve kirletici içeriklerinin hiçbir boru sonu arıtmaya gerek kalmadan kaynağında önlenmesi sağlanabilir. Uygulama için; uygun enerji kaynaklarının seçilmesi (daha yüksek kalorifik değere ve daha düşük emisyona sahip olan yakıtların tercih edilmesi), kimyasal maddelerin seçiminde çevre dostu ikamelerinin tercih edilmesi, daha düşük koku/VOC emisyonlarına neden olan yardımcı maddelerin seçilmesi başlıca uygulamalardır. Atıkların, atıksu kirlilik

yüklerinin, atık gaz ve koku emisyonlarının azaltılması uygulamadaki başlıca çevresel faydalar olup, bu uygulama sayesinde atık bertaraf ve arıtma maliyetleri de azalmaktadır (EC, 2006).

5.2.2 Kimyasal ve hammadde kullanımında çevre ve insan sağlığı açısından en az risk taşıyan malzemelerin tercih edilmesi

Üretim proseslerinde kimyasal ve hammaddelerin seçiminde insan sağlığı ve çevre üzerinde en az riske sahip olanların tercih edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra tercih edilen hammadde ve kimyasallar, üretim verimliliğinin ve çevresel performansların artırılmasına ve kaynak kullanımının azaltılmasına katkı sağlamalıdır. Hammadde ve kimyasalların seçiminde öncelikle tesiste kullanılan mevcut kimyasalların malzeme güvenlik bilgi formlarından (MGBF) yararlanılarak bir envanter hazırlama çalışması yürütülmelidir. Bu kapsamda kimyasalların sucul ortamlar ve insan sağlığı üzerindeki toksik etkileri (LC_{50}, LD_{50}, IC_{50} ve EC_{50}) ve biyodegradasyon/eliminasyon oranları değerlendirilebilir (Öztürk, 2014). Bu kimyasal envanter çalışmasına göre toksik karakterde ve biyodegradasyon/eliminasyon özellikleri düşük (<%70) olan kimyasalların çevre dostu ikameleri ile değişimi gerçekleştirilmelidir. Ayrıca çevre ve insan sağlığı için en az risk taşıyan kimyasalların kullanımının sürekliliğinin sağlanması ve güvence altına alınması için bu kriterler göz önünde bulundurularak dokümante edilmiş bir prosedür oluşturulmalıdır. Hammadde seçiminde ise toksik özellikte olmayan, ikincil kirletme potansiyeli düşük, kalıntı ve atık miktarları daha az, ön işlem gerektirmeyen, proses verimliliği yüksek, işlenmesi kolay, daha az emisyon oluşumuna neden olan, depolama/saklama ve dozlaması kolay olan ve işlenmesi için daha az kaynak kullanımına (su, enerji, kimyasal, katkı maddeleri vb.) ihtiyaç duyulan hammaddeler tercih edilmelidir (Öztürk, 2014; EC, 2003). Hammadde seçiminde bu kriterlerin göz önünde bulundurulması ve hammadde seçimi için hazırlanmış özel dokümante edilmiş prosedürlerin oluşturulması kaynak verimliliği ve çevresel performansların geliştirilmesi açısından önem arz etmektedir. Hem kimyasal hem de hammadde seçiminde belirtilen bu uygulamaların gerçekleştirilmesi ile biyolojik arıtma tesislerine gelen atıksuların kimyasal yüklerinin azaltılması, arıtma performanslarının geliştirilmesi, toksik maddeler nedeniyle inhibisyonların önlenmesi de sağlanabilir. Bu tekniğin uygulanması ile atık gaz emisyonlarında da azaltım mümkündür. Söz konusu iyi yönetim uygulamasının yapılandırılmasıyla iç ortam hava kalitesi iyileştirilerek, çalışanların riskli kimyasallar ile teması mümkün olduğunca azaltılacağından iş güvenliği ve sağlığı uygulamalarına da önemli bir katkı sağlanabilir. Çevre ve insan sağlığı açısından en az risk taşıyan hammaddeler ve kimyasallar, genellikle ön işlemlere tabi tutulduklarından (bazı durumlarda ek prosesler nedeniyle) daha maliyetli olmaktadır. Ancak yasal düzenlemelere uyum, firma ya da ürünün piyasadaki prestijinin artması, küresel rekabet avantajlarının sağlanması, arıtma ve bertaraf maliyetleri başta olmak üzere diğer üretim maliyetlerinin de azaltılması gibi faydalar göz önüne alındığında, bu tür kimyasalların kullanılması ekonomik açıdan uygulanabilir olarak değerlendirilmektedir (EC, 2006).

5.2.3 Çevresel etkiler açısından hammadde olarak melas ile birlikte fruktoz ve glikoz gibi hammaddelerin kullanılması

Ticari maya üretiminde, maya biyokütlesinin gelişmesi-büyümesi için karbon kaynağı olarak şeker kullanılmaktadır. Maya biyokütlesi glikoz, fruktoz, sukroz, mannoz, galaktoz gibi indirgenebilir şeker türlerini ve etanolü karbon kaynağı olarak kullanmaktadır (Emre, 2007). Maya biyokütlesi için gerekli olan şekerler genellikle hammadde olarak kullanılan melastan sağlanmaktadır. Maya biyokütlesinin şekeri maya hücrelerine dönüştürme oranı yaklaşık %90 olarak kabul edilmektedir. Ancak sektörde yaygın olarak kullanılan melasın ancak %45-50'si indirgenebilir şeker içermektedir (Ünal, 2011). Melas

içerisinde bulunan ve maya hücreleri tarafından indirgenemeyen şekerler atıksu akımları ile uzaklaştırılmaktadır. Melas kalıntılarını içeren atıksular ise yüksek kimyasal oksijen ihtiyacına (KOİ) ve renk içeriğine sahiptir (Ildırar, 2014). Bu tür atıksuların alıcı su ortamlarına ve kanalizasyona deşarj edilebilmesi için ileri arıtım yöntemlerine ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı bir ikame hammadde kullanımına ihtiyaç duyulduğunda fermantasyon proseslerinde ikame hammadde olarak fruktoz veya glikoz değerlendirilebilir. Ancak melas yerine fruktoz ve glikoz gibi hammaddelerin karbon kaynağı olarak tercih edilmeleri durumunda melasın hazırlanması için gerekli ön işlemlerde, atıksuların arıtımı, hammadde kayıpları, kaynak kullanımları ve ürün kalitesi etkileri birlikte değerlendirilerek detaylı bir fizibilite çalışmasının yapılmasının gerekli olacağı düşünülmektedir.

5.2.4 Kullanımında herhangi bir sakınca bulunmayan üretim proseslerinde daha az korozif olan (glukonik asit gibi) asitlerin kullanılması

Serbest korozyon potansiyeli metallerin korozyon risklerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler arasında yer almaktadır. Metalin serbest korozyon potansiyelindeki artışla malzeme yüzeyinde oluşan biyofilm yapısı arasında bir ilişki bulunmaktadır. Glukonik asit serbest korozyon potansiyeli üzerine yapılan bilimsel araştırmalarda, serbest korozyon potansiyelinin glukonik asit ilavesiyle belirgin bir şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak mikrobiyal büyümenin varlığında, hidrojen peroksit ilavesi ile glukonik asidin birlikte kullanılması durumunda korozyonun arttığı gözlemlenmiştir (Balbaşı, ve diğerleri, 2014). Temizlik malzemelerinin seçiminde daha az korozif özelliğe sahip glukonik asitlerin tercih edilmesi yüzey korozyonunun önlenmesinde etkili bir çözüm olabilmektedir (EC, 2006).

5.2.5 İlave besi maddesi ihtiyacının azaltılması amacıyla reçetelerin optimize edilmesi

Ticari maya üretim süreçlerinde maya hücrelerinin gelişebilmesi-büyümesi için şeker yanında çeşitli besi maddelerine ve minerallere ihtiyaç duyulmaktadır (Ersahin, ve diğerleri, 2011). Bu nedenle fermantasyon proseslerinde besi maddesi ilavesi yapılmaktadır. Ticari maya üretiminde yaygın olarak kullanılan şeker pancarı melası bir miktar besi maddesi ihtiva etmesine rağmen, biyotin gibi bazı besi maddelerini içermemektedir. Şeker kamışı melası ise şeker pancarı melasında bulunmayan bazı besi maddelerini (biyotin gibi) ihtiva etmektedir. Bu nedenle fermantasyon süreçlerinde karbon kaynağı olarak şeker pancarı melası kullanımından ziyade şeker pancarı melası ve şeker kamışı melasının uygun oranlarda karıştırılarak kullanılması ilave besi maddelerinin, gerekli iz elementler ve minerallerin ilavesini azaltabilir (DrYeast, 2016). Ayrıca fermantasyon süreçlerinde eklenen besi maddelerinin bir bölümü seperasyon ve döner vakum filtre atıksularıyla uzaklaştırılmaktadır. Bu durum atıksuların organik ve inorganik kalitesini etkilediğinden ek arıtım gerekliliğini artırabilmektedir. Fermantasyon proseslerinde kullanılan reçetelerin optimize edilmesi sayesinde optimum besi maddesi miktarlarının belirlenmesi hem hammadde kayıplarının azaltılmasında hem de fermantasyon atıksularının biyolojik yöntemlerle arıtımı konusunda önemli avantajlar sağlayabilmektedir.

5.2.6 Malzemelerin yere düşmesi ve dökülmesinin engellenmesi amacıyla sıçrama önleyiciler, ekranlar, kanatlar, damlama tepsileri ve olukların kullanılması

Gıda sektöründe yere düşme, dökülme ve sıçrama olasılıklarının yüksek olduğu proseslerde hammadde ve ürün kayıplarının mümkün olduğunca azaltılması amacıyla sıçrama önleyicileri, kanatlar, damlama tepsileri gibi donanımlar kullanılabilmektedir. Bu ek donanımların kullanılması ile hem hammadde ve

kaynak kayıpları önlenebilirken hem de atık oluşumu ve atıksulara organik maddelerin kontaminasyonu olabildiğince en az seviyeye indirilebilmektedir. Ayrıca bazı durumlarda üretim proseslerinde söz konusu yollar ile kaybedilen malzemelerin gerekli donanımların kullanılması ile ayrı toplanması daha kolay kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve kontaminasyonun önlenmesi adına önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Nişasta üretilen bir tesiste patates yıkama sularının uygun oluklar ve ayrık drenaj sistemleri kullanılarak ayrı toplanması sayesinde atıksulardan nişasta geri kazanımı gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak uygulanan yöntemle toplam su tüketiminde de %19 oranında azalma sağlanabilmiştir (EC, 2006).

5.3. Su Yönetiminde MET Uygulamaları

5.3.1 Su tüketimlerinin izlenmesi için izleme sistemi kurulması

Birçok sektörde su, üretim proseslerinin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir. Tesislerde tüketilen suyun verimli kullanımı ve yönetimi hem üretim maliyetlerinin azaltılması, hem de doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda su tüketiminin üretim proseslerinde akış kontrol cihazları, sayaçlar ve bilgisayar destekli izleme sistemleri kullanılarak izlenmesi ve kontrol edilmesi teknik, çevresel ve ekonomik açıdan önemli avantajlar sağlamaktadır (Öztürk, 2014). Tesis içerisinde ve çeşitli proseslerde tüketilen su miktarlarının izlenmesi ve tüm atıksu akımlarının kaynakları, bileşimi, miktarları ve kalitesi hakkında bilgi toplanması; mevcut su tüketiminin yüksek seviyede olup olmadığını belirlemek ve değerlendirmek su yönetimini ve verimliliğini değerlendirmek, kayıp ve kaçakları tespit ederek gerekli önlemleri almak, yönetim reflekslerini geliştirmek, gerekli prosedürleri oluşturmak, Ar-Ge çalışmalarının boyutunu ve gelecek hedeflerini belirlemek konularında önemli bir iyi yönetim uygulamasıdır (EC, 2003). Bu kapsamda tesis geneli ve üretim prosesleri özelinde debimetre ve sayaçların kullanılması, sürekli çalışan makinelerde otomatik kapatma vanaları ve valflerin kullanılması, bilgisayar destekli sistemler kullanılarak su tüketimleri ve belirlenen bazı kalite parametrelerine göre izleme-kontrol mekanizmalarının geliştirilmesi gereklidir.

Su tüketiminin azaltılması ile su kaynaklarının korunmasının yanında, üretim proseslerinde ortaya çıkan atıksu miktarlarında ve dolayısıyla atıksu arıtım maliyetlerinde azaltım sağlanmaktadır. Bu tekniğin uygulanması ile su ve kimyasal tüketimi (su dezenfeksiyonu) ve pompa, kompresör ve ısıtma sistemlerinin enerji tüketimlerinde azaltım sağlanabilir. Söz konusu uygulamayla proses bazında su tüketimlerinde %20-30'a varan oranlarda tasarruf sağlamak mümkündür (EC, 2003). Proses bazında su tüketiminin izlenmesi ve kontrolü ile proses suyu tüketiminde %3-5, atıksu miktarlarında %3-6 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Aynı zamanda enerji tüketiminde %3-6, kimyasal tüketiminde %2-5, atık gaz emisyonlarında %3-6 ve katı atık miktarlarında %5-10 oranında azaltım gerçekleşebilmektedir (Öztürk, 2014).

5.3.2 İçme suyunun üretim hatlarında kullanımından kaçınılması

Endüstriyel tesislerde genellikle yeraltı su kaynaklarından temin edilen ham sular arıtıldıktan (kum filtresi, katyonik iyon değiştirici reçineler, ters ozmos vb.) sonra üretim proseslerinde kullanılmaktadır. Ancak bazı durumlarda üretim proseslerinde maliyetli olmasına rağmen içme suları doğrudan kullanılabilmektedir (Özdemir, ve diğerleri, 2010; Oğur, ve diğerleri, 2004). Her bir üretim prosesinde gerek duyulan su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi, gereksiz su temin ve arıtım maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olarak teknik, ekonomik ve çevresel faydaların daha da artırılmasını

sağlamaktadır. Bu uygulamayla su, enerji, kimyasal maliyetlerinde azalma sağlanacağı gibi ürün kalitesinin artırılmasına da önemli katkılar sağlanabilir.

5.3.3 Toplama sistemleri kurularak yağmur sularının tesis temizliğinde veya uygun alanlarda alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi

Tatlı su kaynaklarının oldukça sınırlı olduğu dünyamızda kaliteli tatlı su kaynaklarına erişim gün geçtikçe daha da zorlaşmaktadır. Yağmur suları geri kazanılması en ucuz ve toplanması en kolay tatlı su kaynaklarıdır. Yağmur suları çatılardan ve yüzeylerden olmak üzere iki farklı teknikle toplanabilmektedir. Özel drenaj sistemleri ile toplanan yağmur suları su kalitesine uygun olduğu sürece üretim proseslerinde, bahçe sulaması, tank ve ekipman temizliği, yüzey temizliği vb. amaçlar için kullanılabilmektedir (Karakaya, ve diğerleri, 2005; Tanık, ve diğerleri, 2005). Yağmur suyu hasadının başlıca avantajları; düşük yatırım ve işletme maliyetlerine sahip olması, inşaat ve işletmesinin kolay olması, mevcut su sistemlerine entegrasyonunun kolay olması, olumsuz çevresel etkilerinin az olması, elde edilen suyun bedelsiz olması ve kullanım alanlarına yakın olması ve kaliteli su ihtiyacının karşılanmasında iyi bir alternatif olması olarak sıralanabilir. Tekniğin uygulanmasındaki başlıca dezavantajlar ise; yağış rejiminde değişik ve dalgalanmaların olması, alternatif su kaynağı olarak yağmur sularının değerlendirilmesine yönelik teşviklerin yetersiz olması ve yüksek hacimde toplama tanklarına ihtiyaç duyulmasıdır. Yağmur suyunun toplanmasında sarnıç sistemleri, zemine sızdırma, yüzeyden toplama, filtre sistemleri ve modüler sistemler kullanılabilmektedir. Yağmur suyu toplama sistemlerinin yapılandırılması için temelde yağmur suyu biriktirme yapıları, toplama kanalları ve ızgaraları, filtreleme sistemleri ve depolama yapılarına gereksinim bulunmaktadır. Yağmur sularının toplanması ve geri kazanımı uygulamaları sanayileşmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Almanya'da bir hastanede yağmur sularının ayrı toplanarak tuvaletlerde kullanma suyu olarak değerlendirilmesi ile toplam su tüketiminde %20 oranında tasarruf sağlanmıştır (Tanık, ve diğerleri, 2005). Türkiye'de önde gelen bir tesiste yeşil bina konsepti uygulaması kapsamında çatıdan toplanan yağmur suları yumuşatılarak bahçe sulama ve tesis içi kullanım suyu olarak değerlendirilmiş ve bu sayede %50'ye yakın su tasarrufu sağlanabilmiştir (Yaman, 2009; Şahin, ve diğerleri, 2011).

5.3.4 Ekipman ve tesis temizliğinde basınç kontrollü nozullar kullanılması

Su nozulları gıda ve içecek sektöründe ekipman ve tesis temizliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su tüketiminin ve atıksu kirlilik yüklerinin azaltılmasında doğru yerleştirilmiş, uygun nozulların kullanılması etkili sonuçlar elde edilebilmektedir. Yüksek su tüketimlerinin gerçekleştiği ve mümkün olan noktalarda aktif sensörler ve nozulların kullanılması suyun verimli kullanımı açısından oldukça önemlidir. Gıda üretim proseslerinde suyun doğrudan gıda ürünleri üzerine uygulandığı durumlarda, mekanik ekipmanların nozullar ile değişimi sayesinde önemli su tasarrufları sağlanabilir. Ayrıca nozulların kullanımı ile gıda malzemelerinin atıksu arıtma kanallarına sürüklenmesi engellenebilmektedir. Teknik açıdan uygun olan proseslerde su basıncı optimize edilmiş nozulların kullanımıyla su tüketiminin, atıksu oluşumunun ve atıksu kirlilik yüklerinin azaltılması uygulamadaki başlıca çevresel faydaları oluşturmaktadır. Uygun nozulların kullanılmasıyla proses bazında su tüketiminde %50-60 oranında su tasarrufu sağlamak mümkündür (EC, 2006).

5.3.5 Ekipman ve tesis temizliğinde ıslak temizleme işlemlerine başlamadan önce graviteli drenaj, pigging ya da basınçlı hava vb. yöntemlerle kuru ürünlerin uzaklaştırılması

Tesislerde tank ve ekipman temizliği uygulamalarında kalıntı materyallerin uzaklaştırılmasında ıslak temizleme öncesinde kuru temizleme uygulamaları yapılabilmektedir. Bu kapsamda materyallerin sıçraması ve dökülmesi sonrasında kirlenen alanlarda öncelikle vakumlu temizlik sistemleri ve bazı özel ekipmanlarla (graviteli drenaj sistemleri, pigging ya da basınçlı hava ile ön temizleme sistemleri) temizlendikten sonra gerek duyulduğu takdirde ıslak temizleme yapılabilir. Böylelikle kalıntıların atıksu kanallarına girmesinin önlenmesi sağlanarak su tüketiminin azaltılmasının yanı sıra atıksu oluşumu ve atıksuların kirlilik yüklerinin azaltılması sağlanabilir. Bunun yanı sıra yerinde kuru temizleme işlemlerinde özel ızgara sistemleri, tepsiler, özel gözenekli örtü sistemleri, özel temizlik hazneleri gibi kuru temizleme donanımlarının kullanılmasının önemli faydaları bulunmaktadır. Uygulamadaki başlıca çevresel faydalar arasında su tüketimi ve atıksu oluşumunun azaltılması, atıksuların kirlilik yüklerinin azaltılması, bazı atık materyallerin ayrı toplanması sağlanarak geri dönüşüm ve geri kazanım potansiyellerinin artırılması, temizlik işlemlerinde deterjan kullanımı ve enerji tüketiminin azaltılması sayılabilir. Başlıca çapraz etki ise, bazı durumlarda katı madde miktarlarının artmasıdır. Bazı tesislerde kuru temizleme işlemleriyle oluşan atıklar hayvan yemi üretiminde değerlendirilerek ekonomiye kazandırılabilmektedir (EC, 2006).

5.3.6 Su yumuşatma sistemlerinde rejenerasyon süresinin optimize edilmesi

Yeraltı su kaynaklarından temin edilen ham sular kayaçlara temas etmiş olmaları nedeniyle kalsiyum (Ca^{+2}) ve magnezyum (Mg^{+2}), karbonat ve bikarbonat içermektedir. Sert karakterdeki bu ham sular üretim proseslerinde kullanılmadan önce sertlik giderimi yapılmak üzere arıtılmaktadır. Ham sulardan sertlik gideriminde genellikle katyonik iyon değiştirici reçineler kullanılmaktadır. Katyonik iyon değiştirici reçinelerde Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları tutulmaktadır. Ancak belirli bir süre içerisinde (yaklaşık 300 m^3 su arıtımının ardından) reçine yüzeylerinin Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları ile büyük ölçüde kaplanması nedeniyle tuzlu su ile rejenere edilmesi gerekmektedir. Rejenerasyonu uygulama süresi üretici firma tarafından belirlenmektedir. Ancak rejenerasyon süreleri, ham suyun sertlik seviyesine bağlı olarak farklı bölgelerde değişkenlik gösterebilir. Su yumuşatma sistemlerinde optimizasyon çalışmaları yapılarak optimum rejenerasyon süresinin belirlenmesi ile su tüketimi, enerji tüketimi, tuz kullanımı ve atıksu miktarlarının azaltılması sağlanabilir. Ayrıca iyon değiştirici reçinelerin rejenerasyonunda oluşan atıksular çeşitli üretim proseslerinde ya da temizlik işlemlerinde yeniden değerlendirilebilir (Öztürk, 2014).

5.3.7 Su yumuşatma öncesindeki kum filtresi geri yıkama sularının yeniden kullanılması

Üretim proseslerinde genellikle yumuşatılmış proses sularına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle genellikle yeraltı su kaynaklarından temin edilen ham sular kum filtresinden geçirildikten sonra katyonik iyon değiştirici reçinelere alınmaktadır. Katyonik iyon değiştirici reçinelerde Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi sularda sertliğe neden olan iyonlar tutulmaktadır. Su yumuşatma sisteminde kullanılan kum filtreleri belirli miktarda suyu filtreledikten sonra ham su içerisinde bulunan katı parçacıklar nedeniyle tıkanmaktadır. Bu durum zamanla filtreleme işlemini olumsuz etkilemektedir ve kum filtresindeki gözeneklerin basınçlı su ile temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla kum filtreler ters sifon ve basınçlı su ile geri yıkanmaktadır. Geri yıkama sonrasında oluşan sular atıksu kanalına verilerek uzaklaştırılmaktadır. Tesiste kum filtresi geri yıkama sularının bir rezerve tankta biriktirilmesi ve içeriğinde bulunan katı

maddelerin çöktürülerek yeniden kullanılması su tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Öztürk, 2014). Uygulamadaki başlıca çevresel faydalar su tüketiminin azaltılması, tatlı su kaynaklarının korunması ve atıksu oluşumunun azaltılmasıdır. Günümüzde bazı tesislerde kum filtresi geri yıkama suları bir eğik tank içerisinde biriktirilmekte ve tank eğimi sayesinde katı maddelerin çökelmesi sağlanabilmektedir. Tankın üst suyundan aynı proses ya da gerek duyulan diğer proseslere su takviyesi yapılmaktadır. Birkaç yılda bir olmak üzere tankın temizliği yapılmaktadır. Uygulamanın yeni kurulacak tesislerde ve mevcut tesislerde yapılandırılmasında bir kısıtlama bulunmamaktadır. Uygulama için gerekli yatırım maliyeti geri kazanılacak su miktarıyla ilişkili olması nedeniyle farklılık göstermektedir.

5.3.8 Yüksek tuz gereksinimi duyulan proseslerde rejenerasyon sularının değerlendirilmesi ya da bunun mümkün olmadığı durumlarda rejenerasyon sularının tesis içi temizlik işlemlerinde değerlendirilmesi

Endüstriyel tesislere yeraltı su kaynaklarından derlenen ham suların üretim proseslerinde kullanılmadan önce su yumuşatma proseslerinde sertlik giderimi için yumuşatılması gerekmektedir. Endüstride yumuşak su üretiminde genellikle iyon değiştirici reçineler kullanılmaktadır. İyon değiştirici reçinelerde sularda sertliğe neden olan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları tutulmaktadır. Reçine yüzeyinde tutunma için yeterli alan kalmadığı durumlarda tuzlu su ile yıkama işlemi (rejenerasyon) yapılmakta ve reçine yüzeyi Na^{+} iyonlarıyla yenilenmektedir. İyon değiştirici reçinelerde rejenerasyon işlemleri yaklaşık 300 ton su yumuşatma işleminde genellikle bir defa yapılmaktadır. Rejenerasyon işlemi sonrasında oluşan rejenerasyon atıksuları yüksek tuz içeriğine sahip yumuşak sulardır ve toplam su tüketiminin yaklaşık %5-10'unu oluşturmaktadır. Rejenerasyon atıksularının ayrı bir tankta biriktirilerek yüksek tuz gereksinimi duyulan proseslerde, tesis temizliğinde ve evsel kullanımlarda değerlendirilmesi sağlanabilir. Bunun için bir rezerve tank, su tesisatı ve pompaya ihtiyaç duyulmaktadır. Rejenerasyon atıksularının yeniden kullanılmasıyla su tüketiminde, enerji tüketiminde, atıksu miktarlarında ve atıksuların tuz içeriğinde yaklaşık %5-10 oranında azalmalar sağlanabilir (Öztürk, 2014). Uygulama için ilk yatırım maliyetinin 250-350 Dolar/m^3 civarında olması beklenmektedir. Geri ödeme süresi ise rejenerasyon sularının üretim proseslerinde, tesis temizliğinde ve evsel amaçlı kullanımlarda tüketilmesi durumuna göre değişiklik göstermektedir. Yüksek tuz gerektiren üretim proseslerinde rejenerasyon sularının yeniden kullanılması durumunda (hem su hem de tuz geri kazanımı yapılmış olacağından) potansiyel geri ödeme süresinin bir yıldan daha kısa olacağı tahmin edilmektedir. Tesis ve ekipman temizliği, evsel kullanımlarda ise geri ödeme süresinin bir yılın üzerinde olacağı tahmin edilmektedir.

5.3.9 Durulama ve yıkama sırasında bir bulanıklık dedektörü kullanımı ile hem temizlik sularının yeniden kullanılması hem de sudan materyal ve/veya ürün geri kazanımı yapılması

Endüstriyel tesislerde özellikle soğutma sistemlerinde kullanılan suyun alıcı ortamlara deşarj edilmesinin gerekli olduğu durumlarda otomatik analitik izleme sistemlerinin kullanılması uygun bir yönetim uygulaması olmaktadır. Analitik ölçümler soğutma suyu akımı üzerine yerleştirilen sensörler ve dedektörler yardımıyla sağlanabilmektedir. pH, iletkenlik, redoks potansiyeli, bulanıklık, fotometrik sistemler, yağ ve köpük uyarı sensörleri/dedektörleri analitik ölçüm sistemleri arasında sayılabilmektedir. Bu ekipmanlarda kesinlikten öte güvenirlik daha önemli olmaktadır. Ayrıca alıcı ortamlara soğutma sularının deşarj edilecek olması durumunda alıcı ortama yakınlık ve alıcı ortam özelliklerinin bilinmesi de oldukça önemli olmaktadır. Bu sayede çevresel alıcı ortamlarda meydana gelecek geri dönülmez etkilerin azaltılması sağlanabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001). Bu

uygulamanın diğer önemli bir yararı ise tesiste oluşan diğer atıksu akımları için de kullanılması durumunda çeşitli atıksu akımlarının geri kazanım/tekrar kullanım potansiyellerinin değerlendirilmesine, ayrı toplanması gereken atıksu akımlarının belirlenmesine ve kirlenmenin önlenmesine karşı tesis reflekslerinin geliştirilmesine katkı sağlamasıdır (EC, 2006).

5.3.10 Ters ozmos (TO) konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılmadan ya da arıtıldıktan sonra yeniden kullanılması

İmalat sanayinde su ihtiyacının önemli bir bölümü yeraltı su kaynaklarından karşılanmaktadır. Yeraltı suları (ham su) bölgenin jeolojik özelliklerine bağlı olarak farklı seviyelerde kalsiyum ve magnezyum bileşikleri içermektedir. Ham sulardaki kalsiyum ve magnezyum iyonları boru hatları ve ekipmanlar üzerinde korozyona neden olabilmektedir. Ayrıca buhar üretimi gibi ısıl işlemlerde ham suların kullanılması durumunda kazan taşı problemleri oluşabilmektedir. Bu nedenle, katyonik iyon değiştirici reçinelerde yumuşatılan ham su, imalat sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak buhar kazanlarında ve soğutma sistemlerinde ısı söz konusu olduğu için ilave sertlik giderimine ihtiyaç duyulduğu durumlarda ters ozmos (TO) proseslerinden yararlanılmaktadır. Bu proseste, katyonik iyon değiştirici reçinelerde bir miktar sertlik giderimi yapılan proses suları TO membranlarda filtre edilmekte ve yüksek derecede yumuşatılmış su ihtiyacı olan proseslerde (buhar kazanları, soğutma sistemleri vb.) değerlendirilmektedir. TO proseslerinde oluşan konsantreler, ham sulara nazaran daha yüksek seviyede tuz içeriğine sahiptir. Bu konsantreler, endüstriyel işletmelerde genellikle atıksu olarak değerlendirilmekte ve atıksu kanallarına verilmektedir.

Bu uygulamada, TO konsantrelerinin çoğu zaman birçok su kalitesi parametresi açısından daha iyi kalitede olduğu ancak ham sulara göre tuz içeriğinin bir miktar daha yüksek olduğu noktasından yola çıkarak, konsantrelerin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılmadan ya da arıtıldıktan sonra; üretim proseslerinde, tesis temizliği, yıkama, ham su paçallaması vb. alanlarda yeniden kullanılması önerilmektedir. Bu konsantreler, ham suya yakın iletkenlik ve/veya toplam çözünmüş katı (TÇK) değerlerine sahip ise, ham su deposuna geri gönderilebilir. Bu durumda, TO konsantreleri, ham su deposunun kapasitesine bağlı olarak seyreltilir. Ancak ham su deposunda iletkenlik ve/veya toplam çözünmüş katıların izlenmesi daha iyi sonuç vermektedir. Bu değerlerin izlenebilmesi için su iletkenlik sensörünün de sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. TO konsantreleri yüksek su kalitesine ihtiyaç duyulmayan tesis içi temizlik ve yıkama (zemin, tank ve ekipman temizliği vb.) işlemlerinde arıtılmadan kullanılabilmektedir. TO konsantrelerinin solar evaporasyon, membran distilasyonu, ileri oksidasyon (ozon ile oksidasyon, UV/TiO_2/O_3, O_3/H_2O_2, fotokataliz, fotooksidasyon, sonoliz, elektrooksidasyon, fenton vb.) elektrodiyaliz ve elektroklorinasyon prosesleri ile arıtılması mümkündür. Ancak su geri kazanım maliyetleri yüksek olacağından genellikle fizibıl değildir. Bu nedenle TO konsantrelerinin karakterizasyonuna bağlı olarak arıtılmadan uygun alanlarda (temizlik, yıkama vb.) kullanılması ya da ham su havuzuna gönderilerek paçallanması daha uygun bir yaklaşımdır.

5.3.11 Üretimde ve tesis temizliğinde kuru temizleme sistemlerinin uygulanmasıyla atıksu içerisindeki katı maddelerin azaltılması

Özellikle gıda endüstrisinde üretim proseslerinde tank-ekipman ve alan temizliğinde çeşitli gıda maddelerinin atıksu akımlarına karışması muhtemeldir. Bu organik kökenli gıda maddelerinin atıksu akımlarına karışması durumunda temizlik atıksularında organik madde yükleri, renk ve katı madde içeriği artmaktadır. Bu nedenle tank ve ekipman temizliğinde, zemin üzerinden dökülmüş gıda malzemeleri ve kimyasalların temizlenmesinde kuru temizleme yöntemlerinin uygulanması sağlanarak

atıksu miktarları, atıksuların kirlilik yükleri ve su tüketimleri azaltılabilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilecek kuru temizleme işlemleri; tank ve ekipman temizliğinde öncelikle basınçlı hava, jeller ve geri kazanılmış buharla temizleme, su tüketiminin azaltılması amacıyla kalıcı kirliliklerin önce suyla yumuşatılması ve ardından basınçlı yıkama sistemleri ile temizlenmesi, dökülmelerin gerçekleştiği alanların temizliğinde öncelikle kalıcı kirlerin yumuşatılması ve sonrasında basınçlı hava, basınçlı yıkama sistemleri kullanılarak temizlenmesi ile sağlanabilmektedir. Zemine ve taşıyıcı sistemlerdeki dökülme ve taşmaların temizlenmesinde basınçlı hava ve yıkama sistemleri kullanılabilmektedir. Kimyasal dökülmelerinin gerçekleştiği alanların temizliğinde ise talaş, toz vb. kuru malzemelerle kuru temizleme yapılarak kimyasal maddelerin doğrudan atıksu akımlarına karışması engellenebilmektedir (EC, 2006).

5.3.12 Atıksulara materyallerin sürüklenmesinin engellenmesi amacıyla zemin drenajı üzerinde ızgara kapanları kullanılması ve sık sık temizlenmesi

Gıda endüstrisi üretim proseslerinde çeşitli nedenlerle gıda maddelerinin zemine dökülmesini ve tank ve ekipman temizliği sonucunda gıda maddeleri parçacıklarını içeren temizlik sularının doğrudan atıksu kanallarına verilmesini önlemek amacıyla zeminde kapanlar ve temizlenebilir ızgaralar kullanılabilmektedir. Böylelikle gıda parçacıklarının istenmeyen yüzeylerden temizlenmesi sonucunda temizlik atıksularının organik madde yüklerinin, renk ve katı madde içeriğinin ve muhtemel koku problemlerinin önlenmesi sağlanabilmektedir. Ancak sulu yıkama sonucunda bazı kirleticilerin su içerisinde çözünmesi durumunda zemin drenajı üzerinde alınacak bu önlemler yetersiz kalabilmektedir. Bu zemin drenaj donanımları için gerekli yatırım maliyetleri düşük ve işletimi oldukça ekonomik olmaktadır (EC, 2006).

5.4. Enerji Yönetiminde MET Uygulamaları

5.4.1 Yakıt-hava oranının izlenmesi ve optimize edilmesi

Kazanlarda yakıt-hava oranı gibi parametreler izlenerek ve optimize edilerek yanma reaksiyonlarının en etkin şekilde gerçekleştirilmesi, enerji yönetimi kapsamında, enerji verimliliğinin sağlanması bakımından oldukça önemlidir. Kazanlarda ısıl verimin sürekli olarak yüksek tutulabilmesi ve emisyonların kontrol edilebilmesi amacıyla baca gazı analizörleri yardımıyla baca gazı bileşenlerinin sürekli veya periyodik olarak izlenmesi, yanmaya etki eden parametrelere zamanında müdahale edilmesi, ayrıca brulörlerin duruşlarında kazanların iç soğuma kayıplarının azaltılması gerekmektedir. Kazanlarda yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısına bağlı olarak, karbonmonoksit oluşumuna neden olmayacak şekilde, baca gazı içerisindeki oksijen oranının mümkün olduğunca düşük seviyede olması istenir. Doğalgazda %2-3, sıvı yakıtta %3-4, katı yakıtta %5-6 oksijen oranı baca gazı analizleri için ideal değerler olarak kabul edilmektedir (Bilgin, 2006). Bu noktada kazanlarda ya da baca gazlarında analizörlerin kullanılması ve yanma havasının izlenmesi-kontrol edilmesi ile kazan veriminde %2-6 oranında artış sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.4.2 Boru, vana, tank ve makinelerin izolasyonunun yapılması

Endüstriyel işletmelerde, kullanılan çeşitli ekipmanlardan dış ortama ısı kaybının önlenmesi için ekipmanlara ısı yalıtımı uygulanmaktadır. Isı yalıtım malzemeleri genellikle boşluklu yapıları nedeniyle ısı transferini geciktirirler, bu malzemelere ısı izolatörleri denilmektedir. Isı yalıtımı yapılmasındaki temel neden ısı kayıplarının azaltılması ve enerji maliyetlerinde tasarruf sağlanmasıdır. Ancak ekonomik

nedenler dışında ısı yalıtımını gerekli hale getiren başka nedenlerde bulunmaktadır. Bunlar; proses işleyişi sırasında akışkanın sıcaklığının düşmesinin engellenmesi, daha uygun, verimli ve rahat çalışma koşulları sağlanması, personelin güvenliği, yangın veya parlama olasılığının ortadan kaldırılması, çok ani sıcaklık düşüşleriyle boru bağlantı parçaları üzerinde gerilim oluşmasının önlenmesi, gazların yoğuşmasının istenmediği durumlarda ve özellikle kızgın buharın taşındığı borularda ısı kayıplarının önlenmesidir. Yalıtım malzemesinin seçiminde ise özellikle çalışma sıcaklığının göz önünde bulundurulması ve kimyasallara karşı dirençli malzemelerin seçilmesi gerekmektedir. Boruların, valflerin, tankların ve makinelerin izolasyonu, enerji verimliliği ve çevresel etkilerin azaltılması bakımından tüm endüstriyel tesislerde uygulanması gereken etkili bir iyi yönetim uygulamasıdır (EC, 2003).

5.4.3 Tesis içinde nem ve sıcaklık için optimum koşulların sağlanması ile aşırı enerji tüketiminin engellenmesi

Endüstriyel tesislerde gerek üretim süreçlerinde gerekse iç ortamda belirli oranlarda nem ve sıcaklık gereksinimi duyulabilmektedir. Üretim proseslerinde ve iç ortamda gerekli nem ve sıcaklığın sağlanması için çeşitli havalandırma ve nemlendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin çalıştırılması için genellikle elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda üretim proseslerinde ve tesis içerisinde sıcaklık ve nem koşullarının sensörler vasıtasıyla izlenerek bu sistemlerin gerek duyulandan daha fazla çalıştırılmaları engellenebilir. Bu uygulama tesiste elektrik tüketiminin azaltılmasında da etkili sonuçlar verebilmektedir. Uygulama için sıcaklık ve nem ihtiyaçlarının belirlenmesi ve gerek duyulan alanlarda sensörlerin yapılandırılması ile sıcaklık ve nem miktarlarının optimize edilmesi sağlanabilir. Uygulamanın hayata geçirilmesi için optimizasyon çalışmaları ve sensörler için ilk yatırım maliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İlk yatırım maliyetleri uygulama yapılacak proses sayısı ve alanla doğrudan ilişkili olduğundan maliyetler değişkenlik göstermektedir.

5.4.4 Tesisteki önemli enerji akışları ve yanma prosesleri için online izleme-kontrol sistemlerinin kullanılması

Üretim proseslerinde enerji tüketimlerinin (elektrik, doğalgaz, buhar vb.) izlenmesi ve kontrol sistemlerinin kullanılması ile teorik enerji ihtiyacından daha fazla enerji tüketilen noktaların tespit edilmesi, enerji kayıplarının önlenmesi ve enerji tüketimlerinin azaltılması için önleyici tedbirlerin alınması sağlanabilir. İzleme ve kontrol sistemleri, tesislerin üretim ve verimlilik reflekslerinin geliştirilmesi açısından etkili olan iyi yönetim uygulamalarındandır. İzleme sistemlerinin uygulanması ile enerji tüketiminde ve emisyon miktarlarında %5-15 arasında değişen oranlarda azalmalar sağlanabilmektedir (EC, 2006). Uygulama için gerekli yatırım maliyetleri tesis büyüklüğüne ve proseslerin yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

5.4.5 Her bir prosesin enerji tüketimini kontrol etmek için raporlama ve analiz araçlarının (Pinch Analizi vb.) kullanılması

Pinch analizi son 20 yılda sanayide enerji tüketimlerinin ve emisyon seviyelerinin azaltılmasında giderek genişleyen kullanım alanına sahip bir yöntemdir. Süreç entegrasyonu olarak da tanımlanan pinch analizi, enerji verimliliği, atık azaltımı ve hammaddelerin verimli kullanımıyla ilgilenen bir tasarım yaklaşımıdır. Entegrasyon basamağı hem yeni süreçlerin tasarımında hem de var olan bir sürecin iyileştirme-geliştirme süreçlerinde uygulanabilmektedir. Pinch analizi, ısıtma ve soğutma sistemleri için en az enerji tüketimi hedeflerinin belirlenmesi, enerji tüketiminin azaltılması, ürün hacminin artırılması,

sistemin işletme problemlerinin azaltılması, proseslerin kontrol edilebilirliğinin artırılması, istenmeyen emisyonların azaltılması ve sistem veriminin en üst seviyeye çıkarılması için kullanılabilen bir araçtır (Kahraman, ve diğerleri, 2011). Üretim proseslerinde pinch analizi uygulamalarıyla birçok endüstriyel proseste %10-35 oranında enerji tasarrufu ve %25-40 oranında su tasarrufu sağlanabildiği belirtilmektedir (EC, 2006).

Pinch analizi, termodinamik ilkeler doğrultusunda uygulanabilir enerji hedeflerinin belirlenmesi ve proses koşullarının, enerji tedarik yöntemlerinin ve ısı geri kazanım sistemlerinin optimize edilmesiyle bu hedeflerin gerçekleştirilmesi sayesinde proseslerdeki enerji tüketiminin azaltılması amacıyla kullanılır (EC, 2009).

İşletmelerdeki tüm prosesler sıcak ve soğuk akımlardan oluşmaktadır. Sıcak akımlar soğutmayı gerektiren, soğuk akımlar ise ısıtmayı gerektiren akımlar olarak tanımlanır. Herhangi bir proses için prosesin tüm sıcak veya soğuk akımlarını gösteren bir sıcaklık-entalpi diyagramı üzerinde tek bir hat çekilir. Bu hat ya tüm sıcak akımları ya da tüm soğuk akımları temsil eder ve sıcak, soğuk kompozit eğrileri olarak adlandırılır. Bu soğuk, sıcak kompozit eğrileri aynı sıcaklık-entalpi diyagramı üzerinde gösterilerek prosesin toplam ısıtma ve soğutma ihtiyacı belirlenir. Böylelikle sıcak ve soğuk akımlar arasındaki ısı transferi olanakları hesaplanarak enerji optimizasyonu yapılır (EC, 2009).

Pinch analizi, farklı sıcaklık seviyelerinde proses akımlarıyla çok çeşitli sektörlere uygulanabilir. Yeni tesis veya ünitelerin tasarımında, tesis performansının artırılmasında veya detaylı araştırmalarda kullanılır. Örneğin;

- Proses ünitelerinin/birimlerinin enerji analizi
- Isı ve elektrik güç sistemlerinin analizinin yapılması
- Isı değiştirici ağının tasarlanması ve analizi
- Proses ve enerji entegrasyonunun optimize edilmesi için tesis analizinin yapılması
- Hidrojen ve su sistemlerinin analizi

Pinch metodolojisinde, hammadde, kalite kısıtları, çevresel kısıtlar olmak üzere farklı proses parametrelerini içeren kesikli, yarı kesikli ve sürekli proseslerde kullanılmaktadır (EC, 2009).

5.4.6 Kazan taşı oluşumunun engellenmesi ve ısı transfer yüzeylerinden arındırılması

Ham suların yapısında bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının su yumuşatma sistemlerinde tam olarak giderilememesi sonucunda ısıl sistemlerde ve sıcak yüzeylerde kazan taşı (kalsiyum karbonatın çökelmesi sonucu) oluşumu görülmektedir. Isıl sistemlerde ve sıcak yüzeylerde kazan taşı oluşumu ısı transferini olumsuz etkilemekte, ısıl enerjinin verimli kullanımını azaltmakta, atık ısı miktarını artırmakta, ekipman ve tesisata zarar vermektedir (Durukafa, 2014). Kazan taşı oluşumunun önlenmesi için;

- Sertlik giderimi için su yumuşatma sistemlerinin kullanılması ve bunun yeterli olmadığı durumlarda (buhar kazanları vb.) ekstra yumuşatma sistemlerinin kullanılması,
- Belirlenen uygun periyotlarda kazan iç yüzeylerinin gözden geçirilmesi ve temizlenmesi,
- Baca gazı sıcaklığının izlenmesi ve kontrol edilmesi (baca gazı sıcaklığının artması buhar kazanlarında kazan taşı oluşumunun nedeni olabilir),
- Kazan ve kapalı olarak çalışan sıcak su sistemlerinde etkin bir bakım-onarım ve kaçak kontrolünün yapılması gerekmektedir.

5.4.7 Kazan besleme suyunda ultra-yumuşak su kullanılması

Buhar kazanları gibi ısıl proseslerde besleme suyu kalitesi kazan taşı oluşumunun önlenmesi açısından oldukça önemlidir. Kazan besleme suyu içerisinde bulunan ve sertliğe neden olan bileşikler (kalsiyum karbonat) ısı transfer yüzeylerinde birikerek kazan taşı oluşumuna neden olmaktadır (Burkut, 2010). Bu durumun önlenmesinde kazan taşı oluşumuna neden olan bileşiklerin etkin bir arıtma yöntemi (yaygın olarak ters ozmos prosesleri kullanılmaktadır) ile giderilmesi gerekmektedir. Böylelikle kazan veriminin artırılması ve enerji kayıplarının azaltımı mümkün olmaktadır. Ultra-yumuşatılmış su kullanımı ile ısıl yüzeylerin faydalı kullanım ömrünün uzatılması ve atık gaz emisyonu miktarlarının azaltımı sağlanabilir. Uygulama ile kazan blöflerinde %30 oranında azaltım sağlanabilmektedir (Burkut, 1997).

5.4.8 Proses bazlı enerji denetimleri yapılması

Endüstriyel üretim süreçlerinde izleme ve kontrol ekipmanları ile prosesler bazında enerji tüketimlerinin izlenmesi iyi bir yönetim uygulamasıdır. Bu sayede enerji tüketimleri ve emisyonlar önemli seviyelerde azaltılabilmektedir. Proses bazlı enerji izleme sistemlerinin yapılandırılmasında; üretim proseslerinde teorik enerji ihtiyaçlarının belirlenmesi, spesifik enerji tüketimlerinin izlenmesi, enerji tüketiminin beklenenin üzerinde gerçekleştiği proseslerde önleyici tedbirlerin alınması ve proseslerin enerji verimliliği açısından geliştirilmesi öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken noktalardır. Proses bazlı izleme sistemlerinin yapılandırılması ile enerji kayıpları ve net enerji tüketimleri de büyük ölçüde belirlenebilmektedir. Tesiste enerji yönetimi ve diğer temel iyi yönetim seçeneklerinin uygulanmasında da proses bazlı izleme sistemlerinin yapılandırılması oldukça etkilidir. Üretim prosesleri özelinde enerji denetimlerinin yapılabilmesi için ön şart analizör, sayaç ve diğer uygun ölçüm ekipmanlarının kullanılması, rutin olarak izlenmesi, analiz edilmesi ve bakım-onarım programlarına dahil edilmesidir. Söz konusu uygulama için tesis içerisindeki mevcut ölçüm cihazlarının izleme sistemine entegre edilmesi ve ölçüm cihazlarının bulunmadığı proseslerde bu cihazların eklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle gerekli yatırım maliyeti ve geri ödeme süreleri tesisten tesise farklılıklar göstermektedir.

5.4.9 Gaz türbinlerinin atık gazlarından enerji geri kazanımı

Kojenerasyon sistemlerinde elektrik enerjisi üretiminde gaz motorları ve gaz türbinleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Gaz türbinlerinde kullanılan doğalgazın ısıl enerjisinin ancak %30-40'ı elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Ancak gaz türbinlerinin asıl işlevlerinden birisi de sıcak atık gazlardan yararlanılarak ikinci bir enerji üretilmesidir. Bu sistemlerde dışarıya atılan termal enerjinin büyük bir bölümü kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilmekte ve bu durumda toplam verim %90 seviyelerine çıkarılabilmektedir (Rahim, ve diğerleri, 2013). Gaz türbinleri havayı sıkıştırıp, gaz veya sıvı yakıtı yakarak elektrik jeneratörlerinde elektrik üretimi sağlayan sistemlerdir (Uysal, ve diğerleri, 2014). Gaz türbinlerinde çıkan atık egzoz gazlarının sıcaklıklarının yüksek seviyelerde olması nedeniyle atık ısının ısı değiştiriciler vasıtasıyla geri kazanılması enerji verimliliği sağlanması açısından oldukça önemlidir. Gaz türbinlerinde oluşan atık ısının geri kazanımında standart ısı değiştiricilerin kullanılmasıyla sıcak hava, sıcak su, buhar üretimi gerçekleştirilebilmektedir (Kubilay, 2014). Ayrıca atık ısının geri kazanımında absorpsiyonlu ısı değiştirici sistemlerin kullanılmasıyla soğuk hava ve soğuk su üretimi de gerçekleştirilebilmektedir (EC, 2006; Kubilay, 2014). Gaz türbinlerinde oluşan atık ısının geri kazanılmasıyla toplam enerji üretiminde %8-15 oranında tasarruflar sağlanabilmektedir (Rahim, ve diğerleri, 2013).

5.4.10 Kazan besleme suyundaki çözünmeyen gazın hava giderici yardımıyla uzaklaştırılması

Buhar kazanları besleme suyu ve sıcak su kazanları takviye suları içerisinde çözünmüş halde bulunan serbest oksijen ve kazanlar içerisinde karbonatların parçalanması ile oluşan karbondioksit gazları; buhar kazanlarında, buhar kullanılan cihazlarda ve özellikle tesisatlarda korozyona neden olabilmektedir. Bu gazların etkileri taze besleme suyu oranı ve sistem işletme basıncı arttıkça daha da artmaktadır. Karbondioksit ise; serpantinlerde, buharlı cihazlarda ve kondens borularında aşırı korozyona neden olmaktadır. Kazan besleme sularının oksijen ve karbondioksit gibi çözünmüş gazlardan degazörden geçirilerek arındırılması gereklidir. Aksi takdirde söz konusu sistemlerin faydalı ömrü kısalmaktadır. Degazör sistemleri suya fan ile hava verilerek sudan çözünmüş gazların uçurulmasını sağlayan mekanik sistemlerdir. Degazör sistemi içerisinde su ve hava temas yüzeyinin artırılması sayesinde çözünmüş gaz giderimi artırılabilir. Bu sayede korozyon oluşumu azaltılırken kazan verimi artırılmaktadır.

5.4.11 Reaktif gücün boyutunu azaltmak için alternatif akım (AC) devresinde kapasitörlerin kurulması

Elektrik gücü tedarikinin kalitesi ve uygulanış biçimi enerji verimliliğini etkilemektedir. Tesis içinde ve dış tedarik şebekesinde verimsiz güç olarak enerji kayıpları yaşanabilmektedir. Ayrıca elektrik dağıtım sisteminin kapasitesinde düşüş gerçekleşebilir. Bu durum voltajın düşmesine neden olarak aşırı ısınma, motorların ve diğer ekipmanların erken arızalanmasına yol açar. Bu durum, aynı zamanda, elektrik satın alınırken fiyatların yükselmesine de neden olabilir. Teknik açıdan reaktif gücün boyutunu azaltmak için alternatif akım devrelerinde kapasitörlerin kurulması etkili bir çözüm olabilir. Kapasitör temel olarak elektrik ihtiyacını kısa süreliğine depo edebilen elektrik devre ekipmanlarıdır. Reaktif gücün boyutunu azaltmak için alternatif akım devresine kapasitörlerin kurulması ile reaktif güç faktörü azalacağından reaktif güç çekişi kısmen ya da tamamen ortadan kaldırabilmektedir. Ekipman türü ve güç faktörünün zaman içerisinde değişmesine bağlı olarak düzenli olarak bakım ve kontrolleri yapılmalıdır (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.4.12 Ekipmanların hazırda bekleme sürelerinin azaltılması

Frekans kontrolü olmayan motorlar hazırda bekleme süresi boyunca enerji tüketmeye devam ederler. Hazırda bekleme süresi boyunca güç tüketimi tam yükte çalışması durumundaki tüketimin yaklaşık %20-25'ine karşılık gelmektedir. Bu durumda tam güçte çalıştırılan motorlarla kıyaslandığında aralıklı modda çalışan sabit hızdaki motorların ortalama verimliliği önemli ölçüde azalabilir. Bu gibi durumlarda, sürekli olarak çalışan motorların proses parametrelerinin optimize edilmesi amacıyla gelişmiş ana denetim uygulamalarının kullanılması verimlilik açısından etkin bir araçtır (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.4.13 Ekipmanların mevcut çalışma voltajlarının üzerinde çalışmasının engellenmesi

Elektrik dağıtım hatlarında iletim kayıplarını azaltmak ve son kullanıcılara yeterli voltajı sağlamak amacıyla hat voltajları normal değerinden daha yüksek olabilmektedir. Normal besleme değerinde en yüksek verimde ve performansta çalışmak üzere tasarlanan ekipmanların düşük ve/veya yüksek voltajlarda çalıştırılması durumunda verim ve performans kayıpları yaşanabilmektedir. Tesislerde voltaj optimizasyonu yapılarak, voltaj dalgalanmalarının neden olduğu verimsizlik ve performans kayıplarının önlenmesi mümkündür. Voltaj optimizasyon/regülasyon çözümlerinde, bakım gerektirmeyen, uzun

ömürlü, paralel bağlanarak gücü artırılabilen, farklı voltaj ve yük karakteristiklerine göre çıkış parametreleri ayarlanabilen, yüksek hızda voltaj düzenlemesi yapan ve endüstriyel uygulamalar için uygun olan ürünler tercih edilmelidir. Bu kapsamda voltaj optimizasyon ve regülasyon üniteleri voltaj dalgalanmalarının önlenmesinde ve elektrikli sistemlerin faydalı kullanım ömürlerinin uzatılmasında etkili bir uygulamadır (Topçu, 1999).

5.4.14 Gerek duyulandan daha yüksek güçte motorların kullanımından kaçınılması

Üretim proseslerinde kullanılan motorların yükle uyumlu olarak seçilmesi enerji verimliliği açısından önemlidir. Elektrik motorunun kapasitesinden daha düşük bir yükte çalıştırılması yapılan işe göre tüketilen enerji miktarını artırmakta ve dolayısıyla enerjinin verimsiz kullanılmasına sebep olmaktadır. Motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye ulaşmaktadır. Motorlar yüke uygun yükte çalıştırılmadığı durumlarda tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir. Motorlarda aşırı ısınma, arıza riskini artırıp motorun ömrünü kısaltmaktadır. Buna ek olarak motor seçiminde yüksek verimlilikte motorların tercih edilmesi de enerji verimliliği açından oldukça önemlidir. Uygun motor seçimi ile enerji tüketiminde %1-3 oranında tasarruflar sağlanabilmektedir (Dinçer, 2011). Enerji verimliliği düşük olan motorların enerji verimliliği yüksek motorlar ile değişimi uygulamasının potansiyel geri ödeme süresi 12-17 ay kadar kısa bir sürede gerçekleşmektedir (ETKB, 2016).

5.4.15 Kojenerasyon sistemi kurulması

Kojenerasyon (birleşik ısı-güç üretim sistemleri) buhar ve elektriğin birlikte üretildiği sistemlerdir (Avrupa Komisyonu, 2009). Bu sistemlerde doğalgaz, biyokütle, biyogaz gibi yakıt kaynaklarından yararlanılarak ısı ve elektrik enerjisi birlikte üretilebilmektedir (Pravadalıoğlu, 2011). Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan yakıt ve üretilen enerji (elektrik ve ısıl enerji) birlikte değerlendirildiğinde verimi %80-90 seviyelerinde olmaktadır. Bu nedenle kojenerasyon sistemleri yakıtı elektrik ve ısıya dönüştürmenin en verimli yoludur. Kojenerasyon sistemlerinden yararlanılan tesislerde enerji maliyetleri %40'a varan oranda azaltılabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

Mikro kojenerasyon sistemlerinde 15 kW altında elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Tesislerde mikro kojenerasyon sistemlerinin kurulması amacıyla Almanya başta olmak üzere birçok AB ülkesinde teşvikler getirilmiştir (Avrupa Komisyonu, 2009; Pravadalıoğlu, 2011). Almanya'da mikrokojenerasyon sistemlerinin kullanılması ile 2020 yılına kadar elektrik maliyetlerinin %25 oranında, İngiltere'de ise, kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması ile karbondioksit emisyonlarının %18 oranında azaltılması hedeflenmektedir (Possidente, ve diğerleri, 2006; Pravadalıoğlu, 2011).

Kojenerasyon sistemlerine soğutma sistemlerinin de dahil edilmesi ile (trijenerasyon) %10-30 oranında oluşan verim kayıplarının sıcak su, su buharı, soğuk hava, sıcak hava ve suya dönüştürülmesi (bunun için absorpsiyonlu ısı değiştiricilerin kullanılması gerekmektedir) mümkündür. Böylelikle tesis içerisindeki soğutma ve kurutma gibi proseslerde gerek duyulan enerjinin bir bölümünün de yine kojenerasyon sistemlerindeki atık ısıdan karşılanması mümkündür (Avrupa Komisyonu, 2009). Enerji verimliliği ve karbon ayak izinin azaltılması açısından kojenerasyon sistemleri elektrik enerjisi ve ısıl enerji tüketiminin yüksek olduğu tesislerde kurulabilir.

5.4.16 Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan gaz motoru ve türbinin veriminin artırılması

Kojenerasyon sistemlerinde kullanılan yakıt, gaz motorları ve türbinlerinde yakılarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Kubilay, 2014). Ancak bu sistemlerde tüketilen yakıtın belirli bir bölümü elektrik enerjisine dönüşürken bir bölümü de ısıl enerjiye dönüşmektedir. Söz konusu gaz motorlarının ve türbinlerin yüksek verimde (%85-90 oranında) işletilmesi ile atık ısı miktarları azaltılabilmektedir. Gaz motorları ve türbinlerinde verimliliğin artırılması için;

- Yoğuşturucu basıncının düşürülmesi,
- Buharın kızdırılması,
- Kazan basıncının yükseltilmesi gerekmektedir.

Yukarıda bahsi geçen uygulamalar ile kojenerasyon sisteminde yaklaşık %10-15 oranında verim artışı ve ilişkili olarak, yakıt tüketimleri ve atık gaz emisyonlarında da aynı oranlarda azaltımlar sağlamak mümkündür (Pravadalıoğlu, 2011).

5.4.17 Kojenerasyonda absorpsiyonlu soğutma sistemi kullanımı ile elde edilen soğuk su ve havanın ihtiyaç duyulan proseslerde değerlendirilmesi

Kojenerasyon sistemlerinde yakıt, motor veya türbinde yakılmakta ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Bu yakma işleminden sonra ceket soğutmalı veya yağ soğutmalı ısı eşanjör sistemleri kullanılarak motor ve türbinin atık ısısından sıcak su elde edilmektedir (Gül, ve diğerleri, 2015). Sıcak egzoz gazlarının bir kısmı atık ısı kazanına verilerek buhar üretilmektedir. Atık ısı kazanında üretilen buharın bir bölümü doğrudan ihtiyaç duyulan proseslerde kullanılabilirken, bir bölümü ise, ısı eşanjöründen geçirilerek sıcak su, absorpsiyonlu soğutma sisteminden geçirilerek soğuk su eldesinde kullanılabilmektedir (Kubilay, 2014). Kojenerasyon sisteminde bu uygulama ile;

- Elde edilen sıcak su melas hazırlamada ve evaporatörde kullanılabilir.
- Egzoz gazlarından elde edilen buhar evaporatör ve kurutma proseslerinde kullanılabilir.
- Egzoz gazlarından elde edilen sıcak su buhar kazanlarına beslenerek buhar üretiminde değerlendirilebilir.
- Egzoz gazlarından sıcak hava üretilerek kurutma ünitesinde değerlendirilebilir.
- Egzoz gazlarından elde edilen atık ısıdan yararlanılarak absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin kojenerasyon sistemine entegrasyonu ile soğuk hava ve soğuk su üretilebilir. Elde edilen soğuk hava ve soğuk su maya soğutma işlemlerinde kullanılabilir.

Üretim proseslerinde oluşan atık ısı bu uygulamalarla değerlendirilerek, su, yakıt ve buhar tüketiminde tasarruflar sağlanabilir. Bu durum üretim proseslerinden kaynaklanan atık gaz emisyonlarının azaltılmasına da katkı sağlayacaktır.

5.4.18 Aydınlatma ihtiyaçlarının gerçekleştirilecek faaliyet için gerekli tayf içeriği ve yoğunluk bağlamında belirlenmesi

Dünya genelinde kullanılan elektrik enerjisinin önemli bir bölümü yapay aydınlatmadan kaynaklanmaktadır. Ofislerde, toplam enerjinin %20-50'si aydınlatma amacıyla tüketilmektedir. Bazı binalarda aydınlatma için tüketilen enerjinin %90'ından fazlası, gereğinden fazla yapılan aydınlatma

nedeniyle tüketilir. Aydınlatma sistemlerinin enerjisi özel kullanım ihtiyaçlarına göre optimize edilebilir. Örneğin, konferans ve toplantı odalarının aydınlatması için aydınlatma seviyesinin 800 lüks seçilmesi gerekirken bina koridorları için bu değerin 400 lüks seçilmesi yeterlidir. Doğru ışık renginin (tayfın) seçilmesi de ışık şiddetinin seçimi kadar önemlidir. Aksi takdirde sadece enerji boşa harcanmakla kalmamakta, aşırı aydınlatma nedeniyle insan sağlığı ve psikolojisi üzerinde baş ağrısı, stres ve kan basıncının artması gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. Ayrıca parlak veya fazla ışık işçilerin verimini düşürebilmektedir. Gerçekleştirilecek faaliyet için gerekli tayf içeriği ve yoğunluk kapsamında yapay aydınlatma sistemlerinin optimize edilmesi ve aydınlatma ihtiyaçlarının belirlenmesiyle elektrik tüketiminin ve enerji maliyetlerinin azaltılmasının yanında işçi sağlığı ve veriminin arttırılması söz konusudur (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.4.19 Doğal ışık kullanımının artırılması

Tesislerde aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanmasında genellikle elektrikli aydınlatma sitemlerinden yararlanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, çevreye duyarlı tasarımlar, enerji bağımlılığının azaltılması ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu kapsamda binalarda gün ışığından mümkün olduğunca fazla yararlanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemiz, bulunduğu coğrafi konum nedeniyle birçok bölgesinde gün ışığından mümkün olduğunca fazla yararlanma potansiyeline sahiptir. Bu noktada endüstriyel tesislerde iç ortam aydınlatmasında gün ışığı ve yapay ışık entegrasyonu sağlanması durumunda görsel konfor ve enerji tasarrufu açısından optimum sonuçlar alınabilmektedir. Bu nedenle üretim tesislerinde özellikle çatılarda gerçekleştirilecek yapısal değişiklikler (düşey ya da eğimli çatı yüzeyleri) ile gündüz saatlerinde gün ışığından mümkün olduğunca fazla yararlanmak mümkündür. Gün ışığından yararlanmada çatı gibi alanlarda yapısal değişikler yapılamadığı durumlarda ışık tüpleri kullanılabilir. Işık tüpleri gün ışığının bir yerden başka bir yere taşınmasını sağlayan çağdaş kılavuz sistemlerden biridir (Yener, 2008). Doğal ışıktan yararlanmada fotokromik, termokromik, elektrokromik, gazokromik ve prizmatik paneller kullanılabilmektedir. Ayrıca daha fazla ışık ihtiyacı olan alanlarda LED aydınlatma sistemlerinin lokal olarak kullanılması mümkündür.

5.4.20 Aydınlatma yönetimi kontrol sistemlerinin (dedektör, zamanlayıcı, fotosel vb.) kullanılması

Tesis içi aydınlatma sistemlerinde aydınlatma yönetimi kontrol sistemlerinin uygulanması ile elektrik enerjisinin gereksiz kullanımının önüne geçilmekte ve enerji daha verimli kullanılabilmektedir. Bu kapsamda kullanılan hareket-varlık dedektörleri, zamanlama kontrollü dedektörler, ışık şiddeti dedektörleri, kombine kontrol dedektörleri, hareket sensörleri, fotoseller ve zamanlayıcılar yardımıyla sadece ihtiyaç halinde aydınlatma yapılması sağlanmaktadır. Bu sayede aydınlatma sistemlerinde elektrik enerjisi tüketiminde yaklaşık %20 oranında tasarruflar sağlanabilmektedir (Alsat, 2011; Özdeniz, 2015).

5.4.21 Isının ürünlerden, sıcak atıksu akımlarından ve atık gaz emisyonlarından geri kazanılması

Enerji maliyetlerinin artması, doğal enerji kaynaklarının korunması, çevre duyarlı üretim ve rekabet avantajı sağlanması gibi konular gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu kapsamda endüstriyel tesislere temin edilen enerjinin bir kısmı sıcak atıksu akımları ve atık gaz akımları ile kaybedilen enerjinin bir kısmı çeşitli ekipmanların kullanımıyla geri kazanılabilmektedir. Isı geri kazanım sistemleri temelde

sudan-suya, havadan-havaya, havadan-suya ve sudan-havaya olmak üzere değişmektedir. Ancak söz konusu ısı transfer yöntemleri faklı ısı transferi katsayılarına sahiptir. Bu noktada sudan-suya ve havadan-havaya transfer sistemlerinin genellikle daha verimli olduğu söylenebilir. Sudan-suya ısı transfer sistemleri çeşitli ısı değiştiricilerin kullanımı ile sıcak kaynaktan soğuk kaynağa ısı transferi gerçekleştirmektedir. Günümüzde kullanılan ısı transfer ekipmanları arasında; serpantinler, gömlekli ısı değiştiriciler, plakalı ısı değiştiriciler sayılabilir. Havadan-havaya ısı geri kazanımı sistemlerinde ise ekonomizerler, çapraz akışlı eşanjörler, ısı tekerleği, ısı eşanjörleri, serpantinler, ısı borusu sistemleri kullanılmaktadır (Doğan, 1999). Sıcak atıksu akımlarından ısı geri kazanımı için plakalı ısı değiştirici sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde atıksu sıcaklığının 60°C üzerinde olmasıyla birlikte bu sistemler avantajlı olabilmektedir. Bu sıcaklıkların altında ise ısı pompaları kullanılabilir (Öztürk, 2014).

5.4.22 Soğutma gereksiniminin karşılanmasında ısı pompalarının ve/veya güneş panellerinin kullanılması

Isı pompaları

Isı pompaları elektrik enerjisi yardımıyla daha yüksek bir sıcaklıktan daha düşük sıcaklıktaki ortama ısı transferi yapılması temel prensibine göre çalışmaktadırlar. Örneğin atık ısı içeren soğutma sularından ısının geri kazanımında, sıcak atıksu akımlarından ısı geri kazanımında ısı pompaları verimli şekilde kullanılabilmektedir. Böylelikle atık ısı içeren akımların soğutulması ve ısı pompası aracılığıyla elde edilen ısının su ısıtmasında kullanılması sağlanabilmektedir. Atık ısı geri kazanımında ısı pompası kullanımında başlıca çevresel faydalar enerji tüketimlerinin ve atık gaz emisyonlarının azaltılmasıdır. Uygulamadaki başlıca itici güçler enerji ve su maliyetlerinin azaltılmasıdır. Uygulamadaki başlıca çapraz etki ise elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmasıdır. Isı pompaları birçok ülkede özellikle gıda tesislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı pompaları hava sirkülasyonlu geleneksel kurutma sistemlerinde kullanıldığı gibi aynı zamanda havalandırma-soğutma sistemlerinin de genellikle temel bir bileşenini oluşturmaktadır. Isı pompalarının kullanılmasıyla atık ısıdan mümkün olduğunca yararlanılması enerji verimliliğinin artırılmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Isı pompaları diğer atık ısı geri kazanım sistemlerinden farklı olarak atık ısı kaynağına mümkün olduğunca yakın konumlandırılabilmektedir. Atık ısının geri kazanımında ısı pompalarının kullanılması düşünüldüğünde elektrik tüketimleri de hesaba katılarak iyi bir fizibilite çalışması yapılmalıdır (EC, 2006).

Güneş panelli su ısıtma sistemleri

Endüstriyel tesislerde güneş paneli sistemlerinin kurulmasıyla buhar kazanları besi sularının ve soğuk proses sularının ısıtılması, yakma havasının ön ısıtılması, kurutma sistemlerinde kullanılan havanın ön ısıtılması, kojenerasyon ve evaporasyon sistemleri gibi uygulamalarda güneş enerjisinden mümkün olduğunca fazla yararlanılması enerji ve üretim maliyetlerinin, atık gaz emisyonlarının ve tesislerin karbon ayak izlerinin azaltılmasında etkili olabilmektedir. Uygulamadaki başlıca çapraz etkiler ise güneşli gün sayısının kontrol edilebilir olmaması ve kış aylarında panel sistemlerinin korunması gereksinimi olarak sıralanmaktadır. Uygulamanın tahmini geri ödeme süresi kapasiteye, panel sayısına ve kullanım amacına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sağlanacak teknik, ekonomik ve çevresel faydalar göz önünde bulundurulduğunda birçok endüstriyel işletme için enerji verimliliğinin artırılmasında ve firma imajının güçlendirilmesinde uygulamanın önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

5.4.23 Çeşitli kaynaklardan ısı geri kazanımında ısı pompası kullanılması

Isıl enerji kullanımının gerçekleştiği proseslerde enerjinin bir kısmı sistemden atık ısı olarak uzaklaştırılmaktadır. Üretim proseslerinde oluşan atık ısının geri kazanılmasında yaygın olarak ısı değiştiriciler kullanılmaktadır. Ancak kullanılan ısı değiştiricilerden ısı geri kazanımı yapılabilmesi için en az 50-60°C sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. 50°C'nin altındaki sıcaklıklarda ise ısı geri kazanımı için ısı pompaları kullanılmaktadır (Öztürk, 2014). Isı pompaları ile elde edilen enerjinin farklı alanlarda ısıtma işlemlerinde, soğutma ve dondurma sistemlerinde kullanımı mümkündür (EC, 2006). Isı pompaları kojenerasyon ve trijenerasyon sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009). Atık ısı geri kazanımında ısı pompası kullanımıyla elde edilebilecek çevresel faydalar enerji tüketimlerinin ve atık gaz emisyonlarının azaltılmasıdır. Bu tekniğin uygulanması ile enerji ve su maliyetleri azaltılabilmektedir. Isı pompalarının çalışmasında ilave elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Isı pompaları hava sirkülasyonlu geleneksel kurutma sistemlerinde kullanılabilmekte, aynı zamanda havalandırma-soğutma sistemlerinin de temel bir bileşenini oluşturmaktadır. Isı pompaları diğer atık ısı geri kazanım sistemlerinden farklı olarak atık ısı kaynağına mümkün olduğunca yakın konumlandırılabilmektedir. Atık ısının geri kazanımında ısı pompası kullanımının değerlendirilebilmesi için, elektrik tüketimleri de hesaba katılarak iyi bir fizibilite çalışması yapılmalıdır (EC, 2006).

5.4.24 Diğer proseslerden gelen atık ısının kurutma prosesinde kullanılması

Endüstriyel üretim proseslerinde verim kayıpları nedeniyle atıksu ve atık gazlar ile enerjinin bir bölümü atık ısı olarak kaybedilmektedir. Günümüzde geliştirilen teknik/teknolojilerle kaybedilen atık ısının %80-90'ı geri kazanılabilmektedir (EC, 2006). Atıksu ve atık gaz emisyonlarından atık ısının geri kazanılmasında reküperatörler, ekonomizerler, plakalı ısı değiştiriciler, serpantinler, eşanjörler ve ısı pompaları gibi birçok sistemden yararlanılabilmektedir. Bu sayede atık ısının geri kazanılması ve çeşitli amaçlar için geri kullanımı mümkün olabilmektedir. Bu noktada birçok endüstriyel tesiste yoğun enerji kullanımına neden olan evaporatif fanlı kurutucuların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında da geri kazanılan atık ısının kullanılması mümkündür. Sıcak atıksu ve/veya atık gazların sahip olduğu atık ısıdan yararlanılarak kurutucu besleme havasının ön ısıtılması ya da fan sistemine konumlandırılmış serpantinler ile atık ısının kurutma sisteminde kullanılması mümkündür. Böylelikle enerji verimliliği artırılabilir, atık gaz emisyonları ve enerji maliyetleri azaltılabilir.

5.4.25 Prosesten gelen atık ısı ve buhar kazanı flaş ve blöfleri ile kazan takviye suyunun ön ısıtılması

Buhar kazanlarında, kazan besleme suyu içerisinde çözünmüş ve süspansiyon halde bulunan katı parçacıklar zamanla kazan içerisinde tortu tabakası oluşturur. Bu tortular kazan ve kazan borularında birikerek ısı transferini yavaşlatır ve ısınmaya neden olur (Gürel, ve diğerleri, 1995). Bu nedenle katı maddelerden kaynaklanan tortuların oluşumunun engellenmesi için katı madde konsantrasyonunun kazan blöfleri ile kontrol altında tutulması gerekir (Bulut, 2011). Kazanın alt bölümünde birikimin yoğun olduğu bölgelerden belirli zaman aralıklarında kazan suyunun bir bölümü kazan dışına atılır ve yerine taze besleme suyu ilavesi yapılır. Kazandan atılan bu su, blöf suyu olarak adlandırılmaktadır (Gürel, ve diğerleri, 1995). Bu ünitelerde ısı geri kazanım sistemlerinin kullanılması ile kazan blöf sularından kaynaklanan ısı kayıplarının azaltılması mümkündür. Genellikle kazan blöf suları basit ısı eşanjörleri kullanılarak kazan besleme suyunun ön ısıtılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca bazı sistemlerde, başka

proseslerde kullanmak üzere, blöf suları ile birlikte flaş buharından ısı geri kazanımı yapılmaktadır. Isı geri kazanımı ile enerji tasarrufu ve emisyon miktarlarında azalma sağlanabilir.

5.4.26 Fan, kompresör ve pompalarda yükün azaltılması için değişken hız sürücülerin kullanılması

Değişken hız sürücüleri yüke göre alternatif akımın frekansını ve dolayısıyla motorun dönüş hızını, gücünü kontrol ederek motorun uygun devirde çalışmasını sağlamaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009). Değişken hız sürücüsü donanımları elektronik ya da mekanik olabilmektedir (Alarko, 2006). Proseslerde değişken hız sürücülerinin kullanılması sayesinde motor hızları ayarlanabilmekte ve enerji tüketimi azaltılabilmektedir. Aynı zamanda, ekipmanlarda daha az yıpranma yaşanmakta ve gürültünün azaltılmasına katkı sağlanmaktadır. Değişken hız sürücülerinin santrifüj pompaları, kompresörler ve fanlarda yapılandırılması ile elektrik tüketimlerinde %50'ye varan oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.4.27 Frekans kontrollü pompa, fan ve elektrik motorlarının kullanılması

Frekans kontrollü pompaların, fanların ve değişken hız sürücülerinin kullanılması, farklı proses koşullarının talepleri doğrultusunda çıkış gazı debileri ve su debisinin daha iyi ve daha hızlı ayarlanmasını sağlayabilmektedir. Genellikle pompalama gücü düşük olmasına rağmen, pompalar yüksek güçte sürekli çalışırlar. Son teknoloji pompa ve fanlar frekans kontrollü olduğundan bu ekipmanlar debi için istenen set değerini elde etmek üzere herhangi bir dönme hızına (rpm değeri) ayarlanabilmektedir.

Enerji kullanan sistemlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine bir bütün olarak optimize edilmesi durumunda en fazla enerji tasarrufu elde edilir. Bir sistem optimizasyonu, bir elektromotor sisteminin enerji tüketimini %30 ya da daha fazla azaltabilir. Enerji maliyetlerindeki azalma genellikle %30 ila %50 arasındadır. Bu nedenle sistem analizi üzerine odaklanılır. Örneğin bir pompa sisteminin bileşenleri arasında bir değişken hızlı sürücü, bir elektrik motoru, bir dişli kutusu, bir pompa, borular ve kontrol ekipmanı bulunmaktadır. Kullanılan enerjiyi optimize etmek için alınacak önlemler, her bir pompa sistemi için ayrı ayrı geliştirilmeli ve ekonomik açıdan değerlendirilmelidir. İhtiyaç duyulan parametreleri (basınç, debi, sıcaklık seviyesi vb.), mevcut proses parametrelerini ve her bir sistemin sistem bileşenlerini analiz etmek önemlidir. Tüm bileşenlerin ve bunların etkileşimlerinin ince ayarı da bir optimizasyon planına dahildir. Enerji tüketimi optimize edilmiş bir pompa sisteminin ömrü daha fazladır. Daha düşük mekanik yüke sahip olduğundan bakım maliyeti de azalır. Sistemlerin optimizasyonu için alınması gereken önlemler aşağıda sıralanmaktadır:

- Pompaların kapalı durumda ana kaynaktan komple ayrılmaları,
- Mevcut pompaların daha küçük ve daha verimli pompalarla yer değiştirilmesi,
- Yüksek verimli motorların kurulumu.

Yapılan değişiklikler elektrik enerjisinden tasarruf etmenin yanı sıra bakım maliyetinin ve üretim firelerinin de azalmasına neden olmaktadır. Verimlilik tedbirleri iklim değişikliğinin azaltılması yönünde de önemli bir rol oynamaktadır.

Pompaların güvenilirliğinin proses güvenliği açısından büyük önem taşıdığı uygulamalarda frekans kontrollü pompalar kullanılmaz. Pompa sistemi teknolojisi sanayide ve üretimde oldukça geniş kullanım

alanına sahip disiplinler arası bir teknoloji olduğundan, farklı birçok tür şirket bu tecrübelerden yararlanabilir.

5.4.28 Yeterli hava sirkülasyonu için ısı değiştirici yüzey alanlarının maksimize edilmesi

Özellikle sudan-havaya ya da havadan-havaya ısı değiştiricilerin kullanıldığı durumlarda, ısı transferinin gerçekleştiği yüzey alanının maksimize edilmesi ile ısı transferi daha verimli gerçekleşmekte ve daha fazla miktarda atık ısıdan yararlanılabilmektedir (Parmaksızoğlu, ve diğerleri, 1999). Ayrıca hava sirkülasyonunun optimum seviyeye getirilmesi de atık ısıdan enerji geri kazanımı için önemlidir. Isı değiştiricilerin yüzey alanlarının maksimize edilmesi ve yeterli hava sirkülasyonunun sağlanması ile enerji tüketiminin ve atık gaz emisyonlarının azaltılması sağlanabilmektedir.

5.5. Buhar Üretimi ve Dağıtım Sistemlerinde MET Uygulamaları

5.5.1 Buhar sıcaklığının, proseste ihtiyaç duyulan minimum seviyelere indirilmesi

Endüstriyel tesislerin önemli bir bölümünde buhar üretiminde farklı tipte buhar kazanları kullanılmaktadır. Ayrıca tesislerde yakıt kullanımının ve atık gaz emisyonlarının önemli bir bölümü buhar kazanlarında gerçekleşmektedir. Bu nedenle buhar kazanlarında yapılacak optimizasyon çalışmaları ile yakıt tüketimlerinde, enerji kayıplarında ve dolayısı ile atık gaz emisyonlarında azaltım sağlanabilir. Bu kapsamda yapılabilecek optimizasyon uygulamaları arasında proseslerde ihtiyaç duyulan sıcaklıkta buhar üretiminin sağlanması yer almaktadır. Buhar kazanlarında buharın ihtiyaç duyulandan daha fazla ısıtılması durumunda yakıt tüketimi artmakta ve buhar ısısının fazlası üretim proseslerinde gerek duyulmadığı için kaybedilebilmektedir. Bu nedenle buhar kazanlarında otomasyon uygulamalarıyla gerek duyulan sıcaklıklarda buhar üretimi sağlanabilmektedir (Gürel, ve diğerleri, 1995). Buharın ihtiyaç duyulan seviyede ısıtılması başka bir deyişle gerek duyulandan fazla ısıtılmaması yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

5.5.2 Kondensat geri dönüşünün en üst seviyeye çıkarılmasıyla enerji, su, atıksu ve kazan besleme suyuna eklenen kimyasal madde miktarlarının azaltılması

Üretim proseslerinde ısıl enerjinin iletilmesinde buharla dolaylı ısıtma teknikleri kullanıldığında yoğunlaşan buharın (kondensatın) buhar kazanlarına mümkün olduğunca yüksek miktarda geri dönmesi enerji tüketiminin ve atık gaz emisyonlarının azaltılması açısından etkili bir uygulamadır. Buhar kondensatlarının buhar kazanlarına geri dönüşünün en üst seviyede sağlanması ile su, atıksu ve kimyasal kullanımlarında da azaltım sağlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009). Kazan beslemesinde soğuk su yerine sıcak kondens suları kullanıldığında buhar üretimi için gerekli enerji miktarı düşmekte, bu sayede yakıt tüketimi teorik olarak %10-30 arasında azaltılabilmektedir. Kondensatın yeniden kullanılması ile kullanılan ve tahliye edilen su miktarı azalmakta, aynı zamanda arıtma işlemi için kullanılacak kimyasallarda da azalma sağlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009). Kondens sularının geri kazanılmasıyla su tüketiminde %5, enerji tüketiminde %0,6-7 oranında azaltım sağlanabilmektedir (Greer, ve diğerleri, 2013).

5.5.3 Flaş buharın yeniden kullanılması

Yüksek basınçta kondensatın genleştiği durumlarda flaş buhar oluşumu gerçekleşmektedir. Kondensat düşük basınçta bulunduğu durumlarda da kondensatın bir kısmının yeniden buharlaşması ile flaş buhar oluşmaktadır. Flaş buhar hem saf su hem de kondensatta bulunan uygun enerjinin büyük bir kısmını içermektedir.

Blöf suyunun, önceden düşük buharla flaş tankına getirilmesi durumunda düşük basınçta buhar oluşmakta, bu flaş buhar doğrudan gaz gidericiye gitmekte ve burada tatlı suya karışmaktadır. Flaş buhar, çözünmeyen tuz içermemektedir ve blöfteki enerjinin büyük bir kısmına sahiptir. Ancak flaş gaz kondensattan daha fazla hacme sahip olduğundan dönüşüm boruları basınç artışı olmadan bu durumla başa çıkmak zorundadır. Aksi takdirde ortaya çıkan geri basınç buhar tutucuların ve bileşenlerin düzgün bir şekilde çalışmasını engelleyebilmektedir. Kazan dairesinde, kondensat gibi flaş buhar da gaz gidericideki tatlı besleme suyunu ısıtmak için kullanılabilmektedir. Diğer bir uygulama ise hava ısıtma için flaş buharının kullanılmasıdır. Flaş buharı, kazan dairesi dışında, bileşenleri 100°C'nin altındaki sıcaklıklara kadar ısıtmak için kullanılabilir.

Düşük basınçlı buhar gereksinimlerini karşılamak için yüksek basınç buharı kullanımı düşürülebilir ancak yüksek basınçlı kondensat kullanılması ile de hesaplı bir yöntem izlenebilir. Flaş buhar, basınçlı kondensatta üretildiğinde kazana geri dönen kondensatın sıcaklığı ve enerji içeriği düşmektedir. Ekonomizerin kurulması avantaj sağlayabilmektedir. Ekonomizer, egzoz yığınından besleme suyu akışına daha fazla enerji geri kazandırabilmekte ve kazan verimliliğinin artmasını sağlamaktadır. Bu en yaygın kullanılan enerji verimliliği kombinasyonudur.

Kondensat borularındaki flaş buharların toplanması amacıyla aynı hat üzerinde çeşitli bileşenler eklenebilmektedir. Bu durum kondensat geri dönüş borusunun boyutlarının, geri kazanılacak kondensat miktarı için yetersiz olmasına sebep olabilir. Birçok durumda bu kondensat atmosferik basınçta geri kazanılır, böylece borunun büyük bir kısmı flaş buharla dolar. Kondensat tahliyesinde artış varsa bu borulardaki basınç 1 bar'ın üstüne çıkabilir. Bu da sistem girişinde sorunlara yol açabilir ve buhar tutucuların verimli bir şekilde çalışmasını engeller.

Flaş buharı geri dönüş borusu üzerinde uygun bir noktaya monte edilen flaş tankına boşaltılabilir. Sonrasında flaş buharı yerel ön ısıtmada ya da 100°C'nin altındaki ısıtma işlemlerinde kullanılabilir. Buhar kullanılırken ısıtıcı bobindeki gerçek basıncın ve daha sonraki düzenlemelere ait basıncın 1 bar'ın altına düşmesi mümkündür. Bu da kondensatın bobinde emilmesine ve bobini su altında bırakmasına neden olur. Bu sorun, kondensatın düşük basınçta geri kazanılmasıyla aşılabilmektedir. Düşük basınç neticesinde daha fazla flaş buharı elde edilerek, kondensattan daha fazla enerji sağlanmaktadır. Ancak bu düşük basıncı korumak ve dışarıdan borulara sızacak havayı engellemek için ek pompaların kurulması gerekebilir.

Bu teknik, tesisin sahip olduğu buhar ağının, buharın üretildiği basınçtan daha az basınca sahip olduğu durumlarda uygulanabilir. Sonrasında flaş buharının yeniden kullanılması, blöfteki ısının ısı değiştirici aracılığıyla değiştirilmesine kıyasla ekserji açısından daha uygundur. Teoride düşük sıcaklıktaki enerji kullanımı, temiz buhar yerine flaş buharın kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Petrokimya sanayinde yaygın olarak kullanılan sistemin uygulanması kolay değildir. Flaş buharın geri kazanımı ile tatlı suyun ve bu suyun arıtılmasına ilişkin tasarrufların yapılması sağlanırken, en önemli tasarrufun enerji tüketiminde gerçekleştiği bilinmektedir. Flaş buharların geri kazanılması sıvı kondensatın toplanmasına kıyasla daha fazla tasarruf sağlamaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.5.4 Kazan blöflerinin azaltılması

Blöf sıcaklığı kazanda üretilen buharın blöfüyle doğrudan ilişkili olduğundan, blöf oranının en aza indirilmesi enerji kayıplarını azaltmaktadır. Buhar üretimi sırasında suda çözünmeyen katılar kazandaki çözünmeyen katıların konsantrasyonunu artırmaktadır. Tutulan katı maddeler ısı transfer kalitesini etkileyen çökeltileri oluşturabilir. Çözünmeyen katılar köpüğe ve kazan suyunun buhara taşınmasına neden olmaktadır. Gerekli blöf miktarının azaltımı; kondensatın mümkün olan en yüksek oranda geri kazanımı, besleme suyu kalitesinin iyileştirilmesi, besleme suyunun ön ısıtılması (%3 oranında blöf miktarını azaltır), tam otomatik blöf sisteminin kurulması ve iletkenliğin izlenmesi ile sağlanabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.5.5 Kazan besleme suyunun ekonomizerde atık gaz ısısı ile ısıtılması

Buhar kazanına hava ayırıcıdan geri döndürülen suyun sıcaklığı yaklaşık 105°C'dir. Kazandaki yüksek basınçlı su aynı zamanda yüksek sıcaklığa sahiptir. Sistem kayıplarının telafi edilmesi ve kondensatların geri dönüştürülmesi için buhar kazanı su ile beslenmektedir. Besleme suyunun önceden ısıtılmasıyla ısı geri kazanımı sağlanmakta, böylece buhar kazanının yakıt ihtiyacı azaltılmaktadır. Bu sayede yakıt maliyetlerinde de %1 oranında azaltım sağlanabilmektedir. Kazan besleme suyunun ön ısıtılmasında atık gaz ısısının ekonomizerler yardımıyla geri kazanılması ve aynı proseste tekrar kullanılması yaygın bir uygulamadır. Bu teknik ile yakıt-enerji tüketimlerinin ve atık gaz emisyonlarının azaltılması sağlanabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.5.6 Yanma havası sıcaklığının artırılması için ön ısıtma yapılması

Atık gaz bacalarından kaybedilen atık ısının geri kazanımında ekonomizerler ya da borulu ısı değiştiriciler kullanılabilmektedir. Baca gazlarından elde edilen atık ısı, ısı değiştiricilerde kazan giriş havasının ısıtılmasında kullanılabilir (Ersöz, 2009). Böylelikle kazanın yakma verimi yaklaşık %3-4 oranında artırılabilmektedir. Yakma havasının geri kazanılan atık ısı ile ön ısıtılması sayesinde %1,3 tasarruf sağlanabilir. Atık baca gazı sıcaklığı 130°C'nin üstünde ise, reküperatör ile yanma havasının ön ısıtılması veya ekonomizer ile suyun ısıtması sağlanabilmektedir. Kazan yakma veriminde artış ve yakıt tüketiminde azaltım sağlanması sayesinde atık gaz emisyonları azaltılabilmektedir. Ekonomizer ya da borulu ısı değiştiricilerin kullanılması ile atık gaz içerisindeki atık ısının geri kazanılması ve kazan yakma havasının ön ısıtılmasında kullanılması yöntemi birçok endüstriyel tesiste uygulanmaktadır (Terhan, ve diğerleri, 2015). Yakıt tasarrufu ile enerji maliyetlerinin azaltılması uygulamanın en önemli itici gücüdür.

5.5.7 Yakma hızı ve yük değişimi kontrolü ile buhar kazanlarının en yüksek verimde çalıştırılması için brulör kapasitesinin artırılması

Brulörlerde elektronik yakma yönetim sistemlerinin kullanımı ile hava/yakıt oranının oldukça hassas bir şekilde ayarlanması ve bu sayede tüm yakma kademelerinde tam yanmanın ve sürekliliğinin sağlanması, aynı zamanda oransal çalışmayla birlikte kazan yüküne tam uyumun elde edilmesi ve gereksiz duruşların önlenmesi mümkündür. Bu sayede brulör kapasitesinin artırılması sağlanabilir. Bu uygulama ile buhar kazanlarında verimlilik artırılarak, yakıt kullanımı ve atık gaz emisyonu miktarlarında önemli azalmalar sağlanabilmektedir. Ayrıca birden fazla kazanın kullanıldığı tesislerde brulör yönetimini ve kazanların yüke bağlı olarak devreye alınması ve çıkarılmasını sağlayan otomatik kontrollü sistemler bulunmaktadır (Hızıroğlu, 2005). Yüksek baca gazı sıcaklıklarında brulör ve kazana mutlaka müdahale edilmeli, kısmen kapasite düşürülerek veya kazan borularına türbülatörler ilave edilerek, baca gazı

sıcaklığı düşürülmelidir. Her 20°C baca gazı sıcaklık düşümü, verimde %1 artışa neden olmaktadır (Bilgin, 2011).

5.5.8 Kazan blöfünden ısı geri kazanımı

Buhar kazanlarında blöf ve flaş buhardan ısı geri kazanımı yapılarak, geri kazanılan ısının kazan besleme suyunun ön ısıtılmasında kullanılması, tüketilen yakıt miktarlarının azaltılmasını sağlamaktadır. Bu sayede doğal gazın buhar kazanlarında yanması sonucunda oluşan emisyon miktarlarının da aynı oranda azaltılması sağlanabilmektedir. Bu teknik, yeni kurulacak olan ve mevcut tesislerde uygulanabilmektedir.

5.5.9 Buhar kayıplarının en aza indirilmesi için otomatik kontrol mekanizmalı ve iyi bir izolasyon sisteminin kullanılması

Tesislerde buhar hatlarının uygun şekilde tasarlanmaması, buhar hatlarının rutin bakım ve onarımlarının yapılmaması, hatlarda meydana gelen mekanik problemler ve hatların uygun şekilde işletilmemesi, buhar hatlarının ve sıcak yüzeylerin tam izolasyonunun yapılmaması durumda buhar kaçakları olabilmektedir. Bu durum tesisin hem su tüketimini hem de enerji tüketimini etkilemektedir. Buhar izolasyonu eksiklikleri olan bölgelerde izolasyonların yapılması, buhar tüketimlerinin sürekli izlenmesi amacıyla analizörlerin ve otomatik kontrol mekanizmalı kontrol sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Buhar kayıplarının azaltılmasına bağlı olarak yakıt tüketiminde ve kazanlardaki ekstra yumuşak su tüketiminde benzer oranlarda tasarruflar sağlanabilir. Buhar kazanlarında yakıt tüketimi azalacağından atık gaz emisyonlarının da aynı oranda azalması beklenmektedir. Uygulamayla buhar kazanlarında kullanılan ekstra yumuşak su kullanımı azalacağından rejenerasyon suyu miktarları, rejenerasyonda kullanılan tuz miktarları ve ters ozmos konsantrelerinde de azalmalar sağlanabilir. Tam buhar izolasyonu uygulaması ve buhar kayıplarının en aza indirilmesi için otomatik kontrol mekanizmaları yoğun buhar tüketimi gerçekleşen birçok tesiste kullanılmaktadır. Uygulamanın yapılandırılması ile buhar kazanlarında %2-4 oranında yakıt tasarrufu sağlanabilir.

5.6. Basınçlı Hava Sistemlerinde MET Uygulamaları

5.6.1 Basınçlı hava ihtiyacının ve basınç seviyesinin izlenmesi ve optimize edilmesi

Üretim proseslerinde ihtiyaç duyulan elektriğin yaklaşık %10'luk kısmı basınçlı hava sistemleri tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle basınçlı hava sistemlerinin izlenmesine, kontrolüne ve optimizasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Basınçlı hava sistemlerinde enerji tüketiminin azaltılması amacıyla; gerekli hava ihtiyacının belirlenmesi, gereksiz kullanımların belirlenmesi, basınç miktarının optimize edilmesi, yük profilinin oluşturulması ve analiz edilmesi, izleme sistemi kurularak kaçakların minimize edilmesi gerekmektedir. Böylelikle elektrik enerjisi tüketiminde ve maliyetlerinde azaltım sağlanabilmektedir.

5.6.2 Kompresör kapasitesinin optimize edilmesi

Kompresör sistemleri üretim tesislerinde tüketilen elektrik enerjisinde önemli paya sahiptir. Bu nedenle kompresör sistemlerinin optimize edilerek uygun yüklerde çalıştırılması elektrik tüketiminin azaltılmasında oldukça önemlidir. Kompresör odasının ve kompresör yerleşiminin uygun şekilde

tasarlanması ile giriş havası sıcaklığının azaltılması ile enerji tasarrufu, mevcut kompresör dairesinin havalandırılması ile yakıt tasarrufu, kompresörlerde değişken hız sürücülerinin kullanılması ve yol vericilerin kullanımı ve uygun kompresör seçimi ile de enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

5.6.3 Hava girişine nem tutucu takılması

Kompresör giriş havasının özellikleri kompresör verimini etkileyen faktörlerden biridir. Genel prensip olarak soğuk, temiz ve kuru hava girişi verimli bir sıkışma sağlamaktadır (Kanoğlu, 2010). Ancak kompresör sistemlerinde dış ortam havası kullanılmaktadır. Bu nedenle kompresör sistemlerinde pratikte nadiren kuru hava temin edilebilmektedir (Çatak, 2004). Kompresör sistemlerinde sıkışma özelliklerinin artırılması ve enerji tüketiminin azaltılması amacıyla kompresör hava emme noktasında nem tutucu filtrelerin kullanılması gerekmektedir. Bu sayede basınçlı hava sistemlerinde enerji verimliliği sağlanabilmektedir (Kanoğlu, 2010).

5.6.4 Kompresör yağ seviyesinin kontrol edilmesi

Kompresörlerde yağ seviyesinin önleyici bakım-onarım programları hazırlanarak kontrol edilmesi kompresörlerin daha verimli çalışması, enerji kayıplarının azaltılması, mekanik aşınmanın önlenmesi ve faydalı kullanım ömürlerinin uzatılmasında olukça önemli bir uygulamadır. Kompresörlerde yağ seviyesinin azalması ve yağlamaya yetmeyecek seviyede olması kompresörlerin mekanik parçalarının aşırı sürtünmeye maruz kalmalarına, verimsizlik ve ısı kayıplarına neden olmaktadır. Kompresörlerde yağ seviyesinin rutin olarak kontrol edilmesi iyi bir yönetim uygulaması olmakla birlikte enerji verimliliğine de katkı sağlamaktadır. Bu sayede kompresör verimindeki artışa paralel olarak elektrik enerjisi tüketiminde de azalmalar sağlanabilir.

5.6.5 Kompresör giriş havası sıcaklığının optimize edilmesi

Kompresör giriş havasının kalitesi kompresör verimini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Kompresör sistemlerinde giriş havası sıcaklığının gerekenden yüksek olması durumunda sıkıştırma için daha fazla enerji harcanması gerekmektedir. Giriş havası sıcaklığının 5°C artması kompresör enerji ihtiyacını %2 oranında artırmaktadır. Bu nedenle kompresör giriş havası sıcaklığının optimize edilmesi kompresör veriminin artırılmasında ve elektrik enerjisi tüketiminin azaltılmasında etkili bir uygulamadır (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.6.6 Boru hacminin uygun şekilde artırılmasıyla sürtünme basıncının düşürülmesi ve kompresörlerdeki enerji ihtiyacının azaltılması

Basınçlı hava sistemlerde boru çapının uygun ölçülerde seçilmesi kompresörün gereken basıncı sağlayabilmesi için ihtiyaç duyduğu enerjinin azaltılmasında etkilidir. Ayrıca boru hattı üzerinde yük kaybına neden olan ekipmanların kullanılması da enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Basınçlı hava sistemlerinde uygun boru çapının seçilmesi ve sürtünme ya da yük kaybına neden olan vana ve dirseklerin kullanımından olabildiğince kaçınılması kompresör veriminin artmasını ve buna paralel olarak elektrik enerjisi tüketiminin azaltılmasını sağlayabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.6.7 Basınçlı hava sistemlerinde dış ortam havasının giriş havası olarak kullanılması

Basınçlı hava sistemlerinde dış ortam havasının kompresör giriş havası olarak kullanılması mümkündür. Ancak kompresör veriminin artırılması için dış ortam havasının uygun sıcaklıkta ve düşük nem içeriğine sahip olması gerekmektedir. Bu açıdan kompresör girişine nem tutucuların entegre edilmesi, kompresör giriş havasının bir miktar soğutulması için soğutma odalarının hazırlanması ve kompresörlerin zemin altı gibi soğuk alanlara yerleştirilmesi etkili bir çözümdür (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.7. Soğutma, Isıtma ve Havalandırma Sistemlerinde MET Uygulamaları

5.7.1 Soğutma sularının ayrı toplanması ve yeniden kullanılması

Isıl enerjinin yoğun olarak kullanıldığı ve soğutmanın gerekli olduğu proseslerde su ile soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğutma suyu geri dönüşünde ısı değiştiricilerin kullanılması ile ısı geri kazanımı yapılması, soğutma suyunun kirlenmesinin önlenmesi ve soğutma suyu geri dönüş oranlarının artırılması ile su ve enerji tasarrufu sağlanması mümkündür. Ayrıca soğutma sularının ayrı toplanması durumunda, toplanan suların soğutma amaçlı kullanılması ya da uygun proseslerde tekrar değerlendirilmesi çoğu zaman mümkün olmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2009). Soğutma sularının yeniden kullanımı ile toplam su tüketiminde %2-9 oranında, enerji tüketiminde ise %10'a varan oranlarda tasarruf sağlanabilmektedir (Greer, ve diğerleri, 2013; Öztürk, 2014).

5.7.2 Soğutma yükünün azaltılması

Endüstriyel soğutma sistemlerinde ihtiyaç duyulandan fazla soğutma yapılması enerji verimliliğini olumsuz yönde etkileyen uygulamalardan biridir. Gereğinden daha fazla soğutmanın engellenmesi yönündeki en önemli uygulamalardan biri sensörlerin entegre edildiği bilgisayarlı izleme sistemlerinin kullanılmasıdır. Soğutma sistemlerinde optimizasyon ve yalıtım uygulamalarının yapılması, sıcak havalarda mekanların gereksiz olarak soğutulmaması, soğutulan mekanlara sıcak hava girişinin engellenmesi gibi önlemler ile soğutma yüklerinin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması sağlanabilmektedir. Bu tekniğin uygulanması ile soğutma sistemlerinde sağlanacak enerji tasarrufu yaklaşık olarak %30 civarındadır (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.7.3 Kondenserde yoğuşmayan gaz oluşumunun engellenmesi

Yoğuşmayan gazların kondenserde birikmesi basıncın yükselmesine, dolayısıyla türbinin ürettiği enerji miktarının azalmasına neden olmaktadır. Türbinden geçen buhar debisinin bir kısmını buhardan düşük spesifik enerjiye sahip yoğuşmayan gazların oluşturması, türbinde daha az enerji üretilmesine ve yoğuşmayan gazların yüzey tip kondenserlerde borular etrafında direnç yaratarak ısı geçişini azaltmasına neden olmaktadır. Yoğuşmayan gazların alınmasında buhar jet ejektörleri, sıvı halkalı vakum pompası, roto-dinamik (kompresör ve radyal üfleyiciler) ve reboiler sistemleri kullanılabilmektedir (Gökçen, ve diğerleri, 2007).

5.7.4 Sıvı soğutucu akışkanının kompresöre gönderilmesi

Sıvı soğutucu akışkanın kompresöre gönderilmesi, sıvı hattı ya da kondenserden alınan bir hat ile yapılmaktadır. Bunun temel nedeni; kompresörde sıkıştırma sırasında soğutma etkisi elde ederek, soğutma sisteminin veriminin artırılmasıdır. Ayrıca kompresöre sıvı gönderilmesi kondensere kızgınlığı

daha düşük soğutucu akışkanın gelmesini sağlamaktır. Kondenserden kompresöre sıvı girişi sistem soğutucu akışkanı ve kompresör yağı açısından olumlu etkiler göstermektedir. Kompresöre sıvı girişi yoğuşma sıcaklığını düşürmektedir. Yoğuşma sıcaklığının düşmesi buharlaşma sıcaklığı arasındaki farkı azaltmaktadır (Ekren, ve diğerleri, 2009).

5.7.5 Kompresör basıncının aşırı yükselmesinin engellenmesi

Soğutma sistemlerinde kompresör basıncının gereğinden fazla yükselmesi boru tesisatları ve iletim kanallarında yükü artıracağı için yıpranmalara neden olabileceği gibi kompresörlerin daha verimsiz hale gelmelerine ve yüksek elektrik enerjisi tüketimine neden olmaktadır (MEGEP, 2011b). Bu nedenle kompresörlerin izlenmesi-kontrolü, bakım-onarımı, frekans kontrolü, kompresörlerde hız sürücülerinin kullanılması ve kompresör veriminin artırılmasına yönelik tedbirlerin (giriş havası sıcaklığının azaltılması, hava girişine nem tutucu takılması vb.) uygulanması ile kompresörlerin aşırı yüklenmesi engellenebilir. Ayrıca kompresörlerin seçiminde kullanılacak amaca uygun güçte olanların tercih edilmesi de önemlidir (Karataş, 2013).

5.7.6 Sucul organizmalar ve biyolojik risklerin azaltılması

Su soğutmalı sistemlerde, soğutma suyunun yüzeysel su kaynaklarından temin edilmesi durumunda soğutma sularıyla birlikte sucul organizmaların da soğutma sularıyla birlikte soğutma sistemlerine taşınması mümkündür. Bu durumda zamanla soğutma sistemlerinde tıkanmalar ve soğutma kapasitesinin azalması gibi olumsuzluklarla karşılaşılabilmektedir. Soğutma sistemlerinde oluşan biyolojik büyümenin önlenmesinde; soğutma sularının uygun yöntemler ile arıtılması veya dezenfekte edilmesi sağlanabilir. İmalat sektöründe soğutma sularında istenmeyen biyolojik büyümenin önlenmesinde kimyasal dezenfeksiyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda biyolojik risklerin azaltılmasını sağlayan biyositlerin kullanımı da gerekli olabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.7 Soğutma kuleleri yüzeylerinin temiz tutulması, kireçlenme, korozyon ve tıkanmanın önlenmesi

Soğutma kuleleri ve evaporatif kondenserler, klima ve endüstriyel proses soğutma sistemlerinden çıkan ısıyı uzaklaştıran etkili ve düşük maliyetli sistemlerdir (Avrupa Komisyonu, 2001). Bu sistemlerde sirküle edilen suyun %95'inden fazlası geri kazanılabilmektedir. Soğutma sistemlerinde, resirkülasyon suyunun bir kısmı buharlaştırılmakta, bu nedenle safsızlıklar resirkülasyon suyu içerisinde kalmaktadır ve her bir döngüde safsızlık konsantrasyonları giderek artmaktadır. Bunun yanı sıra, hava ile birlikte soğutma sistemine dahil olan safsızlıklar resirkülasyon sularında kontaminasyona neden olabilmektedir. Safsızlıklar ve kirleticiler etkin şekilde kontrol edilmez ise kazantaşı (kışır) ve korozyon oluşumuna, istenmeyen biyolojik büyümeye ve çamur birikimine neden olur. Bu durum ısı transfer yüzeylerinin veriminin düşmesine ve işletme maliyetlerinin artmasına neden olan kronik bir sorun haline gelebilir. Bu durumda soğutma sistemine verilen besleme suyunun kalitesi, soğutma suyu sistemi yapı malzemesi ve işletme koşulları açısından özel olarak tasarlanmış bir su şartlandırma programının uygulanması gereklidir. Bu kapsamda; blöf kontrolü, biyolojik büyümenin kontrolü, korozyon kontrolü, sert su kullanımından kaçınılması, çamur kontrol kimyasallarının kullanılması, filtrasyon ve elek sistemlerinin kullanılması sağlanabilir (Deren Kimya, 2016). Ayrıca etkin bir temizlik prosedürünün ve programının oluşturulması ve periyodik olarak uygulanması da soğutma sistemlerinin korunması açısından bir iyi yönetim uygulamasıdır.

5.7.8 Soğutmada buhar oluşumunda ve soğutma kulesi yüksekliğinin azaltılmasının gerekli olduğu durumlarda hibrit soğutma sistemlerinin kullanılması

Tesis sahasının sınırları soğutma kulesi yüksekliği gibi tasarım parametrelerini etkilemektedir. Kule yüksekliğinin azaltılması zorunluluğunun bulunduğu hallerde hibrit soğutma sistemi uygulanabilmektedir. Hibrit soğutma sistemleri buharlaştırmalı ve buharlaştırmasız (ıslak ve kuru) soğutma sistemlerinin bir kombinasyonudur. Hibrit soğutma kulesi ortam sıcaklığına bağlı olarak tümüyle ıslak soğutma kulesi olarak işletilebileceği gibi kombine bir ıslak/kuru soğutma kulesi olarak da işletilebilir. Isınan soğutma suyu ilk önce soğutma kulesinin kuru kesiminden geçer ve burada ısı yükünün bir kısmı çoğu zaman bir fan vasıtasıyla tahrik edilen hava akımıyla ortadan kaldırılır. Kuru kesimden geçen su daha sonra kulenin açık çevrimli kule sistemine benzer şekilde çalışan ıslak kısmında soğutulur. Kuru kısımda ısınan hava, kulenin üst kısmında, ıslak kısımdan gelen buharla karıştırılır ve hava akımı kuleyi terk etmeden önce bağıl nem oranı aşağı çekilir. Böylece kule üzerindeki duman oluşumu neredeyse tümüyle azaltılmış olur.

Bir hibrit soğutma kulesi veriminin optimize edilmesi duman emisyonu kontrol gereklerini karşılayacak kuru ısı transferi miktarının optimize edilmesi anlamına gelmektedir. Bu sistemler paket soğutma kuleleri, tahrikli veya cebri soğutma kuleleri ve daha büyük ölçekte hücre veya çevrimli tip soğutma kuleleri olarak inşa edilebilirler. Bir hibrit soğutma kulesi ile konvansiyonel bir soğutma kulesi arasındaki en önemli fark hibrit soğutma kulesinin bir ıslak soğutma kulesine oranla %20‘ye varan ölçüde daha az takviye suyu kullanıyor olmasıdır. Nominal koşullarda hava akımı (ıslak ve kuru kısımlar) yaklaşık iki katı olduğundan mekanik çekişli bir hibrit soğutma kulesinin yıllık enerji sarfı mekanik çekişli ıslak soğutma kulesine nazaran 1,1 ila 1,5 kat arasında aşağı çekilebilir. Bir hibrit soğutma kulesi inşasına karar verilirken tesis sahasına özgü gereklilikler (yükseklik sınırı ve duman emisyonunun azaltılması) dikkate alınmalıdır. Bu tür kulelerden özellikle Almanya ve İngiltere‘de enerji sektöründe yararlanılmaktadır. Sistemin kullanımı 25-55°C sıcaklık aralığı ile kısıtlıdır; çünkü 55°C üzerindeki sıcaklıklarda tüplerde kalsiyum karbonat çökeltisi meydana gelmesinin çok daha kolay olduğu gözlenmektedir. Ancak bu anlamı 55°C altındaki sıcaklıklarda çökelme gözlenmediği anlamına gelmemekte ve bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.9 Bazı proseslerde takviye soğutma suyunun sınırlı olması durumunda kuru soğutucuların kullanılması

Su soğutma işlemlerinde kanatlı ısı değiştirici yoluyla soğutma sağlayan sistemler kuru soğutma sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Kuru soğutma sistemleri, proses suyu soğutma sistemlerinde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Kuru soğutma sistemleri dönüş suyu yükünün fanlı bir eşanjör sistemiyle havaya aktarılması esasına dayanmaktadır. Emilen hava kanatlar arasından geçerken, fanlar, boru içerisindeki akışkanın soğutulmasını sağlamaktadır. Eşanjörün dış yüzeyinin kuru olması nedeniyle kireçleme ve korozyon sorunları meydana gelmez. Ayrıca kuru soğutma sistemleri istenmeyen biyolojik büyüme risklerinin en az olduğu sistemlerdendir. Sistem kapalı devre çalıştırıldığında soğutma suyunun azalması problemi ile karşılaşılmaz. Yeterli soğutma suyu bulunmayan bölgelerde ya da su maliyetlerinin yüksek olduğu durumlarda soğutma takviye suyu miktarının azaltılması için kuru soğutma sistemlerinin veya hibrit soğutma sistemlerinin değerlendirilmesi etkili bir çözüm olabilmektedir. Fakat kuru soğutma sistemi uygulamaları genellikle proses verimliliğinde

bir azalmayı da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, su kısıtının bulunmadığı durumlarda genellikle ıslak sistemler tercih edilmektedir.

Söz konusu uygulamanın yapılandırılması ile sağlanabilecek başlıca çevresel fayda soğutma sistemlerinde su ihtiyacının azaltılmasıdır. Bununla birlikte, fanlı soğutma sistemlerinin kullanılması durumunda elektrik enerjisi tüketimi bir miktar artmaktadır. Söz konusu uygulamanın yeni kurulacak ve kurulu tesislerde yapılandırılmasında bir kısıtlama bulunmamaktadır (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.10 Soğutmada kullanılan suların şartlandırılması

Açık çevrimli sistemlerde korozyon en önemli problemlerden biridir. Sistemde korozyona ve kireç oluşumuna neden olabilecek başlıca faktör besleme suyunun kalitesidir. Özellikle sülfat, klorür, karbonat gibi korozyona neden olan çözünmüş katı maddeler, zaman içerisinde metallerde aşınmaya neden olmaktadır. Soğutma kulesinde kullanılan suyun pH yükseldikçe (pH>9) bakır akşamlarda, pH değeri düştükçe (pH<7) diğer metal aksamlarda meydana gelen korozyon miktarı artar. Soğutma suyunun sertlik derecesi arttıkça cidarlarda kireç taşı ve birikinti oluşumu gerçekleşir. Birikinti oluşumu ısı transferini olumsuz yönde etkileyerek enerji verimliliğini azaltmakta ve enerji maliyetlerini artırmaktadır. Sistem içerisinde buharlaşmanın artması ile sudaki iyon konsantrasyonu ve iletkenlik değeri artmaktadır. Toplam tuzluluktaki artış korozyon oluşumunu hızlandırır (Kayabek, ve diğerleri, 2005). Bu olumsuzlukların engellenmesi için soğutma suyuna kireç ve korozyon önleyici kimyasal şartlandırma yapılması, biyolojik aktivasyon engelleyici bir biyosit ile dezenfeksiyon yapılması, soğutma kulelerinin yılda en az iki kez kimyasal ve mekanik temizliğe tabi tutulması ve tortuların temizlenmesi, sertlik ve iletkenlik değerlerinin mümkün olduğunca düşük seviyede tutulması gerekmektedir (Kayabek, ve diğerleri, 2005; Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.11 Biyosit kullanımı

Tek geçişli (once-through) ve açık çevrimli soğutma sistemlerinde mikrobiyal kirlenmeler meydana gelmektedir. Kontrolsüz mikrobiyal büyüme ısı değiştiricilerin ısı transfer kapasitesinin azalmasına ve artan sürtünme direnci nedeniyle enerji kayıplarına neden olur. Ayrıca mikrobiyal kirliliğe maruz kalan metal aksamlarda mikrobiyal kaynaklı korozyon da oluşabilmektedir. Açık çevrimli soğutma sistemlerinde mikrobiyal kirliliğin önüne geçmek için soğutma suyuna biyosit eklenir. Biyositler soğutma suyundaki mikrobiyolojik büyümeyi yavaşlatıp, besleme suyundaki toplam hücre sayısını azaltıp, mikrobiyal büyümenin neden olduğu biyofilm stabilitesini zayıflatarak soğutma suyundaki organik kirliliği en az seviyeye indirir.

Genellikle, biyositler oksitleyici biyositler veya oksitleyici olmayan biyositler olarak sınıflandırılmaktadır. Oksitleyici biyositlerin spesifik olmayan geniş spektrumlu bir biyosit etkisi vardır. Bu da organizmaların bu biyositlere karşı direnç geliştirebilme derecesini sınırlar. Oksitleyici olmayan biyositler, daha seçici ve daha karmaşıktır. Bu nedenle oksitleyici biyositlerden daha uzun bir reaksiyon süresine ihtiyaç duyarlar. Biyosit tüketim miktarı, soğutma sistemi türü, su kaynağı (tuzlu su, vb.), prosesten suya geçen/bulaşan organik malzemeye göre değişiklik gösterir. Tek geçişli sistemlerde mikrobiyal kirlenme için sadece biyosit kullanılır. Bunlar, genellikle hipoklorit gibi oksitleyici biyositler ya da hipobromit gibi biyosit türevleridir. Açık çevrimli soğutma sistemlerinde ya sadece oksitleyici biyosit tek başına kullanılır ya da oksitleyici olmayan biyositle bir kombinasyonu halinde kullanılır. Oksitleyici olmayan ve diğer şartlandırma ajanlarının kullanımı tamamıyla açık çevrim soğutma sisteminin türüne göre belirlenir (EC, 2001).

5.7.12 Soğutma kulelerinde oluşan hüzmenin yer seviyesine ulaşmasının engellenmesi

Açık ve kapalı ıslak soğutma kulelerinde yüksek nem içeriğine sahip atık havanın soğutma kulesini terk ederken atmosfere karışıp tekrar soğumasıyla meydana gelen hüzme oluşumu önemlidir. Görülen hüzmenin şekli ve büyüklüğü sıcaklığa, atmosferdeki bağıl nem oranına ve aynı zamanda rüzgâr durumuna bağlıdır. Atmosfer soğudukça ve nem oranı yükseldikçe hüzme daha durağan ve kalıcı olacaktır. Sert hava koşullarında, hüzmenin, çökerek yollarda buzlanmaya da sebep olabildiği rapor edilmiştir.

Atmosferik dispersiyon özelliklerinin yeterli olmadığı şartlarda, soğutma kulelerinde oluşan emisyonların yer seviyesine ulaşmasının engellenmesi gerekmektedir. Soğutma kuleleri, hüzmenin yer seviyesine veya yerleşim bölgelerine erişmesini önleyecek yükseklikte ve mesafede planlanmalıdır. Yüksek kapasiteli tesislerden kaynaklanan hüzme, gerek duyulandan daha küçük boyutlarda kulelerin kullanılması durumunda yer seviyesinde sis oluşumuna neden olabilmektedir.

Hüzme zayıflatma, soğutma sistemi konfigürasyonunu değiştirmeyi içeren entegre bir teknolojik tedbirdir. Nemli atık hava deşarj edilmeden önce bir miktar sıcak kuru havayla karıştırılıp kurutularak hüzme oluşumunun önüne geçilebilir. Açık hibrit (veya ıslak/kuru) soğutma kuleleri ve kapalı ıslak/kuru soğutma kuleleri (veya yeniden soğutucular) özellikle hüzme oluşumunu engellemek üzere tasarlanmaktadır (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.13 Soğuk depolama sıcaklıkları ve klimaların optimizasyonu ile enerji tüketiminin minimize edilmesi

Soğuk depolama gıda maddelerinin normal şartlardaki sürelerinden daha uzun süre saklanmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Soğuk depolama alanlarında temel amaç mümkün olduğu kadar değişmeyen sıcaklık ve bağıl nem koşullarının sağlanmasıyla enzim tepkimelerinin veya mikroorganizma gelişiminin yavaşlatılmasıdır. Standart bir soğutma sisteminde kompresör, evaporatör ve kondenser, soğutucu akışını kontrol etmek için ise genleşme valfi veya kılcal boru, termostat, kurutucu filtre, likit tutucu, manometre ve termometre gibi çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır. Soğuk depolamada enerji kullanımı, sistemden uzaklaştırılacak ısı miktarına ve soğutucu ekipmanların verimliliğine bağlıdır. Soğutma sistemlerinde enerji verimliliği sağlanması amacıyla gerçekleştirilebilecek uygulamalar; soğutma sistemlerindeki tüm bileşenlerin (evaporatör, kondenser, valf vb.) enerji verimliliği düşünülerek uygun şekilde tasarlanması, nem içeriğinin asgariye indirilmesi, sirkülasyonun en iyi şekilde sağlanması, merkezi sistemler için ara soğutucuların kullanılması, dondurulmuş ürünlerin uzun süre sıcak ortamlarda kalmasının önlenmesi, soğuk ortamların yalıtımının eksiksiz yapılması, kayıpların önlenmesi için ısı köprülerinin engellenmesi, otomatik kontrol ve alarm özelliğine sahip sistemlerin kullanılması, soğutma sistemlerinin uygun şekilde çalıştıklarından emin olmak üzere izleme ve kontrol sistemlerinin kullanılması, fanların düzenli kontrolü ve temizliğinin sağlanması, evaporatörlerin ihtiyaç duyulandan daha az sıcaklıklarda çalıştırılmaması, kondenserlerin hava akımının nispeten fazla olduğu serin yerlere yerleştirilmesi olarak sıralanabilmektedir. Soğutma sistemlerinde otomasyona dayalı izleme sistemlerinin, sensör, dedektör ve uyarı sistemlerinin bulunması, gece ya da soğuk günlerde soğutma sisteminin daha az çalıştırılması ve izolasyonun mümkün olan en iyi şekilde yapılması enerji tüketimlerinin azaltılmasında oldukça önemlidir. Yalıtım ve optimizasyon çalışmaları ile soğutma sistemlerinde %40'a varan enerji verimliliği sağlanabilmektedir (Akdemir, ve diğerleri, 2010).

5.7.14 Sodyum hipoklorit kullanımının azaltılması

Soğutma sistemlerinde istenmeyen mikrobiyal büyümenin kontrolünde en yaygın kullanılan biyositlerden birisi sodyum hipoklorittir. Ancak sodyum hipoklorit, su ortamlarında yüksek dezenfeksiyon kabiliyetine sahip olsa da dezenfektan yan ürünleri gibi ikincil kirlenmelere neden olmaktadır. Bu nedenle soğutma sistemlerinde kullanılan sodyum hipoklorit miktarının azaltılması çevreci bir uygulamadır. Sodyum hipoklorit kullanımının azaltılmasında; kirliliğin tanımlanması ve izlenmesi, soğutma sistemlerine organik maddelerin girişinin önlenmesi, uygun biyosit dozunun belirlenmesi, açık çevrimli sistemlerde biyolojik izleme programının oluşturulması, okside edici olmayan biyositlerle kombine kullanılması, biyosit kullanımının ve dozlama sisteminin optimize edilmesi, otomatik dozlama sistemi kullanılması, soğutma sularının ön arıtımı veya yan akım filtrelemesi, online ve offline temizlik yapılması, ısıl arıtım, kaplama ve boyama, ultraviyole (UV), ultrason (US), ozon ve ozmotik şok kullanılması, makro ve mikro filtreleme yapılması gibi yöntemlerin değerlendirilmesi gerekmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.15 Açık tip ıslak soğutma kulelerinde ozon kullanılması

Gıda sektöründe dezenfeksiyon gıda güvenliği açısından oldukça önemli bir konudur (EC, 2006). Maya sektöründe ise biyolojik bir üretim süreci yürütülmesi nedeniyle dezenfeksiyon daha önemli bir konu haline gelmektedir. Maya sektöründe üretim proseslerinde kullanılan suların sodyumhipoklorit ile dezenfeksiyonu yaygın bir uygulamadır. Ancak sodyumhipokloritin toksik özellikleri ve kararsız olması nedeniyle çabuk bozunabilir bir kimyasal olması nedeniyle kullanımından kaçınılması önemlidir. Ayrıca sodyumhipoklorit virüslerin dezenfeksiyonunda yetersiz kalabilmektedir. Günümüzde gıda sektöründe faaliyet gösteren tesislerde su dezenfeksiyonunda ön ozonlama ve kalıcı dezenfeksiyon sağlamak amacıyla sıvı klorlama yapılmaktadır. Ozonlama yapılması özellikle klorlu bileşiklerin kullanımının azalmasına katkı sağlamaktadır. Ozon, bazı pas önleyici soğuk su katkı maddelerini ortadan kaldırmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Ozonun etkinliği sudaki pH'a bağlıdır. Ozon, pH değeri 8'den yüksek olan bir suya eklenildiği zaman (genellikle devridaimli soğutma sisteminde karşılaşılır), yarım mikro saniye ömürlerine rağmen, moleküler klordan daha güçlü oksitleyici maddeler olan serbest hidroksil radikal şeklinde ayrışır. Suyun doğal yüzeyinde brom iyonları olduğu zaman, bunlar, ozon ile gerçekte ozonun kendisindense atık ozon olarak ölçülen hipobrom asit yaratacak şekilde reaksiyona girer. Başka bir önemli faktör suyun sertliğidir ve bunun 100 ile 400 ppm arasında $CaCO_3$ ve 200 ppm'den düşük klor seviyesinde tutulması tavsiye edilmektedir. Mikrobiyolojik etkinlik olarak ölçülen mikro kirlenmenin azalması değişkendir ve klor/brom arıtması ile karşılaştırılabilir. Ozon arıtmasının değişik durumlarına göre artık su içinde AOX ve KOİ seviyelerinde yaklaşık %50 azalma kaydedilmiştir. Sonuç seviyeleri sırası ile 0,01 mg/L (AOX) ve 10 mg/L'den (KOİ) düşüktür. KOİ derecesi miktarı belirlenen dengeleyici sertliğine ulaşabilmektedir. Ozondaki enerjinin oluşumu yüksek olsa da, ozonun uygulaması, genellikle çevresel anlamda hipokloritten daha kabul edilebilir olarak gösterilir, çünkü ozon daha az trihalometan ve elde edilebilir organik halojen oluşumuna yol açmaktadır. Ozonlama, bromat ve bromohidrin gibi türev ürünlerin oluşumlarına neden olabilir, ancak klorlama türev ürünlerin yaratılması ile karşılaştırılınca ozonlama nedeniyle yaratılan türev ürünlere nispeten daha azdır (Avrupa Komisyonu, 2001).

Bu uygulama ile sodyum hipoklorit kullanımı ve dezenfeksiyondan kaynaklanan toksik maddelerin biyolojik arıtma sistemlerinde oluşturabileceği toksik madde inhibisyonları azaltılır. Uygulamada ozon jeneratörlerinin kullanımından kaynaklı elektrik enerjisi tüketiminin artması başlıca çapraz etkileri oluşturmaktadır. Tesiste üretim proseslerinde kullanılacak ön ozonlama için bir ozon jeneratörüne

ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısı ile su dezenfeksiyonunda elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmektedir. Bunun yanında sodyum hipoklorit tüketiminde ve maliyetlerinde önemli azalmalar sağlanmaktadır. Tesiste su dezenfeksiyonu için 0,1-0,3 gr/m^3 ozon dozlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamadaki başlıca itici güçler ulusal ve uluslararası düzenlemeler ve standartlara uyum ve çevre dostu üretim tekniklerinin uygulanması ile firma imajına katkı sağlanmasıdır (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.16 Açık tip soğutma sistemlerinde serbest oksidan (kalıntı) emisyonlarının azaltılması

Açık sistemlerde makro-kirlenmeye karşı ağırlıklı olarak oksidan biyositler kullanılmaktadır. Açık çevrimli sistemlerde, korozyon ve mikro-kalıntı oluşumuna karşı su ön arıtma işleminden geçirilir. Göreceli olarak daha küçük hacimlerdeki çevrimli ıslak sistemlerde ozon ve UV gibi alternatif arıtma yöntemleri başarıyla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemler özel proses koşullarına ihtiyaç duymakta ve yüksek maliyetli olabilmektedir. Soğutma suyu deşarjından kaynaklanan zararlı etkileri azaltan işletme tedbirleri şok arıtma sırasında tahliyenin durdurulması ve blöfün alıcı yüzey suyuna deşarj işleminden önce arıtmadan geçirilmesidir. Blöfün bir atıksu arıtma tesisinde arıtılması söz konusu olduğunda kalan biyosidal aktivite daha sonradan mikrobiyal popülasyonu etkileme potansiyeline sahip olduğundan mutlaka izleme altına alınmalıdır (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.7.17 Havalandırma girişlerinin sayısının, şeklinin ve boyutunun optimize edilmesi

Havalandırma ve iklimlendirme sistemleri bir tesiste azımsanmayacak seviyede (toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %10'u) enerji tüketimine neden olan sistemlerdir. Bu nedenle havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde enerji verimliliğinin artırılması oldukça önemlidir. Havalandırma sistemlerinde hava akışı enerji tüketimini etkileyen başlıca öğelerdendir. Akış oranı ne kadar düşük ise enerji tüketimi de o kadar azdır. Havalandırma sistemlerin uygun boyutta ve sayıda olması, daha az basınç kaybı sağlayan dairesel kanalların kullanılması, dirsekler ve çap değişim noktalarının sayısının azaltılması enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Örneğin çapta %10 artış absorbe edilen güçte yaklaşık %70 azalma sağlayabilir. Havalandırma sisteminin tüm parametrelerinin optimize edilmesinin ardından enerjide yaklaşık %30 oranında tasarruf edilebilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.7.18 Sistem dengesinin kontrolü ve hava akışının optimize edilmesi

Soğutma ve havalandırma sistemlerinde hava basınç kontrolü ve hava akışlarının optimize edilmesi sayesinde elektrik enerjisi tüketimi azaltılabilmektedir. Hava kanalı sisteminin, belirli noktalarda fazla havalandırmayı önlemek amacıyla dengelenmesi gerekmektedir. Havalandırma sisteminin optimize edilmesi, tesis içi bakım ve denetim planlarının belirlenmesi ve havalandırma sisteminin izleme-kontrolünün yapılması enerji verimliliği sağlamaktadır. Bilgisayar destekli hava akışı kontrol sistemlerinin kullanılması, havalandırma sistemlerinde enerji verimliliğinin sağlanması ve sürekliliği için iyi bir uygulamadır (Avrupa Komisyonu, 2009).

Akış düzenleme işlemi, hava kontrol ünitesinin önceden ayarlanmış hava akış sabitini koruyacak şekilde çalıştırılmasını içermektedir. Filtreler tıkansa, hava cihazları bloke olsa bile fanların hızı doğru hava akışını sağlayacak şekilde otomatik olarak ayarlanmaktadır (Alarko, 2006). Havalandırma sisteminin tüm parametrelerinin optimize edilmesinin ardından enerji tüketiminde ve dolayısıyla maliyetlerinde %30 oranında azalma sağlanabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009).

5.8. Fermantasyon Proseslerinde MET Uygulamaları

5.8.1 Köpük oluşumunun önlenmesinde havalandırma kontrolü, hava sirkülasyonu ve hava dağıtımı tekniklerinin uygulanması

Endüstriyel üretim proseslerinde köpük oluşumunun önlenmesi ya da azaltılması için köpük kesiciler kullanılmaktadır. Köpük kesiciler, hem yüzeyde hem de sıvı içerisinde hapsolmuş havayla ilgili köpük oluşumunun giderilmesini sağlayan kimyasallardır. Köpük kesiciler düşük viskozitelidir ve köpüklü yüzeylerde hızla yayılma özelliğine sahiptir. Köpürme problemi fermantasyon süreçlerinde karıştırma, hava ve hammadde beslemesinden kaynaklanan hareket sonucunda meydana gelmektedir (USEPA, 1994). Fermentörün üst kısmında oluşan karbondioksit kabarcıkları biyokütlenin solunumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı zamanda, fermantasyon tanklarındaki taşma riskini önlemek ve ekipmanın hacminden verimli bir şekilde faydalanabilmek için de köpük kesici maddeler kullanılmaktadır (EC, 2006). Fermente ürünlerde köpük kesici olarak doğal yağlar (soya yağı, mısır yağı), polieter, yüksek alkoller ve silikon köpük kesiciler kullanılmaktadır. Doğal yağların kullanımında, ortam şartlarının uygunluğu sağlanmadığı takdirde asidite artabilmektedir. Köpük oluşumunun önlenmesinde tank içerisindeki karıştırmanın optimum seviyede yapılması, hava ve hammadde beslemesinin tank içerisinde köpük oluşturmayacak hızda yapılması, aralıklı besleme yapılması, tank havalandırma sisteminin gözden geçirilmesi ve havalandırmanın kontrollü yapılması, tank içerisinde homojen hava sirkülasyonunun sağlanması ve optik çözünmüş oksijen sensörlerinin kullanılarak köpük oluşumunun en az seviyeye indirilmesi sağlanabilir. Böylelikle hem iyi bir proses kontrolü sağlanmış, hem de köpük kesici kullanımı azaltılmış olur (Hach, 2016; USEPA, 1994).

5.8.2 Fermentörlere beslenen havanın optimize edilerek etanol oluşumunun azaltılması ve maya üretim veriminin artırılması

Maya üretiminin fermantasyon süreçlerinde etanol oluşumu istenmeyen bir durumdur. Fermentörde yeterli havalandırmanın yapılmamış ya da fermentör içerisinde havanın homojen dağılmamış olması etanol oluşumunun başlıca nedenlerindendir (Ünal, 2011). Yeterli hava beslemesinin ve fermentör içerisinde homojen dağılımının sağlanmasıyla etanol oluşumu önlenebilir ve fermantasyon verimi artırılabilir. Fermentör içerisinde etanol oluşumunun engellenmesi için havalandırma veriminin artırılması, saptırıcı plakalar ve karıştırıcı ekipmanların kullanılması, optimize edilmiş havalandırma sistemlerinin kullanılması, fermentör içerisindeki şeker miktarının yeterli seviyede olması, fermentör içerisinde oksijen ve şeker miktarının izlenmesi oldukça önemlidir (USEPA, 1994; Baladın, 2007).

5.9. Santrifüjle Ayırma Proseslerinde MET Uygulamaları

5.9.1 Santrifüjle ayırmada oluşan atıkların uygun yöntemlerle fermantasyon proseslerinde yeniden kullanılması

Melas, şeker üretiminde şeker pancarı ya da şeker kamışının işlenmesi sırasında ortaya çıkan koyu kahve renkli kolloidal bir maddedir (Kahyaoğlu, ve diğerleri, 2006). Melas, fermantasyon proseslerinde maya hücrelerinin büyümesi ve gelişmesi için karbon kaynağı olarak kullanılmakta ve ekmek mayası üretiminde temel hammaddelerden birini oluşturmaktadır. Fermantasyon işlemleri sonrasında yapılan ayırma işlemlerinde maya biyokütlesi fermantasyon sıvısı içerisinden ayrılmaktadır. Ayrıma işlemleri sonucunda ortamda besi maddeleri, melas kalıntıları, fermantasyon sırasında eklenen kimyasallar ve bir miktar maya hücresi bulunmaktadır. Fermantasyon sonucunda oluşan şilempe, kötü kokuya neden

olan, yoğun organik yüke sahip ve koyu kahve renkli bir maddedir (Ünal, 2011). Bu nedenle doğrudan alıcı ortamlara verilmesinde ciddi sakıncalar bulunmaktadır. Azot ve fosfor bakımından oldukça fakir bir bileşik olmasına rağmen potasyum kaynağı olarak sıvı gübre ve hayvan yemi üretimde kullanılmaktadır (Kahyaoğlu, ve diğerleri, 2006). Ayırma işlemleri sonunda oluşan seperasyon atıksularının organik yükleri ve renk içeriğinin yüksek olması nedeniyle çoğu zaman biyolojik arıtmaya ek olarak ileri arıtma tekniklerinin de kullanılması gerekmektedir. Böyle durumlarda, arıtma ihtiyacının azaltılması, enerji, su, kimyasal ve hammadde maliyetlerinin azaltılması amacıyla seperasyon atıksularının ayrı toplanarak fermantasyon proseslerinde yeniden kullanımı sağlanabilir. Bu uygulama için yeterli uygulama verisi bulunmamaktadır. Ayırma işlemi atıklarının fermantasyon proseslerinde hiçbir işlemden geçmeden yeniden kullanılması durumunda içerdikleri kompleks bileşikler nedeniyle biyolojik büyümeyi olumsuz etkilemesi söz konusu olabilmektedir (Kahyaoğlu, ve diğerleri, 2006). Ancak kompleks karbonlu bileşiklerin oksidatif yöntemlerle parçalandıktan sonra fermantasyon proseslerinde yeniden kullanılması mümkün olabilir. Bu sayede fermantasyon proseslerinde su, enerji, hammadde, kimyasal gibi kaynak maliyetlerinde tasarruf sağlanabilir. Ayrıca atıksu miktarlarında, kirlilik yüklerinde ve arıtma maliyetlerinde de önemli düzeyde azalma sağlanacağı öngörülmektedir.

5.9.2 Santrifüjle ayırmada oluşan yüksek melanoidin içeriğine sahip atıksuların uygun arıtım teknolojileri ile ön arıtımının yapılarak bu bileşiklerin biyolojik bozunabilirliğinin artırılması

Fermantasyon prosesleri sonrasında maya biyokütlesinin fermantasyon sıvısından ayrılması sonucunda oluşan seperasyon atıksuları büyük ölçüde kalıntı melastan ve diğer besi maddelerinden kaynaklanan kompleks bileşikler içermektedir. Bu bileşikler kompleks yapıları nedeniyle fermantasyon sürelerinde maya hücreleri tarafından yeterince indirgenememektedir (Kahyaoğlu, ve diğerleri, 2006). Dolayısıyla seperasyon atıksuları bu kompleks bileşikleri içermesi nedeniyle yüksek organik yüke ve renk içeriğine sahip olmaktadır. Bu atıksular, doğrudan alıcı ortama deşarj kriterlerini sağlamadıkları için atıksu arıtma sistemlerinde ön arıtımlarının yapılması gerekmektedir. Seperasyon atıksularının KOİ içeriği yaklaşık 50.000 mg/L civarında olması nedeniyle konvansiyonel yöntemlerle arıtılması oldukça zordur. İlave KOİ ve renk giderimi için konvansiyonel arıtmaya ek ileri arıtım tekniklerinin kullanılması gerekmektedir (Türker, ve diğerleri, 2015). Bu durum tesislerin atıksu arıtım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Seperasyon atıksularının ayrı toplanarak oksidatif yöntemler yardımıyla içerdikleri kompleks bileşiklerin bir miktar indirgenmesi ve optimize edilmiş şartlarda (melas ve besi maddesi ilavesi, havalandırma, sıcaklık, pH vb.) fermantasyon proseslerinde geri kullanımı sağlanabilir. Bu sayede hammadde, su, enerji, kimyasal maliyetlerinde ve atıksu miktarları, atıksuların organik kirlilik yükleri, renk içeriği ve arıtım maliyetlerinde azalmalar sağlanabilir.

5.9.3 Santrifüjle ayırmada oluşan atığın uygun yöntemler ile (evaporasyon gibi) katı madde içeriğinin artırılması ve değerli bir yan ürün olarak değerlendirilmesi

Fermantasyon proseslerinin ardından maya biyokütlesinin fermantasyon sıvısı içerisinden santrifüjle ayrılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Santrifüjle ayırma işlemi sonucunda oluşan atıksular kalıntı melas, kompleks organik bileşikler ve besi maddeleri içerdiklerinden, doğrudan alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce arıtılmaları gerekmektedir. Santrifüjle ayırma sonrasında oluşan atıksuların evaporasyon gibi uygun yöntemlerle arıtılması sonrasında hem KOİ ve renk içeriğinin azaltılması, hem de evaporasyon sonrasında oluşan şilempe (zayıf vinas) ve vinas ekstresinin organik gübre ve hayvan

yemi üretiminde ve toz kömürden taş kömür elde edilmesinde bağlayıcı olarak kullanılması ile ekonomiye kazandırılması mümkündür (Pakmaya, 2016). Böylelikle santrifüjle ayırma işlemi sonrasında oluşan atıksuların evaporasyonla arıtımı ile konvansiyonel atıksu arıtma proseslerine verilen organik kirlilik yükü azalmakta, arıtma sistemlerinin giderim performansları artmakta ve dolayısıyla arıtım maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Evaporasyon sistemlerinde buharlaştırma için ihtiyaç duyulan enerji, uygulamadaki başlıca çapraz ortam etkisini oluşturmaktadır.

5.10. Evaporatör Sistemlerinde MET Uygulamaları

5.10.1 Çok basamaklı evaporatörlerin kullanılması

Evaporasyon sistemlerinin temel çalışma prensibi, katı ve sıvı karışımlarında bulunan sıvının ısıl enerji yardımıyla buharlaştırılarak katıdan ayrılmasıdır. Böylelikle karışımın katı madde içeriğinin artırılması sağlanır. Evaporasyon sistemleri tek basamaklı olabileceği gibi ihtiyaca göre çok basamaklı da (kapasiteye bağlı olarak 2 ila 7 arasında) olabilmektedir. Çok basamaktan oluşan evaporatör sistemlerine çok etkili evaporatör denilmektedir. Evaporatör sistemlerinde birinci kademeye 2,5 atü basınçta ve yaklaşık 125-135°C (yeni sistemlerde 112-114°C) sıcaklıkta beslenen taze buhar, ısı etkisi ile buharlaşmayı sağlamakta ve malzemeye derişiklik kazandırmaktadır. Daha sonra birinci kademenin evaporasyon buharı kendinden sonra gelen kademelerin ısıtma buharı olarak kullanılmaktadır (Pakmaya, 2016). Buhar ısısının bu şekilde birden fazla kademede değerlendirilmesi ile evaporasyon için gerekli enerji miktarı azaltılmaktadır (Kahraman, ve diğerleri, 2011). Evaporasyon tesislerinde buharlaşan sıvı kondensat ise yoğunlaştırılarak sistemden alınmaktadır. Çok basamaklı evaporasyon sistemleri enerji verimliği sağlaması, kirlilik yükü ve renk içeriği yüksek atıksuların arıtımında iyi bir alternatif olması, atıklardan değerli bir yan ürün elde edilerek hem ekonomik kazanç hem de atık miktarları ve kontrol maliyetlerinin azaltılması için değerlendirilmesi gereken bir teknolojidir.

5.10.2 Çok basamaklı evaporatörlerde birinci basamakta ihtiyaç duyulan enerjinin bir kısmının atık gaz ısısından karşılanması

Isı geri kazanımı, bir prosesten ya da sistemden artakalan ısının aynı proseste ya da başka bir proseste değerlendirilmesi olarak ifade edilebilir. Üretim proseslerinde özellikle sıcak baca gazları ve atıksu akımlarından ısı geri kazanımı yapılarak evaporatör sistemindeki ısıl enerjinin bir bölümü karşılanabilir. Ayrıca buhar kazanlarında flaşlar ve blöf sularından kazanılan ısının da kullanılması mümkündür. Ancak en önemli atık ısı kaynağından birini kojenerasyon sisteminde oluşan baca gazları oluşturmaktadır. Diğer taraftan üretim proseslerinde kullanılan ısınmış soğutma sularının sahip olduğu ısıların gerek ısı pompaları kullanımı (özellikle 40°C'deki) gerekse de ısı değiştiricilerin kullanımı ile geri kazanılması sayesinde evaporatör sisteminde ihtiyaç duyulan yakıt miktarının azaltılması sağlanabilir (Kahraman, ve diğerleri, 2011). Uygulamadaki başlıca itici güçler yakıt tasarrufu ve maliyetlerin azaltılması olup, yeni kurulacak ve kurulu tesislerde uygulanmasında bir kısıtlama bulunmamaktadır. Isı geri kazanımı sadece evaporasyon sistemi olan tesislerde değil, ısıl enerji ihtiyacı olan diğer proseslerde de uygulanabilir.

5.10.3 Evaporatör atık gazlarının kurutma gibi işlemlerde enerji geri kazanımı amacıyla kullanılması

Evaporasyon sistemleri çalışma prensibi nedeniyle yoğun ısıl enerjiye ihtiyaç duyan proseslerdir. Evaporasyon sistemlerine verilen taze buhar yaklaşık 2,5 atü basınçta ve 125-135°C sıcaklıktadır. Özellikle çok basamaklı evaporatörlerde kullanılan taze buharın evaporasyon sonrasında basıncı

azalmakta ve atık ısı sıcaklığı 90-95°C aralığında olmaktadır. Bu nedenle evaporatörde oluşan bu atık ısının uygun ısı değiştiriciler yardımıyla geri kazanılması ve kurutma işlemleri gibi yoğun enerji ihtiyacı olan proseslerde değerlendirilmesi ile enerji verimliliği sağlamak mümkündür. Böylelikle, enerji tüketiminin, atık gaz emisyonlarının ve atık ısı miktarlarının azaltılması sağlanabilmektedir. Şeker üretimi gerçekleştiren bir tesiste çok basamaklı evaporatör sistemine dördüncü kademedeki ısı ile ısıtılan ilave bir basamak eklenmesi, ısı değiştirme sisteminin iyileştirilmesi, ısı değiştiricilerin sayısının artırılması ve tübüler ısı değiştiricilerin plakalı olan ısı değiştiriciler ile değiştirilmesiyle enerji tüketiminde %29 tasarruf sağlanabilmiştir. Ayrıca çok basamaklı evaporatör istasyonunda yapılabilecek retrofit ve her evaporatörden alınan sıcak buharın sürecin kalanında uygun şekilde kullanımı ile %20-30'lara varan enerji geri kazanımı sağlanabileceği belirlenmiştir (Kahraman, ve diğerleri, 2011).

5.10.4 Diğer proseslerde oluşan sıcak su buharlarının evaporatörde kullanılması ile enerji geri kazanımı sağlanması

Tesislerde sıcak atık gaz ve su akımları ile ısı kaybı yaşanmakta ve enerji verimliliği azalmaktadır. Genellikle buharlı ısıl sistemlerde temin edilen enerjinin yaklaşık %16-20 kadarı baca gazlarıyla sistemden ayrılmaktadır (Çomaklı, ve diğerleri, 2011). Evaporasyon sistemleri de yoğun ısıl enerjiye ihtiyaç duyulan sistemlerdir. Çok basamaklı evaporatörlerde ilk bölümden bir buhar verilmekte ve diğer bölümlerde verilen bu buhar ısıtma enerjisi olarak kullanılmaktadır. Böylelikle buharın en verimli şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Ancak evaporasyon sisteminde son evaporatör basamağında oluşan su buharının sıcaklığı yaklaşık 90-95°C civarındadır (Kahraman, ve diğerleri, 2011). Bu atık ısının doğrudan atmosfere verilmesi çevre ve enerji verimliliği açısından olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle sıcak su buharının ekonomizerler veya reküperatörler kullanılarak geri kazanılması enerji ve yakıt tasarrufları açısından önemlidir. Isı geri kazanımı uygulamalarıyla proses bazında enerji tüketiminde %25-35 arasında tasarruf sağlamak mümkündür (Çomaklı, ve diğerleri, 2011).

5.10.5 Evaporasyonda mekanik buhar sıkıştırma ile yüksek derecede ısı geri kazanımı sağlanması

Evaporasyon sistemlerinde atık ısının geri kazanılmasında ısı değiştirici ekipmanlar kullanılmaktadır. Ancak tesis içerisinde soğutma ve ısıtmaya ihtiyaç duyulan proseslerin bulunması durumunda ısı değiştiriciler yerine mekanik buhar sıkıştırmalı ısı pompaları kullanılması enerji verimliliği açısından daha avantajlı olabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2009). Isı pompaları temelde düşük sıcaklıktaki bir ısı kaynağından daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı kaynağına ısı geçişinin gerçekleştirildiği termodinamik sistemlerdir. Isı pompaları tek bir cihaz olarak hem ısıtma, hem de soğutma amaçlı kullanılabilirliği, geleneksel yöntemlere göre daha işlevsel oluşu, enerji tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlaması, kompakt yapıya sahip olması, yüksek kontrol teknolojisine uyum göstermesi vb. avantajlarından ötürü son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, mekanik buhar sıkıştırmalı ısı pompaları daha düşük çalışma basınçları, sıkıştırma oranları ve kompresör çıkış sıcaklıkları ile daha yüksek verimlilik özelliklerine sahiptir. Buhar sıkıştırmalı ısı pompaları ana hatları ile kompresör, genleşme valfi ve iki adet eşanjörden (evaporatör ve kondenser) meydana gelmektedir (Demir, ve diğerleri, 2005). Evaporasyon sistemlerinde mekanik buhar sıkıştırmalı ısı pompalarının kullanılması ile yüksek derecede enerji geri kazanımı sağlanabilir. Elde edilen enerji evaporasyon sisteminde evaporatör basamaklarının ısıtılmasında veya tesis içerisinde ısıl ihtiyacı olan diğer alanlarda (fermentörler, kurutucular vb.) değerlendirilebilir. Mekanik buhar sıkıştırmalı absorpsiyonlu ısı pompalarının birlikte

kullanılması ile evaporasyon sisteminden elde edilen enerji soğutma ünitesinde değerlendirilebilir (Avrupa Komisyonu, 2009). Böylelikle enerji tüketimi ve atık gaz emisyonlarının azaltılması sağlanabilir.

5.10.6 Evaporatör kondensatının arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde yeniden kullanılması

Santrifüj ile ayırma ve maya filtrasyonu sonrasında oluşan atıksuların yüksek organik madde ve renk içeriğine sahip olmaları nedeniyle konvansiyonel arıtma tesislerinde arıtılması oldukça güçtür (Ildırar, 2014). Bu atıksular organik madde ve renk içeriklerinin azaltılması için konvansiyonel arıtma öncesinde evaporasyon sistemlerinde arıtılabilmektedir. Evaporasyon sistemlerinde kondensat ve vinas olmak üzere iki temel atık oluşmaktadır (Türker, ve diğerleri, 2015). Evaporasyonda ısı etkisiyle organik madde ve rengin önemli bir bölümü katı içerisinde kalmaktadır (Şengül, ve diğerleri, 2003). Bu katı madde içeriği yüksek olan atık, vinas ve vinas ekstresi olarak isimlendirilmekte, organik gübre ve hayvan yemi üretiminde değerlendirilerek ekonomiye kazandırılabilmektedir (Pakmaya, 2016). Evaporasyon sisteminde buharlaşan atıksu evaporatör kondensatı olarak adlandırılmaktadır ve daha düşük KOİ (yaklaşık 3.000 mg KOİ/L) ve renk içeriğine sahiptir. Kondensat suları alıcı ortam ve kanalizasyona deşarj limitlerini genellikle sağlamadıkları için ilave KOİ ve renk giderimine ihtiyaç duyulmaktadır. Evaporatör kondensat atıksuları uygun fizikokimyasal, biyolojik ve ileri arıtma teknikleri (ileri oksidasyon, membran filtrasyon vb.) ile arıtıldıktan sonra üretim proseslerinde yeniden kullanılabilir. Kondensat atıksularının geri kazanımında nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmos (TO) sistemleri kullanılabilir. NF ve TO sistemlerinde oluşan ürün suları fermantasyon prosesleri başta olmak üzere tesis içerisinde uygun alanlarda yeniden kullanılabilir (Aslan, 2016). Ancak evaporasyon kondensat sularının NF ve TO sistemleri ile arıtılarak yeniden kullanımından önce ısı geri kazanımı yapılarak kondensat ısının azaltılması gereklidir. Ayrıca NF ve TO konsantreleri biyolojik arıtma sistemlerine gönderilerek ilave KOİ ve renk giderimi, konsantreler için hacim azaltma teknikleri kullanılabilir. Böylelikle su tüketiminde ve atıksu miktarlarında önemli tasarruflar sağlanabilir.

5.10.7 Evaporatörde buhar tüketiminin mekanik ya da termal buhar rekompresyonu uygulanarak düşürülmesi

Buharlaştırma işlemlerinde kullanılan buhar, mekanik sıkıştırmalı bir kompresör yardımıyla sıkıştırılıp ısı kaynağı olarak yeniden değerlendirilebilmektedir. Böylelikle mekanik buhar sıkıştırmalı evaporatör sisteminde buhar sıkıştırılarak daha iyi derecede ısı geri kazanımı gerçekleştirilebilir. Mekanik buhar sıkıştırma sisteminde az da olsa elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Fanlı ve yüksek hız türbinli olmak üzere iki tip kompresör bulunmaktadır. Enerji verimliliği açısından pratikte fanlı kompresörler daha yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Mekanik buhar sıkıştırmalı kompresörlerin kullanılmasıyla koku emisyonları ve enerji tüketimleri azaltılabilir. Ayrıca mekanik buhar sıkıştırmalı kompresörlerin temizlik-bakım maliyetleri düşüktür. Uygulamadaki başlıca çapraz ortam etkisi ise elektrik tüketimi ve gürültü kontrolü için izolasyon gerekliliğidir.

Termal buhar rekompresyon sistemlerinde ise buharı sıkıştırmak için buhar enjeksiyon kompresörleri kullanılmaktadır. Buhar enjeksiyon kompresörlerinde sabit ve değişken enjeksiyon nozulları olabilmektedir. Kompresör için termal enerji, buhar sistemlerinden sağlanmaktadır. Termal buhar rekompresyonu sistemlerinin kullanılması ile koku emisyonları azaltılabilir. Ancak, termal buhar rekompresyon sistemleri mekanik buhar rekompresyon sistemlerine göre daha yüksek enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Termal sistemler, mekanik sistemlere göre daha düşük yatırım maliyeti gerektirse de işletim maliyetleri daha yüksektir (EC, 2006).

5.10.8 Evaporasyon öncesinde uygun filtrasyon sistemleri kullanılarak evaporasyonda gerek duyulan enerjinin azaltılması

Fermantasyondan sonra gerçekleştirilen santrifüj ile ayırma ve maya filtrasyon işlemleri sonucunda oluşan atıksu akımları ayrı toplanarak evaporasyon sistemleri gibi ileri arıtma yöntemleri kullanılarak ön arıtma işlemine tabi tutulmaktadır. Ancak evaporasyon sistemleri, bu akımların katı madde içeriğinin artırılmasını, organik madde yüklerinin ve renk içeriğinin azaltılmasını yüksek ısıl enerji kullanarak sağlamaktadır (EC, 2006). Bu nedenle evaporasyon sistemlerine gelen organik kirlilik yükünün ve renk içeriğinin azaltılmasında ileri filtrasyon teknikleri kullanılabilir. Bu sayede evaporasyon sistemlerine giren kirlilik yükleri ve atıksu debisi azalacağından, ısıl enerji tüketiminin de azalması sağlanabilir. Ayırma ve maya filtrasyon (döner vakum filtre) atıksuları ayrı toplanarak evaporasyon sistemine verilmeden önce membran filtrasyon seçenekleri (mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, nanofiltrasyon ve ters ozmos) değerlendirilerek bir ön arıtma gerçekleştirilebilir. Ürün suyu eğer mümkünse fermantasyon proseslerinde yeniden kullanılabilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda diğer uygun olan alanlarda değerlendirilebilir veya doğrudan konvansiyonel biyolojik arıtma tesisine verilebilir. Membran filtrasyon sistemlerinde oluşan konsantreler ise evaporasyon sistemine verilerek katı madde içeriğinin artırılması sağlanabilir. Böylelikle evaporasyon sonrasında oluşan vinas ve vinas ekstresi hayvan yemi üretiminde ya da organik gübre üretiminde kullanılabilir.

5.11. Soğutma/Dondurma Proseslerinde MET Uygulamaları

5.11.1 Yoğunlaşma basıncının ve sıcaklığının düşürülmesi

Soğutucu ünitelerin verimliliği ve performans katsayısı evaporatör ve kondenzasyon basıncı tarafından belirlenir. Kondenzasyon basıncının ve performans katsayısının düşürülmesiyle elektrik tüketimi azalmaktadır. Paketlenmiş veya paketlenmemiş durumdaki gıda maddelerinin soğutma ve dondurma işlemlerinde kondenzasyon basıncının mümkün olduğunca düşürülmesi tekniği uygulanabilir. Böylelikle gıda sektöründe kullanılan soğutucu ve donduruculardа yaz aylarında bile düşük kondenzasyon sıcaklıkları sağlanarak enerji verimliliği sağlanabilir. Düşük sıcaklıklar kondenserlerin temiz tutulması ve paslanmış olanlarının değişimiyle de sağlanabilir. Kondenserlere giren havanın sıcaklığı da (soğuk olması beklenir) kondenzasyon sıcaklığının düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Kondensere giren havanın yüksek olması kondenser sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Soğutucularda sıcak havanın resirküle edilmesinin mümkün olduğunca engellenmesi, hava akışını engelleyecek bariyerlerin kaldırılması gibi uygulamalar enerji verimliliğinin artırılmasında etkili olmaktadır. Kondenzasyon sıcaklığının 1°C artması verimlilik katsayısında %2 azalma, 5°C azaltılması ise elektrik tüketiminde %10 azalma sağlamaktadır (EC, 2006).

5.11.2 Üretimde yaşanan kısa süreli duruşlarda otomatik defrost (çözdürme) olmadan çalışılması

Gıda maddelerinin dondurulmasında sıradan problemlerle ya da başka bir ürüne geçişte kısa süreli durdurmalar yaşanabilmektedir. Bu sürelerde dondurucuda düşük sıcaklıkların muhafaza edilmesi önemlidir. Bu durumda otomatik çözdürücü sistemlerinin kapatılması, su ve nem girişinin önlenmesi enerji tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Söz konusu teknik paketlenmiş ve paketlenmemiş gıda maddelerinin dondurulmasında uygulanabilir. Diğer bir kazanım ise soğutma ve dondurma ünitesi kompresörlerinde gerçekleşmektedir. Uygulama ile kompresörlerde 5-9 kWh tasarruf sağlamak mümkündür (EC, 2006).

5.11.3 Soğutma/dondurma ünitelerinde hızlı kapanan ve minimum boyutta, iyi seviyede sızdırmazlığa sahip kapı ve pencerelerin kullanılması

Soğutma ve dondurma ünitelerinde iletim ve havalandırma kayıplarının azaltılması için çeşitli önlemler alınabilir. Kapı ve pencerelerin olabildiğince kapalı tutulması, farklı sıcaklıkların olduğu alanlarda hızlı kapanan kapılar ve uygun yalıtıma sahip donanımların kullanılması, personelin geçişine izin verecek kadar küçük boyutta kapıların kullanılması, kapı etrafında iyi sızdırmazlık sağlanması (yalıtımın eksik olması kenarlarda buz oluşumunun gözlenmesi ile belirlenebilir), yükleme araçlarının geçişlerinin düzenlenerek havalandırmanın kısıtlanması, kapılar ve kapakların açılmasında hava hareketinin mümkün olduğunca kısıtlanması, sayesinde enerji tüketimlerinde önemli azalmalar sağlanabilmektedir. Ayrıca bazı durumlarda gürültü ve koku emisyonları da önlenebilmektedir. Bu uygulamaların hayata geçirilmesiyle soğutma-dondurma ünitelerinde %50'ye varan oranda enerji tasarrufları sağlamak mümkündür (EC, 2006).

5.11.4 Kapıda malzeme yüklemesi yapılmaması

Dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut düşük sıcaklıktaki havanın çeşitli şekilde kaybedilmesi ya da ünite içerisinde gerçekleşen hareketlerle daha sıcak hava girişlerinin olması istenmez. Böyle durumlarda dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut soğutulmuş ortam hızla ısınabilir ve ünite içerisinde kullanılan ekipmanların tekrar soğutma-dondurma yapması için fazladan çalışması gerekebilir. Bu noktada dondurma ve soğutma ünitelerinde mümkün olduğunca kapıda yükleme yapılmasından kaçınılmalıdır. Fiziki şartlar nedeniyle kapıda yükleme işleminden kaçınılamadığı durumlarda yükleme körükleri/yastıkları, yükleme odacıkları ve seksiyonel kapı gibi yükleme donanımlarının kullanılması enerji verimliliği açısından etkili olabilir (EC, 2006).

5.11.5 Soğutma/dondurma odası önündeki alanın soğutulması

Dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut düşük sıcaklık değerlerinin korunması enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Dondurma ve soğutma sisteminde yükleme, boşaltma, malzeme ve personel giriş çıkışlarında soğuk hava ve sıcak havanın karışması ile enerji verimliliği olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durumda sıcaklık kayıplarının en aza indirilmesi adına gerek dondurma/soğutma ünitelerinin yükleme alanları gerekse personelin kullandığı alanlarda uygun boyutlarda bir yükleme odacığı oluşturulması soğuk hava kayıplarının en aza indirilmesinde etkili bir çözüm olabilmektedir. Uygulamayla dondurma ve soğutma ünitelerinde sıcaklık farkı olan iki alan arasındaki soğuk hava kayıpları en aza indirilerek enerji tasarrufu sağlanabilir (EC, 2006).

5.11.6 Kapının düzenli olarak kullanılması gereken durumlarda şerit perde uygulaması

Dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut soğuk havanın ve düşük ortam sıcaklıklarının korunması enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Bu durumda soğutma ve dondurma ünitelerinde yükleme kapıları ve personelin kullanımına ait kapılarda şerit perde, soğuk hava perdesi gibi uygulamalar yapılandırılarak mevcut düşük ortam sıcaklıklarının korunması ve enerji kayıplarının önlenmesi sağlanabilmektedir. Söz konusu üniteler ile sürekli ısı değişimlerinden kaynaklanan ilave soğutma ihtiyacı azalacağından soğutma/dondurma sistemlerinde kullanılan ekipmanların enerji tüketimlerinde azalmalar sağlanabilir (EC, 2006).

5.11.7 Yükleme-boşaltmada araç ile depolama alanı arasında etkin bir sızdırmazlık sağlanmasıyla hava girişinin azaltılması

Dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut düşük sıcaklık şartlarının korunması enerji verimliliği açısından önemlidir. Bu ünitelerde gerekli sızdırmazlık sistemlerinin yeterince uygulanmaması durumunda özellikle yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında soğuk hava kayıpları yaşanmakta ve dolayısıyla ilave soğutma ihtiyacı oluşmaktadır. Dondurma ve soğutma ünitelerinde yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında düşük ortam sıcaklıklarının korunmasında soğuk yükleme odacıklarının yapılması, yükleme körükleri ve rampalarının kullanılması, seksiyonel yükleme kapılarının kullanılması etkili uygulamalardır. Bu sayede söz konusu ünitelerde düşük ortam sıcaklıklarının korunması sağlanarak önemli enerji tasarrufları sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.11.8 Soğutma/dondurma tünellerinde uygun termal izolasyon uygulamalarının yapılması

Dondurma ve soğutma ünitelerinde mevcut düşük sıcaklık ortamının korunması ve kompresörler-soğuk hava kanalları ile iletilen soğuk havanın giderek ısınmasının önlenmesinde termal yalıtım malzemelerinin kullanımı enerji kayıplarının azaltılması ve enerji verimliliği sağlanması açısından oldukça etkili uygulamalardır. İzolasyonda iyi yalıtım malzemelerinin kullanılması, diğer soğuk hava açıklıklarından kayıpların engellenmesi, kapı ve pencere gibi yapısal sistemlerde de mümkün olduğunca en üst seviyede termal yalıtımın yapılması etkili sonuçlar vermektedir. Dondurma ve soğutma ünitelerinde yalıtım hataları, kaçak ve kayıpların yaşandığı noktalar buzlanma ile kendini göstermektedir (EC, 2006).

5.11.9 Soğuk hava depolarında soğutma evaporatörlerinin buzunun otomatik çözdürülmesi ve buz çözdürme döngüsünün optimize edilmesi

Dondurma ünitelerinde evaporatörlerin 0°C altında çalıştırılmadan önce çözdürülmesi gereklidir. Evaporatörler buzlanmaya başladığında buharlaştırma sıcaklıkları düşmekte ve enerji tüketimleri artmaktadır. Evaporatör kapasitesi de düşmekte ve gerekli sıcaklıklara ulaşılamamaktadır. Eğer otomatik çözdürme sistemi yeterince düzgün çalışmıyor ise evaporatör üzerinde buzlanma giderek artacaktır. Bu nedenle evaporatörlerde otomatik çözdürme sisteminin kontrol edilmesi önemlidir. Evaporatör sıcaklıklarının 1°C düşmesi işletme maliyetlerinin %2-4 oranında artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca evaporatörlerde buz çözdürme sistemlerinin bir zamanlayıcı ile otomatik çalışması (evaporatörün buz çözdürme döngüsünün optimize edilmesi) sağlanır ise bu durumda enerji tüketimlerinde %30'a varan oranlarda tasarruflar sağlanabilir. Uygulamadaki başlıca fayda enerji maliyetlerinin azaltılmasıdır (EC, 2006).

5.11.10 Amonyaklı soğuk suların ön soğutmasında plakalı ısı değiştiricilerin kullanılması

Soğutma sistemlerinde soğuk su yaygın olarak kullanılmaktadır. Soğuk su üretimi için yüksek miktarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Bu sistemlerde amonyak ile birlikte dönen soğuk su, ısı değiştiriciler kullanılarak ön soğutma işlemlerinde kullanılabilir. Amonyak buharlaşma sıcaklığı, plakalı soğutucularda, evaporatör bobinleri kullanılması durumuna göre daha yüksektir (örneğin -1,5°C yerine -11,5°C). Mevcut soğuk su sisteminin kapasitesi, resirküle edilen suyun ön soğutmada kullanılmasını sağlayacak ısı değiştiricilerin kullanımı ile kompresör kapasitesinin artırılmasına gerek kalmadan

artırılabilir. Uygulamanın yapılandırılması ile ön soğutma sisteminde yaklaşık %20 tasarruf sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.11.11 Soğuk suların ön soğutması için nehir ve göllerden su temin edilmesi

Suların soğutulmasında nehirler ya da göllerden temin edilen sular ön soğutma yapılması için kullanılabilir. Yüzeysel su kaynaklarından temin edilen suların ön soğutmada kullanılması durumunda ön soğutma yapmak için gerekli enerji gereksinimleri azalmaktadır. Uygulamadaki başlıca çapraz ortam etkisi ise yüzeysel su kaynaklarından su temini sırasında kullanılacak pompalarda enerji tüketiminin gerçekleşecek olmasıdır. Soğutma suları kullanıldıktan sonra alıcı ortamlardaki ekosistemi etkilemeyecek şekilde geri verilebilir (EC, 2006).

5.11.12 Kapalı devre soğutma sistemlerinin kullanılması

Su, gıda sektöründe fermentörlerin soğutulması gibi birçok proseste soğutucu akışkan olarak kullanılmaktadır. Su, soğutma kulesi veya merkezi soğutma sistemleri aracılığı ile resirküle edilerek soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Eğer soğutma suyunda istenmeyen mikrobiyal bir büyüme gerçekleşir ise resirkülasyon suyuna kimyasal ilavesi yapılarak kontrol altına alınabilmektedir. Bununla birlikte soğutma suyu temizlik işlemlerinde yeniden kullanılabilir. Uygulama ile sağlanacak başlıca faydalar su tüketiminin ve atıksu miktarlarının azalmasıdır. Soğutma sularının soğutulması için ve resirkülasyonu için enerjiye gereksinim duyulması başlıca çapraz ortam etkisini oluşturmaktadır. Ancak ısı değiştiricilerin kullanımı ile soğutma sularından ısı geri kazanımı da yapılabilir (EC, 2006).

5.11.13 Soğutma kulesi aşırı blöfünü önlemek için su soğutma sistemlerinin optimize edilmesi

Tank ve ekipmanlar için önleyici bir bakım programının etkin uygulanmasıyla tesislerdeki katı, sıvı ve gaz emisyonları kadar su ve enerji tüketimleri de azaltılabilmektedir. Pompa, tank ve taşıma ekipmanları, kompresörler, valfler ve proses çıkışları başlıca kayıp-kaçak noktalarıdır. Yetersiz proses kontrol ekipmanları kayıp ve kaçakların oluşmasına neden olabilmektedir. Proses kurulumlarının ve işletimlerinin uygun şekilde yapıldığı gözden geçirilmeli ve değerlendirilmelidir. Küçük modifikasyonlar ile emisyonların ve tüketimlerin azaltılması sağlanabilir. Soğutma sistemlerinin optimize edilmesi, etkin bakım-onarım ve izleme sistemlerinin oluşturulması ile soğutma kulesi aşırı blöflerini önlemek mümkündür. Bu sayede su ve enerji tüketimlerinde azalmalar sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.11.14 Soğutma ekipmanlarından atık ısının geri kazanılması

Soğutucu ekipmanlar ve kompresörlerden ısı geri kazanımı yapılabilmektedir. Isı geri kazanımı için depolama tankları ve ısı değiştiricilere ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamadaki başlıca fayda, ısı geri kazanımı ile enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Isı vanaları, havalandırma havası, dondurulmuş ürünlerin çözdürülmesi, ürünlerin ve temizlik sıvılarının ön ısıtılmasında geri kazanılan ısıdan yararlanılabilir. Soğutma kapasitesi 3.200 kW olan bir soğutma sisteminde ısı geri kazanımı ile yılda 1.200.000 kWh enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.11.15 Soğutucularda halojenlenmiş maddelerin kullanımından kaçınılması

Soğutucularda, klimalarda ve bazı yalıtım malzemelerinde yaygın olarak kloroflorokarbon (CFC), hidrokloroflorokarbon (HCFC), hidrobromoflorokarbon (HBFC), halonlar, karbontetraklorür,

metilkloroform, metilbromürasidi gibi maddeler kullanılmaktadır (Koyun, ve diğerleri, 2005). Bu maddeler atmosferde ozon ile reaksiyona girerek ozon tabakası üzerinde bazı olumsuzluklara neden olmaktadır. Bu maddelerin atmosfere karışması küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır. Bu nedenle tesislerde soğutmada kullanılan bu maddelerin kullanımından kaçınılmalıdır. Günümüzde inorganik soğutucu akışkan olarak, zehirleyici özelliği olmasına rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan amonyak kullanılmaktadır (Onat, ve diğerleri, 2004). Uygulamanın yapılandırılması için CFC, HCFC, HBFC, halonlar, karbontetraklorür, metilkloroform, metilbromür asit içeren soğutucu gazların kullanıldığı soğutma ünitelerinde çeşitli modifikasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır (Keogh, 2004). Uygulama yeni kurulacak tesislerde ve kurulu tesislerde kullanılan gazlı soğutucularda uygulanabilir.

5.12. Paketleme Hattında MET Uygulamaları

5.12.1 Paketleme malzemelerinin seçiminde yeniden kullanım ve geri kazanıma uygun olanların tercih edilmesi

Paketleme hattında kullanılan ambalaj malzemelerinin seçiminde yeniden kullanım ve geri kazanıma uygun malzemeler tercih edilmelidir. Geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerin seçilmesi atık miktarının azaltılmasında etkili sonuçlar vermektedir. Paketleme hattında kompozit malzeme kullanımından kaçınılmalı ve çapraz kontaminasyon engellenmelidir. Paketleme malzemesi seçiminde ve paketleme materyali kullanımının azaltılmasında çoğu zaman üretici, tedarikçi ve kullanıcılar arasında bir iş birliği gerekmektedir. Uygulamadaki başlıca ekonomik fayda atık bertaraf maliyetlerinin azaltılmasıdır (EC, 2006).

5.12.2 Birincil ve ikincil paketlemenin optimize edilmesi

Paketleme hattında atık miktarı ve ürün kayıplarının azaltılması amacıyla çeşitli iyi yönetim uygulamaları bulunmaktadır. Paketleme malzemesinin seçiminde sadece ürün saklama özellikleri değil, bunun yanı sıra seçilen ürün boyutu, şekli, ağırlığı, dağıtım gereklilikleri ve ambalaj malzemesi dikkate alınarak birincil ve ikincil paketleme hattının optimize edilmesi mümkündür. Ambalajlar, amaca uygun malzemenin seçilmesini sağlamak, palet başına ürün miktarını artırmak ve depolamayı optimize etmek için en uygun şekilde seçilmelidir. Bu sayede ürün muhafazasının en iyi şekilde sağlanması ve ayrıca bu uygulama ile atık miktarlarının azaltılması sağlanabilir (EC, 2006).

5.12.3 Paketleme hattı verimliliğinin optimize edilmesi

Birçok işletmede paketleme hattının uygun şekilde tasarlanmaması nedeniyle yaklaşık %4 oranında kayıp yaşanmaktadır. Paketleme hattının verimliliğinin artırılması ve optimizasyonu ile ambalaj ve ürün kayıplarının azaltılması sağlanabilir. Paketleme hatlarında dökülmeler ve taşmalar nedeniyle yaşanan ürün kayıplarının önlenmesinde hat üzerinde ölçme ve izleme sistemlerinin kullanılması sağlanabilir. Bu şekilde atık miktarları azaltılabilir ve taşmalar sonucunda oluşan kontaminasyonlar önlenebilir. Ayrıca otomatik doldurma makinelerinin kullanılması da paketleme hattında verimliliğinin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Paketleme sistemlerinde tasarruf, paket içerisine fazla ürün konmaması, dökülme ve kayıpların azaltılması ile sağlanabilmektedir. Paketleme sistemlerinde kayıpların ve atık miktarlarının azaltılmasında ürünün paketlendiği doldurma hatlarında izleme sistemlerinin bulunması oldukça etkili bir uygulamadır. Paketleme sistemlerinde üretim hattında tartıların kullanılması paketlenecek malzemenin istenilen miktarda ambalajına yerleştirilmesini kolaylaştırmakta ve taşma-dökülme

nedeniyle ürün kayıplarının azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca paketleme hatları üzerinde bant hızının ve doldurma ekipmanlarının optimize edilmesi de gereklidir (EC, 2006).

5.13. Ayrık Atıksu Akımlarının Boru Sonu Arıtımında MET Uygulamaları

5.13.1 Atıksu arıtımını ve yeniden kullanımı optimize etmek için farklı kirlilik yüklerine sahip atıksu akımlarının teknik ve ekonomik uygulanabilirlikleri doğrultusunda ayrılması

Tesislerde atıksu akımlarının kirlilik yüklerine ve karakteristiklerine göre ayrılması ve ayrı toplanması için atıksu ayırma sistemi tasarımı yapılabilmektedir. Gıda güvenliği ve ürün kalitesi açısından bir sakınca bulunmayan ayrı toplanmış atıksular, yıkama, temizleme, takviye suyu vb. proseslerde ya da işlemlerde yeniden kullanılabilmektedir. Ayrıca atıksu akımlarının ayrılması ile kirlilik içermeyen atıksuların alıcı ortam deşarj standartlarını sağlamaları durumunda arıtılmadan alıcı su ortamlarına deşarj edilmesi mümkün olmaktadır. Bazı kirlilik içeren atıksu akımları ise kullanım amacına uygun olarak gerek arıtıldıktan gerekse arıtılmadan üretim proseslerinde yeniden kullanılabilmektedir. Bununla birlikte üretim proseslerinde yeniden değerlendirilmesi mümkün olmayan atıksu akımlarının ayrı toplanması ve uygun arıtım teknikleri ile arıtılması, arıtma sistemlerinde arıtılacak su debisini düşüreceğinden ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasında etkili olmaktadır. Bazı durumlarda ayrılmış atıksu akımlarından değerli malzemelerin geri kazanılması da sağlanmaktadır. Proseslerde atıksu akımlarının ayrılması ile, arıtma performansları artırılmakta ve arıtma ihtiyacının azaltılması ile ilişkili olarak enerji tüketimleri azaltılmakta, atıksu geri kazanımı ve değerli materyallerin geri kazanımı sağlanarak emisyonların azaltımı sağlanmaktadır. Ayrıca ayrılmış sıcak atıksu akımlarından atık ısı geri kazanımı da sağlanabilmektedir. Atıksu akımlarının ayrılması yüksek yatırım maliyetleri gerektirebilmekte olup, yüksek miktarda atıksuyun ve enerjinin geri kazanılmasının mümkün olduğu durumlarda maliyetlerin azalması sağlanabilmektedir (EC, 2006).

5.13.2 Seperatör atıksularının evaporasyon ile arıtılması ve faydalı yan ürün olarak şilempe ve tuzun (örneğin potasyum sülfat) üretilmesi

Maya sektöründe fermantasyon prosesleri sonrasında yeterli olgunluğa erişen maya biyokütlesinin fermentör sıvısından ayrılması santrifüjlü ayırıcılar vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Seperatör atıksuları yüksek organik madde yüküne (yaklaşık 50.000 mg KOİ/L), renk ve katı madde içeriğine sahiptir (Türker, ve diğerleri, 2015). Seperatör atıksuları melanoidin gibi birçok kompleks bileşik içermektedir (Yılmaz, 2014). Bu nedenle söz konusu atıksuların gerek alıcı ortam deşarj standartlarını gerekse de kanalizasyona deşarj standartlarını sağlaması oldukça zor olmakta ve uygun arıtma sistemleri ile arıtılmaları gerekmektedir. Seperasyon atıksularının içerdikleri kompleks bileşikler ve kirleticiler nedeniyle konvansiyonel arıtma sistemlerinde arıtılması çoğu zaman oldukça zordur. Bu nedenle ilave KOİ, renk ve nütrient giderimi için ileri arıtma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Seperasyon atıksularının biyolojik arıtma öncesi ön artımında çok etkili evaporasyon sistemleri kullanılabilmektedir. Seperasyon atıksuları tesis içerisinde benzer karaktere sahip atıksu kaynakları ile ayrı toplanıp evaporasyon ünitesinde arıtılabilmektedir. Evaporasyon sisteminde termal buharlaşma sonucunda seperatör atıksuyu içerisindeki katı maddeler, organik maddelerin (yaklaşık %90) ve rengin önemli bir bölümü evaporasyon atığı (vinas/vinas ekstresi) olarak kalmakta, evaporasyonda arıtılmış atıksu ise evaporatör kondensatı (yaklaşık 3.000 mg KOİ/L) olarak isimlendirilmekte ve ilave KOİ ve renk giderimi için biyolojik arıtma sistemlerine verilmektedir. Evaporasyon sisteminde oluşan vinas/vinas ekstresi ise

oldukça değerli bir yan ürün olup, hayvan yemi üretiminde ya da organik gübre üretiminde kullanılabilmektedir. Böylelikle evaporasyon atıksularının evaporasyon sistemleri ile arıtılmasıyla konvansiyonel atıksu arıtma sistemlerine gelecek kirlilik yükünün azaltılması ve arıtma sistemlerinin daha etkin çalışması sağlanmakta, evaporasyon sonrasında oluşan vinas ve vinas ekstresinin hayvan yemi üretimi ya da organik gübre üretiminde kullanılmasıyla atıksulardan değerli bir yan ürün elde edilmesi sağlanmaktadır. Evaporasyon sistemindeki en önemli işletme giderlerini enerji maliyetleri oluşturmaktadır Ancak evaporasyon sistemlerinde çok etkili evaporatörlerin kullanılması ve atık ısıdan enerji geri kazanımı ile enerji verimliliğinin artırılması sağlanabilir.

5.13.3 Döner vakum filtre atıksularının evaporasyon ile arıtılması ve faydalı yan ürün olarak şilempe ve tuzun (örneğin potasyum sülfat) üretilmesi

Maya sektöründe kurutma prosesleri öncesinde mayanın sahip olduğu suyun döner vakum filtre gibi filtrasyon proseslerinde uzaklaştırılması ve mayanın katı madde içeriğinin artırılması gerekmektedir (ÇŞB, 2013). Bu filtrasyon uygulaması, maya kurutma proseslerinde enerji ihtiyacının azaltılması ve fermantasyon sonrasında elde edilen mayanın uzun süre saklanabilmesi için gerekmektedir. Döner vakum filtre prosesleri sonucunda oluşan atıksular, yüksek organik madde, renk ve tuz içeriğine sahiptir. Bu nedenle, döner vakum filtre atıksularının konvansiyonel arıtma sistemlerinde arıtılması oldukça zor olduğundan konvansiyonel arıtma öncesinde döner vakum filtre atıksuları seperasyon atıksuları gibi benzer karakterdeki atıksular ile birleştirilerek evaporasyon sistemlerinde arıtılabilmektedir. Evaporasyon sistemlerinde termal enerjiyle birlikte suyun uzaklaştırılması ve katı madde içeriğinin artırılması sağlanmaktadır. Evaporasyon proseslerinin, maya atıksularının arıtılmasında kullanılması durumunda iki temel atık oluşmaktadır (Pakmaya, 2016). Birincisi evaporasyon kondensatı olarak da isimlendirilen arıtılmış atıksu, diğeri ise evaporasyon sisteminde atıksu akımından ayrılmış organik madde, tuz ve renk içeren konsantrelerdir. Bu konsantre atıklar vinas ve vinas ekstresi olarak da isimlendirilmektedir. Evaporasyonda oluşan ve organik maddeler ve besleyici bileşikler açısından zengin olan vinas ve vinas ekstresi, tuz giderimi yapıldıktan sonra hayvan yemi ve organik gübre olarak kullanılması mümkün olan değerli bir yan üründür. Evaporatör kondensat suları ise ilave KOİ ve renk giderimi için konvansiyonel arıtma tesislerine verilerek arıtılabilir. Maya üretiminde oluşan döner vakum filtre atıksularının seperasyon atıksuları gibi benzer karakterdeki atıksular ile birleştirilerek evaporasyon sistemlerinde arıtılması ile; konvansiyonel arıtma sistemlerinde arıtılması güç olan kompleks bileşiklerin arıtılması, evaporasyon sonrasında konvansiyonel arıtma tesislerine gelen organik yüklerin azaltılarak performanslarının iyileştirilmesi, evaporasyon konsantre atıkları olan vinas/vinas ekstresinin hayvan yemi ve organik gübre üretiminde kullanılabilir değerli bir yan ürün olarak değerlendirilmesi ile ekonomiye kazandırılması, atık ve emisyonların azaltılması, çevrenin ve doğal kaynakların korunması sağlanmaktadır. Evaporasyon sistemindeki en önemli işletme giderlerini enerji maliyetleri oluşturmaktadır Ancak evaporasyon sistemlerinde çok etkili evaporatörlerin kullanılması ve atık ısıdan enerji geri kazanımı ile enerji verimliliğinin artırılması sağlanabilir.

5.13.4 Döner vakum filtre atıksularının yüksek basınçlı membran prosesleri ile arıtılması

Döner vakum filtre atıksuları içerdikleri kompleks bileşikler nedeniyle yüksek organik madde, renk ve tuz içeriğine sahiptir. Bu nedenle döner vakum filtre atıksularının konvansiyonel atıksu arıtma sistemlerinde arıtılması zordur. Döner vakum filtre atıksularının evaporatör sistemlerine doğrudan verilmesi yerine nanofiltrasyon (NF) ve ters ozmos (TO) gibi membran prosesleri ile arıtıldıktan sonra NF ve TO

konsantrelerinin evaporasyon sistemine verilmesi sağlanabilir. Bu sayede evaporasyon sistemine girecek atıksu debisi azalacağından, evaporasyon sistemlerinde enerji maliyetleri başta olmak üzere işletim maliyetlerinin azaltılması sağlanabilir. Ayrıca NF ve TO ürün suları, üretim proseslerinde ya da karakterizasyonuna bağlı olarak uygun alanlarda yeniden kullanılabilmektedir. Söz konusu uygulama ile su ve enerji tüketiminin (özellikle evaporasyonda), atıksu, atık ve emisyon miktarlarının azaltılması mümkündür.

5.13.5 Tesis içi yıkama atıksularının, evsel atıksuların, evaporatör kondensat suyunun ve evaporatör temizleme atıksularının birleştirilip, aerobik membran biyoreaktör (MBR) ile arıtılması ve MBR ürün sularının tesiste yeniden kullanılması

Günümüzde membran biyoreaktörler atıksu arıtımında giderek önem kazanmaya başlamıştır. Membran biyoreaktörler (MBR) atıksuların ileri arıtımında konvansiyonel biyolojik arıtma sistemlerine iyi bir alternatif oluşturmaktadır (Kitiş, ve diğerleri, 2009). MBR sistemleri biyolojik arıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında su kalitesi, güvenilirlik ve daha az alana ihtiyaç duymaları gibi avantajlara sahiptir (Gürel, ve diğerleri, 2011). MBR sistemleri konvansiyonel aktif çamur sistemlerine benzer şekilde işletilmekte olup, son çöktürme ve kum filtrasyonu gibi ek arıtım yöntemlerine ihtiyaç duymamaktadır. MBR sistemlerinde giriş KOİ değerinin %90'ı karbondioksite oksitlenmekte ve reaktör içerisinde askıda katı madde (AKM) konsantrasyonu çamur atılmaksızın büyük ölçüde sabit kalmaktadır (Kitiş, ve diğerleri, 2009). Tesis içi yıkama atıksuları, evsel atıksular, evaporatör kondensat suları ve evaporatör yıkama atıksuları birleştirilerek MBR sistemleri ile arıtılabilir. Uygulamada MBR sisteminde oluşan ürün suyunun bir kısmı karakterizasyonuna bağlı olarak üretim proseslerinde yeniden kullanılabilmektedir. Böylelikle atıksuların geri kazanımı sağlanarak su tüketimi ve atıksu oluşumu azaltılabilir. Ayrıca, MBR sisteminde söz konusu atıksuların arıtımı sonrasında oluşan ürün suyunun diğer bir bölümü ise NF ve/veya TO proseslerinde arıtılarak üretimde kullanılmak üzere daha iyi kalitede proses suyu elde edilmesi mümkündür. MBR ürün sularının NF ve/veya TO proseslerinde arıtılmasıyla geri kazanılan atıksu kalitesi arttırılabileceğinden tesis içerisinde birçok alanda yeniden değerlendirilmesi sağlanabilir (Gürel, ve diğerleri, 2011).

5.13.6 Yıkama/ayırma ve döner vakum filtre atıksularının fermantasyon proseslerinde yeniden kullanılması

Fermantasyon işlemi sonrasında maya sütü seperatörlerde fermentör sıvısından ayrılmaktadır. Ayrıca maya sütü üzerinde bir miktar fermentör sıvısının bulunması nedeniyle maya yıkama işlemi de gerçekleşmektedir. Döner vakum filtrede ise elde edilen maya sütünün su içeriğinin azaltılması sağlanmaktadır. Seperatör, maya yıkama ve döner vakum filtre atıksuları yüksek KOİ yüküne sahip renkli atıksulardır (Ünal, 2011). Bu atıksuların arıtma tesislerinde arıtılması oldukça zor ve maliyetlidir (Battimelli, ve diğerleri, 2010). Ancak bu atıksu akımları incelendiğinde büyük oranda fermentör sıvısından oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle bu atıksuların, karakterize edilerek fermantasyon proseslerinde gerekli besi maddelerinin eklenmesi ile yeniden değerlendirilmesi, su, hammadde, enerji tüketimlerinin ve maliyetlerinin azaltılmasında oldukça etkili olabilir. Ayrıca atıksu miktarları ve kirlilik yüklerinin de önemli miktarda azalacağı düşünüldüğünde arıtma maliyetlerinin de büyük ölçüde azalacağı tahmin edilmektedir. Uygulama ile seperatör atıksularının yaklaşık %65'i ya da döner vakum filtre atıksularının tamamı yeniden kullanılabilir. Ancak döner vakum filtre atıksularının tuz içeriğinin yüksek olması yeniden kullanım imkanlarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle seperatör atıksularının yeniden

kullanılmasına öncelik verilebilir. Yıkama/ayırma atıksularının arıtılarak ya da arıtılmadan fermantasyon proseslerinde yeniden kullanılmasıyla su, hammadde (melas ve diğer besi maddeleri), atıksu miktarları, atıksuların kirlilik yükleri, atık gaz emisyonları ve enerji tüketimlerinin azaltılması sağlanabilir. Bu uygulama ile hayvan yemi katkı maddesi üretiminde kullanılan ve üretimden değerli bir yan ürün olarak çıkan vinas-vinas ekstresi miktarlarının yaklaşık %70 oranında azalacağı öngörülmektedir. Uygulamanın yeni kurulacak ve kurulu tesislerde yapılandırılmasında bir kısıtlama bulunmamaktadır. Ancak tesisin seperatör sularını bekletmeden geri kullanması gerekebilir. Eğer ayırma ve döner vakum filtre atıksularının arıtılarak kullanılması seçeneği değerlendirilirse, NF ve TO sistemleri kullanılabilir.

5.14. Atıksu Kaynaklarının Birleştirilip Kompozit Olarak Arıtılmasında MET Uygulamaları

5.14.1 Tüm atıksu kaynaklarının birleştirilip fiziksel arıtma sonrası anaerobik ve aerobik olarak arıtılması, aerobik çıkış sularının ilave renk ve KOİ giderimi için;

Kimyasal çöktürme ile arıtılması

Maya üretim proseslerinde oluşan atıksuların birleştirilerek fiziksel arıtma, anaerobik ve aerobik arıtma sonrasında ilave KOİ ve renk giderimi için kimyasal çöktürme yöntemleri ile arıtılması mümkündür. Kimyasal çöktürme yöntemi, su içerisindeki az çözünebilen kirleticilerin kimyasal bir koagülant yardımıyla floklar oluşturularak sudan uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır (Duranoğlu, 2012). Kimyasal çöktürme proseslerinde koagülant olarak; poliferik hidroksisülfat (PFS), Demir (III) klorür ($FeCl_3$), demir sülfat ($Fe_2(SO_4)_3$), alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$), kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum klorür, demir sülfat ($FeSO_4$), demir (III) sülfat ($Fe_2(SO_4)_3$), alüm, alüminyum klorür ($AlCl_3$) ve polialüminyum klorür (PAK) kullanılmaktadır. Bu koagülantlar içerisinde PAK, alüminyum bazlı bir koagülant olup, alüme çok benzemesine rağmen, kısmen önce nötralize edilmesi, sülfat yerine klorür içermesi, alüminyum içeriğinin üç kat daha fazla olması, hızlı agrega olması, büyük ve ağır flok oluşturması gibi farkları bulunmaktadır. Ayrıca PAK'lar geniş pH aralıklarında (pH 7-10) iyi renk giderimi sağlamaktadır. Kimyasal çöktürmede kullanılan koagülantlardan biri de dekolorandır. Dekoloranlar polimer bazlı olup, katyonik, anyonik, ya da iyonik olmayan türlerdedir. Yüksek renk giderme özelliğine sahip organik polimerik koagülant olan dekoloranlar, genellikle endüstriyel atıksularda rengin giderilmesinde kullanılmaktadır. Renk gideriminin yanında KOİ, bulanıklık ve AKM miktarları da büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Özellikle kimyasal çöktürme veya dekoloran kullanılan tesislerde laboratuvar ölçekli arıtılabilirlik çalışmalarıyla sistem optimizasyonu yapılarak hem arıtma verimi artırılabilmekte hem de işletme maliyeti düşürülebilmektedir (ÇŞB, 2013).

Elektrokoagülasyon ile arıtılması

Elektrokoagülasyon prosesi ile kirletici giderimi, koagülasyon, adsorpsiyon, çöktürme ve flotasyon mekanizmalarının birine veya birkaçına dayanmaktadır. Elektrokaoagülasyonda pıhtılaşma ve çökeltme mekanizmaları, sisteme kimyasal madde ilave etmeden, elektrokimyasal reaktördeki elektrotlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir (ÇŞB, 2013). Elektrokoagülasyon kolloidlerin, süspansiyonların ve emülsiyonların elektriksel yüklerden etkilenmesi prensibine dayanmaktadır. Alüminyum ve demir gibi metal anotlar, anodik çözünmeye uğramakta ve hidrolizle metal oksitler oluşmaktadır. Metal hidroksitleri atıksu içerisinde bulunan kirleticiler ile kompleks oluşturmakta ve/veya kirleticileri absorplayarak çökmektedir. Bunu takiben çöken materyal çöktürme, dekantasyon veya filtrasyon ile atıksu ortamından

uzaklaştırılmaktadır (Gengeç, 2012). Maya atıksularının fiziksel arıtma ve biyolojik arıtma sonrasında ilave KOİ ve renk giderimi için elektrokoagülasyonla arıtımında %66-69 KOİ ve renk giderim verimi elde edilebilmektedir (Kobya, ve diğerleri, 2008; Liang, ve diğerleri, 2008).

İleri oksidasyon prosesleri ile arıtılması

Endüstriyel üretim proseslerinde oluşan atıksuların "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" uyarınca alıcı ortam ve kanalizasyon sistemlerinde olumsuzluklara neden olmaması açısından standartlar getirilmiştir. Bu nedenle atıksuların organik madde, askıda katı madde, nütrient maddeler ve toksik maddelerin uygun arıtma yöntemleri ile arıtılarak istenilen düzeye indirgenmesi gerekmektedir. Ayrıca günümüzde kuraklığa bağlı olarak arıtılmış atıksuların üretim proseslerinde yeniden kullanılması da hem üretim maliyetlerinin azaltılması hem de çevresel açıdan giderek kaçınılmaz hale gelmektedir. Son yıllarda iyi kalitede su temininde yaşanan zorluklar, atıksu standartlarını sağlamada yaşanan problemler, atıksu bertaraf maliyetlerinin giderek artması ve piyasada rekabet koşulları konvansiyonel arıtma yöntemlerine ek olarak ileri arıtma yöntemlerine olan ihtiyacı artmıştır (Kılıç , ve diğerleri, 2008). Bu kapsamda yüksek organik madde ve renk içeriğine sahip atıksuların fiziksel ve biyolojik arıtmaya ek olarak ileri oksidasyon prosesleri olan; ozonlama, ozon/hidrojen peroksit, ozon/ultraviyole, fenton oksidasyonu vb. arıtılması gerekebilmektedir.

Maya sektöründe oluşan atıksular yüksek organik madde (yaklaşık 50.000 mg KOİ/L) ve renk içeriğine sahiptir (Türker, ve diğerleri, 2015). Maya endüstrisi atıksularının yüksek konsantrasyonlarda kalıcı şekerler, asitler, melanoidin ve nütrientler içermesi nedeniyle konvansiyonel biyolojik arıtma tesislerinde arıtılması oldukça güçtür (Blonskaja, ve diğerleri, 2006) Bu nedenle yukarıda da bahsedildiği üzere konvansiyonel biyolojik arıtmadan çıkan maya atıksularının ilave KOİ ve renk giderimi için ileri oksidasyon prosesleri ile arıtılması gerekli olabilmektedir.

5.14.2 Tüm atıksu kaynaklarının birleştirilip fiziksel arıtma sonrası anaerobik membran biyoreaktör (MBR) ile arıtılması ve MBR ürün sularının tesiste yeniden kullanılması

Günümüzde özellikle endüstriyel atıksuların arıtımında kullanılmak üzere geliştirilen pek çok anaerobik arıtma tipi bulunmaktadır. Anaerobik membran biyoreaktörler (AMBR), esas olarak tam karışımlı reaktörlerden sadece çıkış yapıları dolayısıyla farklılık göstermektedirler. Anaerobik membran biyoreaktörlerde atıksu sisteme üst kısımdan bazen de alt kısımdan verilmekte ve reaktör, tam karışım sağlanması için bir karıştırıcı ile karıştırılmaktadır. Membran sistemlerin pahalı yapılar olması nedeniyle maliyet, anaerobik membran biyoreaktörler için kısıtlayıcı bir faktördür. Bu sebeple genellikle anaerobik membran biyoreaktörler KOİ konsantrasyonu çok yüksek fakat debisi düşük atıksularda uygulanırlar (Debik, ve diğerleri, 2008). Bu tip bir anaerobik arıtma yöntemi seçilmeden önce detaylı bir fizibilite yapılarak maliyetlerin ortaya konması ve buna göre seçim yapılması önemlidir. Atıksu karakterizasyon çalışmaları yapıldıktan sonra maya yıkama atıksuları bir dengeleme havuzunda birleştirilerek fiziksel arıtma sonrasında anaerobik membran biyoreaktörde arıtılabilmektedir. AMBR ürün suyu nanofiltrasyon (NF) ve/veya ters ozmos (TO) ile arıtılabilmekte olup, NF ve TO ürün suları tesiste uygun olan üretim proseslerinde yeniden kullanılabilmektedir. NF ve TO konsantreleri için ise hacim azaltma teknikleri uygulanabilmektedir. Uygulamanın yapılandırılması ile su tüketiminde ve atıksu miktarlarında önemli ölçüde azalmaların sağlanacağı öngörülmektedir. NF ve TO konsantreleri uygulamadaki başlıca çapraz etkileri oluşturmaktadır. Ancak bu membran konsantrelerine hacim azaltma tekniklerinin uygulanması etkili bir çözüm yöntemi olmaktadır. Diğer taraftan maya yıkama atıksuları anaerobik arıtmaya giren

kompozit atıksuların bir miktar seyrelmesine katkı sağlamaktadır. Söz konusu uygulamanın yeni kurulacak ve kurulu tesislerde yapılandırılmasında bir kısıtlama bulunmamaktadır. Ancak uygulamanın yatırım ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda maya yıkama atıksularının geri kazanılmasının daha fizibıl olacağı öngörülmektedir.

5.14.3 Tüm atıksu kaynaklarının birleştirilip fiziksel arıtma sonrası anaerobik membran biyoreaktör (MBR) ile arıtılması, MBR ürün suyunun ilave renk ve KOİ giderimi için;

Elektrokoagülasyon ile arıtılması

Elektrokoagülasyon, karşılıklı olarak yerleştirilen elektrotlara elektrik akımı uygulanması ve bunun sonucunda anottaki elektrodun çözünmesiyle oluşan metal hidroksitlerin atıksu içerisindeki kirleticilerle kompleks oluşturarak ve/veya kirleticileri absorplayarak çökmesiyle sudan uzaklaştırılmasıdır. Elektrokoagülasyonda çöken materyal durultma, dekantasyon veya filtrasyonla sudan uzaklaştırılabilmektedir. Elektrokoagülasyon prosesleriyle KOİ giderim verimi %92 seviyesinde olabilmektedir (Gengeç, ve diğerleri, 2012). Maya atıksularından ilave renk ve KOİ giderimi uygulamalarında elektrokoagülasyon prosesleri değerlendirilebilir. Yapılan çalışmalarda KOİ giderim veriminin %66-70 seviyelerinde olabildiği görülmüştür (Delipınar, 2007).

İleri oksidasyon ile arıtılması

Ozon, fenton, foto fenton, ozon/UV gibi ileri oksidasyon prosesleri endüstriyel atıksuların ileri arıtımında (biyolojik arıtma sonrasında) tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. İleri oksidasyon prosesleri (ozon/hidrojen peroksit (O_3/H_2O_2), ozon/ultraviyole (O_3/UV), hidrojen peroksit/ultraviyole (H_2O_2/UV), ozon/hidrojen peroksit/ultraviyole (O_3/H_2O_2/UV) ve fenton oksidasyonu (Fe^{+2}/H_2O_2)) renk ve KOİ gideriminde kullanılan kimyasal oksidasyon yöntemlerindendir. Maya atıksularının arıtımında özellikle melanoidin gibi kompleks bileşikler içermeleri nedeniyle konvansiyonel yöntemler ile KOİ ve renk giderimi yeterli seviyede olmamaktadır. Bu nedenle ön arıtılmış atıksulardan ilave renk ve KOİ giderimi için ileri oksidasyon prosesleri kullanılabilmektedir. Biyolojik arıtma sonrasında fenton oksidasyon prosesleri ile kimyasal oksidasyonun etkisinin araştırıldığı çalışmalarda KOİ ve renk giderim verimleri sırasıyla %86 ve %92 olarak tespit edilmiştir. Biyolojik olarak arıtılmış maya atıksulardan ilave renk ve KOİ gideriminde ozonlama uygulamaları ile KOİ giderim verimi %43 ve renk giderim verimi %96 olarak tespit edilmiştir. Maya atıksularının ön arıtımından sonra ilave renk ve KOİ giderimi için hidrojen peroksit uygulanmasıyla (1000 mg/L, pH 3, reaksiyon süresi 30 dakika) %58 oranında KOİ ve %51 oranında renk giderimi sağlanmıştır (Ünal, 2011; ÇŞB, 2013).

Kimyasal çöktürme ile arıtılması

Maya üretim proseslerinde oluşan atıksuların birleştirilerek fiziksel arıtma, anaerobik ve aerobik arıtma sonrasında ilave KOİ ve renk giderimi için kimyasal çöktürme yöntemleri ile arıtılması mümkündür. Kimyasal çöktürme yöntemi, su içerisindeki az çözünebilen kirleticilerin kimyasal bir koagülant yardımıyla floklar oluşturularak sudan uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır (Duranoğlu, 2012). Kimyasal çöktürme proseslerinde koagülant olarak; poliferik hidroksisülfat (PFS), Demir (III) klorür ($FeCl_3$), demir sülfat ($Fe_2(SO_4)_3$), alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$), kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum klorür, demir sülfat ($FeSO_4$), demir (III) sülfat ($Fe_2(SO_4)_3$), alüm, alüminyum klorür ($AlCl_3$) ve polialüminyum klorür (PAK) kullanılmaktadır. Bu koagülantlar içerisinde PAK, alüminyum bazlı bir koagülant olup, alüme çok benzemesine rağmen, kısmen önce nötralize edilmesi, sülfat yerine klorür içermesi,

alüminyum içeriğinin üç kat daha fazla olması, hızlı agrega olması, büyük ve ağır flok oluşturması gibi farkları bulunmaktadır. Ayrıca PAK'lar geniş pH aralıklarında (pH 7-10) iyi renk giderimi sağlamaktadır. Kimyasal çöktürmede kullanılan koagülantlardan biri de dekolorandır. Dekoloranlar polimer bazlı olup, katyonik, anyonik, ya da iyonik olmayan türlerdedir. Yüksek renk giderme özelliğine sahip organik polimerik koagülant olan dekoloranlar, genellikle endüstriyel atıksularda rengin giderilmesinde kullanılmaktadır. Renk gideriminin yanında KOİ, bulanıklık ve AKM miktarları da büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Özellikle kimyasal çöktürme veya dekoloran kullanılan tesislerde laboratuvar ölçekli arıtılabilirlik çalışmalarıyla sistem optimizasyonu yapılarak hem arıtma verimi artırılabilmekte hem de işletme maliyeti düşürülebilmektedir (ÇŞB, 2013).

Adsorpsiyon prosesleri ile arıtılması

Yüksek organik madde ve renk içeriğine sahip atıksuların arıtımında fizikokimyasal prosesler içerisinde adsorpsiyon prosesleri etkili ve ekonomik olması nedeniyle günümüzde önerilen teknolojiler arasında yer almaktadır. Adsorpsiyon; atom, iyon ya da moleküllerin temas ettikleri yüzeydeki çekim kuvvetlerinin etkisi ile yüzeyde tutulması işlemidir. Adsorpsiyonla atıksulardan ilave KOİ ve renk gideriminde çeşitli organik ve inorganik sorbentler kullanılabilmektedir. Karbon bazlı sorbentler kullanılarak yapılan çalışmalarda önemli oranlarda KOİ ve renk giderim verimleri elde edilmiştir. Ancak sorbentlerin ön hazırlığında enerji tüketiminin fazla olması ve yüksek hacimli atıksuların arıtımında yüksek miktarda karbona ihtiyaç duyulduğundan maliyetli bir teknik olabilmektedir. Aktif karbon, özel molekül yapısından ve yüksek adsorplama kapasitesinden dolayı adsorpsiyon proseslerinde en yaygın kullanılan sorbentlerdendir. Yüksek organik madde ve renk içeren atıksuların adsorpsiyon prosesleri ile arıtımında toz ve granüler aktif karbon adsorpsiyon kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Maya sektörü üretim proseslerinde oluşan atıksuların bileştirilip fiziksel arıtma sonrasında anaerobik membran biyoreaktör (MBR) prosesleri ile arıtılarak ilave KOİ ve renk giderimi için granüler aktif karbon adsorpsiyon prosesleri ile arıtılması iyi bir alternatif olabilmektedir. Adsorpsiyon proseslerindeki başlıca çapraz etkiler, adsorbanların rejenerasyonu ve adsorbanların kullanım ömrü sonunda bertarafıdır (EC, 2006).

5.14.4 Kompozit atıksuların boru sonu arıtımında dengeleme tanklarının kullanılması ile farklı atıksu kaynaklarından gelen değişken debi ve kirlilik yüklerinin dengelenerek homojen hale getirilmesi

Endüstriyel tesislerde proses özelliklerine bağlı olarak gün içerisinde atıksu karakteristikleri değişkenlik göstermektedir. Maya sektöründe genellikle kesikli fermantasyon yöntemlerinin kullanılması nedeniyle maya atıksularının gerek debileri gerekse karakteristikleri dalgalanmalar göstermektedir. Bu atıksuların konvansiyonel arıtma sistemlerinde ve ileri arıtım sistemlerinde arıtılmasında ilk düşünülmesi gereken arıtım yapılarından birini, dengeleme tankları oluşturmaktadır. Uygun şekilde tasarlanmış dengeleme tanklarında gün içerisinde dalgalanmalar gösteren kirlilik yükleri, pH değerleri ve debiler dengelenerek arıtma ünitelerine sürekli aynı debi ve karakterde atıksuların verilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle tesis içerisinde kullanılan arıtma sistemlerinde arıtım performanslarının geliştirilmesi sağlanabilmektedir. Bu durum özellikle biyolojik arıtma sistemlerinde daha büyük öneme sahiptir. Dengeleme tankları genellikle fiziksel arıtma sonrasında, aktif çamur tesislerinde ilk çöktürmeden ve biyolojik arıtmadan önce konumlandırılmaktadır (Koyuncu, ve diğerleri, 2012).

5.15. Atık Gaz Emisyonlarında MET Uygulamaları

5.15.1 Hava emisyonlarının kontrol edilmesi

Fosil yakıtların yanması ve ısıl işlemler sonucunda açığa çıkan karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO_2), azot oksitler (NO_X), uçucu organik karbonlar (VOC), ozon, ağır metaller, solunabilir partikül madde (PM) gibi yaygın olarak bilinen hava kirleticiler, uzun/kısa vadede insan sağlığı ve hava kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. Bu etkilerin ortadan kaldırılmasında ya da büyük ölçüde azaltılmasında hava emisyonu kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir. Bu stratejiler temelde problemin belirlenmesi, envanter çalışmalarının yapılması, emisyonların ölçülmesi ve izlenmesi ile uygun emisyon kontrol tekniklerinin seçilmesidir. Bu aşamalardan sonra ise hava emisyonlarının önlenmesi için proses entegrasyonu ve uygun boru sonu arıtma tekniklerinin uygulaması yapılmaktadır. Hava emisyonlarının arıtılmasında özellikle katı ve sıvı kirleticiler için dinamik ayırma, ıslak ayırma, elektrostatik çöktürme, filtrasyon ve aerosol ayırma sistemleri kullanılmaktadır. Gaz kirleticiler ve koku/VOC arıtımında ise; absorpsiyon, karbon adsorpsiyon, biyolojik arıtma, termal arıtma, termal olmayan plazma arıtma, yoğunlaştırma ve membran ayırma teknikleri kullanılmaktadır (EC, 2006).

5.15.2 Hava emisyonlarının kaynağında toplanması amacıyla lokal egzoz havalandırma sistemlerinin kullanılması

Üretim proseslerinde oluşan ve geri kazanımı mümkün olan bazı emisyonlar, tesis içerisinde ve tesis dışında yeniden değerlendirilebilir. Bu tür emisyonların diğer atık gaz emisyonları ile karıştırılmadan kaynakta ve uygun yöntemlerle (atık gaz seperasyon yöntemleri vb.) geri kazanımı yapılmaktadır. Aynı durum, yüksek tehlikeli karakterdeki kirleticileri içeren gazların proses içerisinde yerel hava toplama sistemleri ile toplanarak boru sonu arıtımının sağlanmasında da geçerlidir. Böylelikle insan sağlığı ve çevre açısından yüksek riskli emisyonların ve kokunun lokal havalandırma (lokal ventilasyon) sistemleriyle ortadan kaldırılması mümkündür (EC, 2006).

Spesifik proseslerde ve işlemlerde uygun çalışma şartlarının sağlanması için yeterli havalandırmanın olması gerekmektedir. Ayrıca yakma sistemlerine yağ ve gazların yakılması ve emisyon kontrol sistemlerinin bir bölümünde havalandırmanın yeterli olması gerekmektedir. Genel ve lokal havalandırma prosesleri yanma reaksiyonları sonucunda oluşan gazların ve kokunun, buhar ve pişirme gibi proseslerdeki buharın toplanmasında kullanılabilmektedir. Lokal havalandırma sistemleri insan sağlığı ve çevre açısından zararlı olan kirleticilerin kaynakta ayrı toplanmasını ve arıtılmasını sağlayan sistemlerdir. Böylelikle çalışanların sağlığı ve çevre zararlı kirleticilerden korunmaktadır. Aynı zamanda lokal havalandırma sistemleri farklı proseslerde oluşan atık gaz akımları içerisindeki değerli materyallerin geri kazanılmasına katkı sağlamaktadır. Uygulamadaki başlıca çevresel fayda hava emisyonlarının azaltılması ve atık gaz emisyonları içerisindeki değerli materyallerin geri kazanım potansiyellerini artırılmasıdır. Uygulamanın başlıca çapraz etkisi ise enerji tüketimidir. Lokal havalandırma sistemlerinin ve genel havalandırma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri atık gaz hacmine ve karakterine göre değişmektedir. Ancak genel havalandırma sistemleri yüksek hacimlerde havalandırma sağladığından enerji tüketimleri yüksek olmakta ve ilk yatırım maliyetleri açısından da lokal havalandırma sistemlerine nazaran daha maliyetli olmaktadır (EC, 2006).

5.15.3 Emisyon azaltımı için açma-kapatma prosedürlerinin optimize edilmesi

Emisyonların azaltılmasında açma-kapatma prosedürleri optimize edilebilmektedir. Açma-kapatma sayısının olabildiğince azaltılması ile tasfiye açıklıkları ve ön ısıtma ekipmanlarından kaynaklanan atık gazların azaltılması sağlanabilmektedir. Emisyonlar genellikle açma-kapatma sırasında en üst seviyede oluşmaktadır, bu nedenle açma-kapatma prosedürlerinin geliştirilmesiyle oluşan atık gaz emisyonları azalır. Böylelikle birim ürün/hammadde başına emisyon miktarları azaltılabilmektedir. Enerji tüketimlerin, atık oluşumunun, hava ve suya emisyonların azaltılması uygulamadaki başlıca çevresel etkileri oluşturmaktadır (EC, 2006).

5.15.4 Buhar kazanlarının optimizasyonu ile NO_x ve SO_2 emisyonlarının azaltılması

Buhar kazanlarının optimize edilmesiyle yanma reaksiyonları daha verimli bir hale getirilerek, yanma sonucunda oluşan NO_x ve SO_2 emisyonları azaltılır (EC, 2006). Buhar kazanları; yanma verimliliğine, yanma kalitesine, ocak ve brulör tasarımına, yakıt içerisindeki kirletici miktarına, yanma reaksiyonları için gerek duyulan oksijen ve yakıt oranının ayarlanmasına, gereğinden fazla ısıtmanın önlenmesine, konvertör kullanımına, kazan verimliliği ve atık gaz emisyonlarının izlenmesi ve kontrolüne, yakma havasının baca gazı ısı ile ön ısıtılmasına, blöflerin ve flaşların azaltılmasına vb. uygulamalara bağlı olarak optimize edilir (Bilgin, 2006). Uygulama ile hem atık gaz emisyonları azaltılır hem de yakıt tasarrufu sağlanır.

5.15.5 Partikül emisyonlarının dinamik ayırma teknikleri kullanılarak arıtılması

Atık gaz emisyonlarının arıtımında kullanılan dinamik ayrıcılar; graviteli ayırıcılar, atalet ve saptırmalı ayırıcılar, santrifüj ayırıcılar (siklonlar, çoklu siklonlar, döner akımlı toz tutucular) olarak örneklendirilebilir. Bu sistemler büyük partiküllerin (>10 µm) ayrılmasında veya toz gideriminde bir ön arıtma adımı olarak kullanılmaktadır (EC, 2006).

Ayırıcılar

Atık gaz ayırıcıları (seperatörleri), toz ve aerosol içeren atık gaz akımının bir bölmeden geçirilerek atalet etkisi altında atık gaz akımından ayrılması prensibine göre çalışmaktadır. Bu sistemlerin etkisi atık gaz akımının hızının azalmasına bağlı olarak artmaktadır. Ayırıcı sistem içerisinde engellerin bulunması ayırma performansını artıracağından daha yüksek gaz hızlarında da sistemin çalışmasını mümkün hale getirmektedir. Basıncın düşmesi atık gaz ayırma sistemleri için dezavantaj oluşturabilmektedir. Atık gaz ayırıcılarıyla ayrılan partiküller, sistem içerisinde bir hazneye alınarak uzaklaştırılır. Atık gaz emisyonu miktarlarının azaltılması ve atık gaz akımları içerisindeki materyallerin yeniden kullanımının sağlanabilmesine olanak tanımaktadır. Atık gaz akımlarının arıtımında ayırma sisteminin kullanılması ile 100 µm üzerindeki partiküller, %50'ye varan oranlarda atık gaz akımından ayrılabilmektedir. Atık gaz ayırıcıları düşük maliyetlidir (EC, 2006).

Islak ayırıcılar

Dinamik ayırma tekniklerinden olan ıslak ayırma yönteminde etkin olan yerçekimi, atalet ve santrifüj kuvvetler, partikül boyutuyla birlikte ayırma performansını etkilemektedir. Islak ayırıcılar, gaz içerisine suyun püskürtülerek materyallerin ağırlıklarının artırılmasını sağlayan sistemlerdir. Ancak bu sistemlerde atık gaz içerisinden ayrılan kirleticiler atıksu bünyesine geçerek farklı bir form kazanmaktadır. Islak ayırma sistemleri tasarım özelliklerine bağlı olarak; absorpsiyon tekniklerinin

kullanıldığı sistemler (yıkama kulesi, sprey yıkamalı, paket yataklı vb.), enjeksiyonlu sistemler, jet, vorteks, döner, venturi yıkayıcılar olmak üzere sınıflandırılabilmektedir. Döner ve venturi tip yıkayıcılar yüksek performansa sahiptir. Uygulama ile sağlanacak başlıca çevresel fayda partikül maddeler başta olmak üzere emisyon miktarlarının azaltılmasıdır. Ayrıca atık gaz akımları içerisinden değerli materyallerin de geri kazanılması sağlanabilmektedir Enerji tüketimi ve atıksu oluşumu uygulamanın başlıca çapraz ortam etkilerini oluşturmaktadır. Uygulamada ekstra maliyet oluşturacak noktalardan biri sistemde oluşan atıksuların arıtılmasıdır. Ancak bu çoğu zaman toz emisyonlarının önlenmesi ve kontrolü için gerekli maliyetlerle kıyaslandığında daha ekonomik bir çözüm olmaktadır (EC, 2006).

Siklonlar

Siklonlar, yapı içerisinde çift vorteks oluşturarak işletilir. Siklona giren atık gaz, siklon kolonunda bulunan borunun iç yüzeyine yakın aşağı yönlü dairesel bir kuvvete maruz kalmaktadır. Gaz en alttan, döner ve spiral kolon merkezinden yukarıya doğru çıkmaktadır. Atık gaz akımı içerisindeki partiküller santrifüj kuvvetlerinin dönme etkisiyle siklon duvarlarına doğru zorlanmaktadır. Ancak atık gaz siklon dışına doğru hareket ederken sıvı sürtünme kuvvetleri tam tersi yönde partikülleri zorlayarak atık gaz akımından ayrılmasını sağlamaktadır. Büyük partiküller siklon duvarlarında ve alt kısımda toplanabilse de küçük partiküller çıkış gazlarıyla ayrılabilmektedir. Uygulamadaki başlıca çevresel faydalar, hava kirletici miktarının azaltılması ve atık gaz akımları içerisinden bazı değerli materyallerin geri kazanılmasının mümkün hale getirilmesidir. Bazı uygulamalarda giderim verimleri partikül boyutuna bağlı olarak %99,97 seviyesine çıkabilmektedir. Siklonlar ekonomik açıdan düşük maliyetli atık gaz arıtma sistemleridir (EC, 2006).

5.15.6 Katı ve sıvı partikül emisyonlarının elektrostatik çöktürücüler kullanılarak ayrılması

Elektrostatik çöktürücüler atık gazlar içerisinden katı ve sıvı partiküllerin ayrılmasında kullanılmaktadır. Atık gaz akımı içerisinde dağılmış halde bulunan partiküller, elektrostatik açıdan yüklenmiş toplama yüzeylerinde birikerek gaz akımından ayrılmaktadır. Elektrostatik çöktürme sistemleri; filtre gövdesi, deşarj ve toplama elektrotları, güç kaynağı, gaz kılavuzları, biriktirme ve toplama yüzeylerinin temizlenmesinde kullanılan silkeleme sistemlerinden oluşmaktadır. Elektrostatik ayırma sistemlerinde ayırma işlemi genel olarak partiküllerin yüklenmesi, yüklenmiş partiküllerin toplama yüzeylerine taşınması, toplama yüzeyinde toplanma ve film tabakası oluşumu, toplama yüzeylerinden film tabakasının uzaklaştırılması şeklinde olmaktadır. Elektrostatik çöktürücüler için ıslak ve kuru olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler dikey ve yatay gaz akımına sahip olabilmektedir. Kuru elektrostatik çöktürücülerde genellikle toplama elektrotları plaka formunda olmaktadır ve bu yüzden plakalı çöktürücüler de denilmektedir. Islak elektrostatik çöktürücülerde genellikle toplama elektrotları tüp formunda olmaktadır ve atık gaz akımı dikey yönlü olmaktadır. Bu nedenle bu çöktürücü sistemler tüp elektrostatik çöktürücüler olarak da isimlendirilmektedir. Uygulamadaki başlıca çevresel faydalar emisyonların azaltılması ve diğer ayırma sistemleri ile karşılaştırıldığında daha düşük enerji maliyetlerinin olmasıdır. Başlıca çapraz ortam etkisi ıslak elektrostatik çöktürücüler tercih edilmesi durumunda oluşacak atıksudur. Elektrostatik çöktürücüler yüksek performansa sahip sistemlerdir ve 0,1 µm'den daha küçük boyuttaki partiküllerin bile ayrılmasında etkili sonuçlar vermektedir. Genellikle elektrostatik çöktürücü sistemlerde çok yüksek hacimlerdeki (1.000.000 m^3/saat) atık gazların arıtımı da gerçekleştirilebilir. Elektrostatik çöktürücüler düşük basınç kayıpları 0,001-0,004, düşük enerji

gereksinimi 0,05-2 kWh/1000 m^3 ve uzun kullanım süresiyle avantajlı sistemlerdir. Islak elektrostatik çöktürücüler kuru elektrostatik çöktürücülerden daha iyi ayırma performansına sahiptir (EC, 2006).

5.15.7 Ön ayırma işlemlerinin ardından son ayırma amacıyla filtrelerin kullanılması

Filtre, ayırma sistemleri ön ayırma işlemlerinden sonra (bazı gazların ve tozun filtreye zarar vermesini engellemek için) son ayırıcılar olarak kullanılan sistemlerdir. Ön ayırma sisteminden sonra kullanılıyor olması filtreler için yeterli filtre ömrü ve işletme güvenliği sağlamaktadır. Filtre ayırıcılarda, gazlar boşluklu bir filtre ortamına verildiğinde, disperse olmuş katı partiküller çeşitli mekanizmaların bir sonucu olarak tutulmaktadır. Filtre ayırıcılar filtre malzemesi, performans aralığı ve filtre temizleme uygulamaları bazında sınıflandırılmaktadır. Tesislerde partikül madde gideriminde önemli filtrelerden birisi temizlenebilir filtrelerdir. Temizlenebilir filtrelerde en önemli parametreler hava bez oranı ve basınç kayıplarıdır. Filtre malzemesi gerçek ayırıma işlemini yapmakta ve filtre malzemesi bir filtre ayırıcılarının temel bileşenini oluşturmaktadır. Günümüzde filtre malzemesinde dokuma kumaşların yerine nonwoven materyaller almıştır. Nonwoven ve keçeli filtrelerde üç boyutlu filtreleme özelliği bulunmaktadır. Toz partikülleri, en küçük partiküllerin bile ayrılmasını sağlayan bir filtre yapısı içerisinde tutulmaktadır. Düzenli temizleme işlemleri ile filtrede birikmiş tozlar ortadan kaldırılabilmekte ve aşırı basınç kayıpları önlenebilmektedir. Yapışkan, yağlı, aşındırıcı ve/veya higroskopik toz partikülleri, sistemlerde en fazla probleme neden olabilecek partiküllerdir (EC, 2006).

Dolgulu yatak filtreler tipik olarak 0,3-5 mm tanecik büyüklüğünde granüle çakıl taşı, kum, kireçtaşı ve kok gibi yatak malzemesinden oluşmaktadır. Filtrasyon sırasında toz partikülleri granül tabakasıyla temas etmektedir. Ayırma işleminde yatak malzemesi üzerinde bir toz tabakası oluşmaktadır. Genellikle yatak malzemesinde 0,5 mm ve <0,1 m/s gibi düşük hızların kullanılması ile ayrılan tozların yatak üzerine nüfuz etmesi engellenebilmektedir. Ancak ayırma hızlarının azaltılmasıyla köprü oluşturma riskleri bulunmaktadır. Dolgulu yatak filtre sistemlerinde kullanılan paket malzemesi farklı yüksekliklerde olabilmektedir. Dolgulu yatağın temizlenmesi yıkama, mekanik silkeleme ve havayla sıyırma gibi yöntemlerle yapılır. Uygulamayla sağlanacak başlıca çevresel faydalar hava emisyonları içerisinden toz gideriminin sağlanması ve enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Dolgulu yatak filtreler, siklonlardan daha az enerji tüketen ve gürültü oluşturan sistemlerdir. Paket yataklı filtrelerin başlıca avantajları; korozyona dayanım, yüksek sıcaklıklarda çalışabilme, kimyasal agresif gazların arıtımına ve farklı karakterlere sahip gazların arıtımına olanak sağlamasıdır (EC, 2006).

Bez filtrelerde atık gaz, sıkı dokunmuş kumaş ya da keçeli kumaş içerisinden geçirilerek filtre boşluklarından geçemeyen toz partiküllerin gaz akımından ayrılması sağlanmaktadır. Bez filtreler levha, kartuş ya da torba şeklinde olabilmektedir. En yaygın kullanılan bez filtreler torba şeklinde olanlardır. Atık gaz akımlarının arıtımında bez filtrelerin kullanılması durumunda sağlanacak başlıca faydalar atık gazlardan toz giderimi sağlanarak havaya verilecek emisyon miktarının azaltılmasıdır. Ayrıca tesis sahası içerisinde tozumanın önlenmesini sağlamak suretiyle insan sağlığının korunması ve iş güvenliğine katkı sağlanmaktadır. Uygulamanın dezavantajı ise kullanılan bez filtrelerin kullanım ömürlerinin dolması sonrasında karşılaşılacak bertaraf maliyetleridir (EC, 2006).

Kaba filtreler kaba toz (10-20 mikron) taneciklerinin tutulmasını sağlar. Kaba filtreler daha çok diğer atık arıtım sistemlerinde toz girişinin istenmediği durumlarda ön filtrasyon için kullanılmaktadır. Böylelikle diğer atık gaz filtrasyon ve çöktürme sistemlerinde arıtma veriminin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Kaba filtreler hava akımının saptırılabilmesi için mümkün olan en geniş boyutta

engellerin bulunması, toz partiküllerinin hava akımıyla birlikte engel etrafından dolaşma olasılığının azaltılması ve büyük parçaların yapışmasının sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Kaba filtreler %65-90 arasında değişen oranlarda toz tutma verimine sahiptir. Kaba filtreler ekonomik açıdan genellikle yüksek yatırım maliyetleri gerektirmez (Ulutepe, 1995).

Tübüler filtrelerde filtre malzemesi 5 metreden daha uzun ve 12-20 cm çapında tüplerden oluşmaktadır. Temizleme metoduna bağlı olarak tübüler filtrelerde gaz akımı içten dışa ya da dıştan içe doğru olabilmektedir. Hava akımı filtre içerisinden geçirilmekte ve küçük partiküller tübüler filtre yüzeyinde birikmektedir. Tübüler filtreler tam otomatik darbeli ters yıkamalı sistemler, basınçlı hava veya basınçlı gazlar ve çok aşamalı enjektör sistemleri ile temizlenmektedir. Tübüler filtrede bulunan tüpler birbirinden bağımsız olarak temizlenebildiğinden sürekli toz giderimi sağlanabilmektedir. Uygulamadaki başlıca çevresel faydalar toz emisyonlarının ve enerji tüketimlerinin azaltılmasıdır. Ayrıca filtre sistemleri kuru sistemler olması nedeniyle bazı durumlarda atık gazlar içerisinden ayrılan materyallerin geri kullanımı sağlanarak atık miktarlarının da azaltılması sağlanmaktadır. Filtre ayırma sistemleri siklonlardan daha az enerji tüketen ve daha sessiz sistemlerdir. Filtreler yüksek ayırma performansına (yaklaşık %99) sahiptir ve çok küçük partiküllerin bile çok verimli bir şekilde ayrılmasını sağlamaktadır. Gıda sektöründe en yaygın kullanılan filtre tipi olup, katı ve sıvı hava kirleticilerinin uzaklaştırılmasında kullanılır (EC, 2006).

İnce toz filtreler, yüksek verimli partikül filtresi (HEPA) olarak da isimlendirilir. HEPA filtreleri yüksek etkinlikte partikül giderimi sağlar. HEPA filtreler 0,3 mikron partikül boyutlarına sahip partiküllerin gideriminde %85 oranında verimlilik gösterebilir (Alan, ve diğerleri, 2013). Bunun dışında ince toz filtrelerden bir diğeri ise ultra düşük nüfuzlu (ULPA) filtrelerdir (Özcan, 2006). ULPA filtreler HEPA filtrelerden daha hassas olmaları nedeniyle %99 oranında giderim performansına sahiptir. HEPA ve ULPA filtreler bakım gerektirmeyen, düşük maliyetli, özel liflerden oluşan ve kağıda benzer bir yapıya sahip filtrelerdir. Bu filtrelerin özellikle kullanıldığı havalandırma sistemlerinde kirlenme ve basınç kaybı oranlarına bağlı olarak 6-12 ayda bir değiştirilmeleri gerekmektedir.

Torbalı filtre sistemleri 30 mm kalınlıkta, 0,5 m yükseklik ve 1,5 m uzunluktaki filtre materyalinden oluşmaktadır. Filtre torbaları açık ucuna doğru temiz gaz çıkışı olacak şekilde donatılmıştır. Arıtılmamış gaz akımları genellikle filtre torbasının üst bölümlerinde her zaman dıştan içe doğrudur. Uygulamayla sağlanacak başlıca çevresel faydalar toz emisyonları ve enerji tüketimlerinin azaltılmasıdır. Bazı durumlarda torbalı filtrelerden atık gaz akımındaki değerli malzemeler geri kazanılabilmektedir. Filtreler siklonlara göre daha az enerji gerektiren ve daha az gürültüye neden olan sistemlerdir. Torbalı filtreler yüksek ayırma performansına (yaklaşık %99) sahip ve en küçük partiküllerin bile tutulmasında etkili yöntemlerdir. Torbalı filtreler toz emisyonlarının <5 mg/Nm^3 altına düşürülmesinde kullanılmaktadır (EC, 2006).

5.15.8 Atık gaz içerisindeki seçilmiş bileşiklerin absorbsiyon ortamı içerisinde çözünmesi ile uzaklaştırılması

Absorpsiyon ve gaz yıkama terimleri çoğu zaman birbiri yerine kullanılsa da absorbanlar gaz uzaklaştırıcı, gaz yıkama sistemleri ise partikül madde azaltıcı sistemlerdir. Bu ayrım her zaman kesin çizgilerle yapılamamaktadır. Çünkü bazı durumlarda ıslak ayırma ve buhar yoğunlaştırmalı sistemlerde gaz bileşenler ile birlikte koku da uzaklaştırılabilmektedir. Absorpsiyon sistemlerinin temel amacı, geniş bir yüzey alanı oluşturarak sıvının ve gazların ters akışının sağlanmasıdır. Absorpsiyon prosesleri, absorpsiyon ortamı içerisinde atık gazlardaki seçilmiş bileşiklerin çözünmesine dayanmaktadır. Çok

fazla tipte absorplayıcı tasarımı olup, bunları içerisinde paket yataklı absorbanlar, plakalı absorbanlar ve sprey gaz yıkama sistemleri bulunmaktadır (EC, 2006).

Sıvıya absorpsiyon sistemleri; çözünebilir gazlar ve bir sıvı arasında gaz-sıvı temas ekipmanıyla gaz-sıvı arasındaki kütle transferini içermektedir. Bu uygulamada; gaz içerisindeki kirleticinin çözünürlüğü, sıvının doygunluk derecesi, sıvının kirleticiyi çözme kapasitesi ve absorpsiyon özelliklerine bağlı olarak giderim verimleri değişkenlik göstermektedir. Bu tanımlanan giderim mekanizmasının giderim verimini partikül büyüklüğü, absorpsiyon sistemi ve partiküllerin akış hızları belirlemektedir. Böylelikle, giderim verimi; reaksiyon süresi, sıvı absorplayıcı yüzeyin doygunluk derecesi ve gaz içerisinde bulunan kirletici bileşiklerin sıvı absorplayıcı içerisindeki reaktivitesine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle sıvıya absorpsiyon sistemlerinde absorplayıcı sıvı olarak su kullanılmaktadır. Ancak istenen giderim verimleri elde edilemediğinde başka sıvı absorplayıcıların da kullanılması mümkün olmaktadır. Bazı durumlarda sulu absorpsiyon sistemleri diğer absorpsiyon prosesleri öncesinde bir ön kademe olarak kullanılabilmektedir. Sıvıya absorpsiyon sistemleri giderim verimliliği performansları ve gerekli yatırım maliyetleri kıyaslandığında atık gaz arıtımında fizibıl sistemlerden biri olarak görünmektedir. Uygulamanın dezavantajı atıksu oluşumu ve oluşan atıksuların arıtılması gerekliliğidir (EC, 2006).

Dolgu yataklı absorpsiyon sistemlerinde, hava akımı, resirküle edilen bir sıvı akımına karşı yönlendirilerek arıtım gerçekleşmektedir. Dolgu yatak genellikle plastikten yapılmış ve geniş yüzey alanına sahip çok sayıda parçadan oluşmaktadır. Sistem içerisinde sıvının resirkülasyonu için bir pompa ve pH kontrolü sağlamak için dozlama/kontrol sistemleri bulunmaktadır. Sıvı dağılımını düzgün sağlamak için birim yüzey alanı üzerinde simetrik yerleştirilmiş nozullar vardır. Arıtılmış gaz akımları deşarj edilmeden önce sistem içerisinde bulunan bir buğu giderici-uzaklaştırıcı bölümden geçirilir. Dolgu yataklı absorpsiyon sistemlerinin dezavantajı atıksu oluşumudur. Dolgu yataklı absorpsiyon sistemleri, spesifik bileşiklerin gideriminde oldukça etkilidir ve toplam giderim verimleri yaklaşık %70-80 arasında değişmektedir. Dolgu yataklı absorpsiyon sistemleri genellikle, geniş aralıkta değişen debide ve düşük konsantrasyonlarda gaz ve/veya koku içeren gazların arıtımında kullanılır. Dolgu yataklı absorpsiyon sistemleri diğer boru sonu koku giderim teknikleri ile karşılaştırıldığında düşük maliyete sahiptir. Sistemin ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşüktür (EC, 2006).

Plakalı absorplayıcılar delikli yatay tepsilerden veya elek tabakaları ile dikey kuleden oluşmaktadır. Akış bölmesi plakalardaki delikler üzerine kısa bir mesafede yerleştirilmiştir. Yıkama sıvısı kulenin tepesinden girerek aşağıya doğru her bir plaka boyunca ilerlemektedir. Arıtılacak atık gaz sistemin alt tarafından verilerek yukarıya doğru hareket etmektedir. Hava akımının hızı deliklerden sıvı geçişini önleyebilecek seviyede olmaktadır. Hava akımı tepsilerden geçerken sıvıyla temas etmekte ve arıtım gerçekleşmektedir. Uygulamanın dezavantajı atıksu oluşumudur. Plakalı absorpsiyon sistemleri spesifik bileşiklerin gideriminde oldukça etkilidir ve toplam giderim verimleri yaklaşık %70-80 arasında değişmektedir. Ayrıca ekipman açısından az yer kaplayan bu sistemlerde, kullanılan kimyasalların güvenli bir şekilde depolanması için alana ihtiyaç duyulmaktadır. Plakalı absorpsiyon sistemleri düşük konsantrasyonlarda gaz ve kokuların farklı debilerinin arıtılmasında uygundur. Diğer koku giderimi yöntemleri ile karşılaştırıldığında ilk yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri açısından ekonomik sistemlerdir (EC, 2006).

Sprey yıkayıcılı sistemlerde arıtılacak gaz akımı, alt kısımdan sistem içerisine verilmekte ve tank içerisinde yukarıya doğru ilerlerken sprey şeklinde verilen sıvı ile temas ederek absorbe olmaktadır. Gaz yıkama sistemlerinde paket yataklı ve plakalı sistemlerde olduğu gibi herhangi bir donanım bulunmamaktadır. Arıtılmış hava sistemin üst kısmından alınmaktadır. Alt kısımda sıvının biriktirildiği bir

hazne ve sıvının bu hazneden spreyleme donanımlarına iletimini sağlayan bir sirkülasyon pompası bulunmaktadır. Sprey yıkayıcılı sistemlerin kullanılması ile sağlanacak başlıca çevresel fayda yoğunlaşabilir buharın ve tozun hava akımı içerisinden uzaklaştırılmasıdır. Uygulamanın dezavantajı ise atıksu oluşumudur. Sprey yıkama sistemleri küçük boyutları nedeniyle çok az bir alana ihtiyaç duymaktadır. Ancak bazı kimyasalların güvenli depolanması için depolama alanı gereksinimi olmaktadır. Sprey yıkayıcılı sistemlerin ilk yatırım ve işletme maliyetleri düşüktür.

5.15.9 Partiküler hava kirleticilerin aktif yüzey üzerinde tutulması (karbon adsorpsiyonu)

Adsorpsiyon, partiküler hava kirleticilerin aktif yüzey üzerinde tutulduğu bir prosestir. Adsorpsiyon sistemlerinde; zeolit, silika, polimerik reçineler ve aktif karbonu da içeren çok sayıda aktif materyal kullanılır. Gıda sektöründe en yaygın kullanım alanına sahip adsorbant aktif karbon olması nedeniyle bu sistem karbon adsorpsiyon sistemleri olarak isimlendirilmektedir. Karbon adsorpsiyon sistemleri buhar moleküllerinin katı yüzeye çarparak desorbe olmadan bir süre burada kalması şeklinde gerçekleşen dinamik bir süreçtir. Konsantrasyon ve gazın kısmi basıncına bağlı olarak karbon yüzeyinde bir bileşiğin partiküler konsantrasyonun artması gibi adsorpsiyon ve desorpsiyon arasında bir denge kurulmaktadır. Aktif karbon; karbonca zengin odun, kömür, turba, fındık kabuğu, linyit, kemik ve petrol kalıntıları gibi birçok malzemeden üretilebilmektedir. Karbon adsorpsiyonu uygulaması ile koku, gaz ve toz giderimi sağlanır. Uygulamanın dezavantajı enerji tüketimi ve aktif karbonun kullanım sonrası bertarafıdır. Karbon adsorpsiyonuyla koku giderim verimi yaklaşık %80-90 seviyelerindedir. Karbon adsorpsiyon sistemleri genellikle 10.000 m^3/saat debide ve 50 mg/Nm^3 gibi düşük kirletici konsantrasyonları içeren atık gazların arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Karbon adsorpsiyon sistemlerinin yatırım maliyeti düşüktür. Ancak işletme maliyetleri karbon maliyetleri nedeniyle yüksek olabilmektedir. Karbon adsorpsiyonunda yüzey alanının zaman içerisinde kirleticilerin tutunması nedeniyle kaplanması durumunda, rejenere (yenilenmesi) edilmesi gereklidir (EC, 2006).

5.15.10 Koku emisyonlarının gideriminde biyolojik arıtma (biyofiltreler, biyoyıkayıcılar) proseslerinin kullanılması

Atık gaz içerisindeki koku emisyonlarının gideriminde mikroorganizmaların kullanıldığı biyolojik arıtma prosesleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Biyolojik arıtma proseslerinin temelini oluşturan biyolojik bozunma reaksiyonları genellikle düşük hızda gerçekleşmektedir. Çalışma koşullarının optimizasyonu oldukça kritik bir etkiye sahiptir. Biyofiltreler ve biyoyıkayıcılar olmak üzere iki tür biyolojik arıtma sistemi vardır. En yaygın olan biyolojik arıtma sistemi ise biyofiltrelerdir. Bu sistemlerin etkin şekilde çalıştırılmasında; bekleme süresi, sıcaklık, nem, toz ve yağların filtre üzerindeki etkisi, organik/koku yükü ve filtrenin tasarım ve karakteristik özelliklerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Biyofiltrelerde filtre malzemesi üzerine absorbe olan kirleticiler mikroorganizmaların biyolojik aktiviteleri ile parçalanmaktadır. Filtre malzemesi paketli yatak formunda ve atık gazların geçeceği şekilde düzenlenmiştir. Yüksek miktarda toz içeren atık gazların biyofiltrelerden geçirilmeden önce toz giderimi yapılması gereklidir. Biyofiltreler aşağı ya da yukarı akışlı olarak işletilir. Her iki durumda da operasyonel verimlilik aynı olmaktadır. Tipik olarak 10-25 mm/m filtre yüksekliğine sahip filtrelerde basınç düşüşü oldukça düşük seviyede gerçekleşmektedir. Bu basınç düşüşü aşağı veya yukarı akışlı kurulumlar ya da havanın dağılımı gibi kritik tasarım parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Filtre yüzeyinde kurumanın önlenmesi ve mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için %40-60 oranında nem sağlanması için filtre yüzeyi periyodik olarak ıslatılmaktadır. Biyofiltrelerde filtre materyali

yarı yarıya fundalık ve turba elyafından oluşmaktadır. Uygulamanın dezavantajı, sistemde asidik yan ürünlerin oluşması ve ömrünü tamamladıktan sonra filtre materyalinin bertarafıdır. Biyofiltrelerin uygun şekilde işletilebilmeleri için koku emisyonlarının 150-200 OU/m^3 arasında olması gerekmekte olup, filtre materyali yüzey yüklerinin de 100-250 m^3/m^2/saat arasında olması gerekmektedir. Biyofiltrelerde koku giderim verimi yaklaşık %97 seviyelerindedir. Filtre malzemesinin kullanım ömrü yaklaşık 3-5 yıl arasında değişmektedir. Biyofiltre sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri tesis büyüklüğüne ve yapılandırma standartlarına bağlı olarak değişir (EC, 2006).

Biyoyıkayıcılar; kirletici gaz ve absorbent arasında yoğun bir yer değişiminin gerçekleştiği absorbentlerdir. Mikroorganizmalar filtre yüzeyinde bir film formunda ya da sıvı içerisinde dağılmış halde bulunmaktadır. Absorpsiyonu takiben sıvı ve gaz fazlarının ayrılmasını sağlayan bir sis kollektörü bulunmaktadır. Absorbentin rejenerasyon basamağında absorbe olmuş kirleticiler sıvı fazda uzaklaştırılır. Atık gazların yüksek miktarda toz içermeleri durumunda biyoyıkayıcılar öncesinde toz giderim sisteminden geçirilmesi gereklidir. Biyoyıkama sistemleri 40°C üzerindeki sıcaklıklarda uygulanamaz.

Biyoyıkayıcılar, biyofiltrelere göre suyun resirkülasyonu için daha yoğun enerji tüketimine sahiptir. Bu sistemlerin verimli şekilde işletilmesi için konsantrasyonun 5.000 mg/Nm^3 altında olması gerekmektedir. Biyoyıkama sistemleri yüksek koku giderimine sahip ve diğer arıtma sistemleri ile kıyaslandığında düşük yatırım maliyetlerine sahiptir (EC, 2006).

5.15.11 Fotokatalitik oksidasyon prosesleri ile koku/VOC giderimi

Çeşitli endüstriyel faaliyetler sonucunda, hammadde özellikleri ve oluşan emisyonlar nedeniyle koku problemi ortaya çıkmaktadır. Endüstriyel proseslerde oluşan koku emisyonlarının giderimine yönelik oksidasyon, absorpsiyon, biyolojik filtre vb. sistemler kullanılmaktadır (EC, 2006). Bu koku giderme sistemlerinden biri de fotokatalitik oksidasyon prosesleridir. Fotokatalitik oksidasyon prosesleri uçucu organik bileşiklerin UV ışığı ve TiO_2 katalizörü eşliğinde yükseltgenmesi ve parçalanması işlemidir (Ginestet, ve diğerleri, 2005). Fotokatalitik oksidasyon proseslerinin fermentör bacalarından kaynaklanan VOC emisyonlarının %80-95 oranında giderimini sağlamaktadır. Ancak fotokatalitik oksidasyon proseslerinin fermentör bacalarında doğrudan uygulanması durumunda UV lambalarının üzerlerinin buhar ile kaplanarak işlevini yerine getirememesine neden olabilmektedir (Türker, ve diğerleri, 2015). Bu durumda fotokatalitik oksidasyon öncesinde bir yoğunlaştırma sisteminin ve/veya sıvı absorpsiyon prosesinin kullanılması gerekli olabilir. Böylelikle UV lambalarının atık gaz akımları içerisindeki buhar ile kaplanması sorunun önüne geçilebilir. Fotokatalitik oksidasyon prosesleri koku giderim verimliliği ve yatırım maliyetleri açısından bir değerlendirme yapıldığında diğer koku giderme sistemlerine nazaran daha ekonomik olabilmektedir (Bayless, 2010).

5.15.12 Ozonla oksidasyon prosesi ile koku/VOC giderimi

VOC içeren atık gaz kaynağına uygulanan ozon yüksek oksidant özelliklerinden dolayı atık gaz içerisindeki organik bileşiklerin okside olarak parçalanması suretiyle daha kararlı bir yapıda bacadan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Türker, ve diğerleri, 2015). Ozonla koku gideriminde hem yıkama kulesinde sulu ortamda hem de doğrudan gaz fazında atık gaz içerisinde kokuya neden olan VOC oksidasyonu ile koku giderimi sağlanabilir (Müezzinoğlu, 2014; Türker, ve diğerleri, 2015). Maya üretiminde en önemli koku kaynaklarından biri olan fermantasyon bacalarında; ozonla %95'lere varan

koku giderimi sağlanabilmektedir. Bu uygulama ozon üretimi için gerekli enerji maliyetinden dolayı pahalıdır (Kilham, ve diğerleri, 2001).

5.15.13 Yüksek sıcaklıkta hızlı oksidasyon sağlanması (termal arıtma)

Atık gaz akımları içerisindeki tüm bileşiklerin okside olması için yeterli miktarda oksijen, uygun temas süresi ve sıcaklık gerekmektedir. Atık gaz akımları içerisindeki organik bileşiklerini hızla oksidasyonun gerçekleşebilmesi için termal oksitleyicide 200-400°C'den daha yüksek gaz sıcaklıkları gerekmektedir. Termal oksidasyonda, kirletici dönüşümü 600°C gibi yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Kirleticilerin gideriminde termal oksidasyon proseslerinin kullanılması durumunda yüksek yakıt kullanımının azaltılması amacıyla enerji geri kazanımı yapılması gerekmektedir. Doğrudan alevli termal oksidasyon sistemleri genellikle 700-900°C arasındaki sıcaklıklarda işletilmektedir. Reaksiyon sıcaklığı kirleticinin özelliklerine göre değişmekte olup, örneğin organohalojen bileşiklerinin gideriminde 1000°C'nin üzerine çıkabilmektedir. Bu sistemlerde reküperatif sistemlerin kullanılması ile potansiyel olarak %80-90 oranında ısı geri kazanımı yapılabilmektedir. Bu uygulamada yanma sonucunda yüksek seviyede azotoksitler ve karbondioksit gibi istenmeyen yan ürünler oluşmaktadır. Termal oksidasyon sistemleri yakma sıcaklığına ulaşana kadar verimli şekilde işletilememektedir. Bu yüzden kullanılmadan bir süre önce çalıştırılması gereklidir. Termal oksidasyon sistemlerinin işletilmesi durumunda koku giderim verimi yaklaşık %100 olabilmektedir. Atık gazların termal oksidasyonunda VOC seviyeleri <1-20 mg/m^3 arasında değişmektedir. Termal oksidasyon prosesleri VOC ve koku gideriminde kullanılmaktadır ancak genellikle 10.000 Nm^3/saat gibi düşük debilerde arıtımı enerji maliyetlerinden dolayı artar. Termal oksidasyon prosesleri yüksek yatırım maliyetlerine sahiptir. Ayrıca yüksek yakıt tüketiminden dolayı işletme maliyetlerinin yüksek olacağı düşünülse de atık ısı geri kazanımı yapılarak enerji maliyetleri azaltılabilmektedir (EC, 2006).

5.15.14 Koku emisyonlarının termal olmayan plazma arıtma ile giderilmesi

Termal olmayan plazma arıtma, atık gaz içerisindeki kötü koku moleküllerinin yüksek reaktif arıtma bölgesinde bozunduğu etkili bir arıtma tekniğidir. Bu reaktif bölge; plazma, iyonlar, elektronlar, yüklü-nötral gaz molekülleri ve faklı seviyelerdeki diğer moleküllerin ayrılmasıyla oluşmaktadır. Yüksek miktarda enerji kullanıma bağlı olarak plazma, termal ve termal olmayan olarak karakterize edilmektedir. İyonlar ve elektronlar yaklaşık 1-2 eV'a (elektrovolt) (1 eV yaklaşık 11.327°C sıcaklıkta) karşılık gelen bir sıcaklıkta bulunmaktadır. Bir elektrik ark ocağının elektrik arkı termal plazmaya örnek olarak verilebilir. Termal olmayan plazma yönteminde elektron enerjisi seviyesi ya da hızları toplu gaz moleküllerine nazaran çok daha yüksektir. Çünkü enerji sadece elektron moleküllerine eklenmekte, bundan 1-10 eV enerji elde edilebilmekte ve arka planda gaz ortam sıcaklığına eşdeğer seviyede kalmaktadır. Yüksek elektrik enerjili elektronlar; serbest elektronlar, iyonlar ve radikaller plazma üretmektedir. Termal olmayan plazma, koku içeren atık gazların çevre basıncı ve sıcaklığında arıtılmasında kullanılmaktadır. Oluşan radikaller kirleticiler ile plazma içerisinde reaksiyona girmekte ve okside olarak koku oluşturan bileşiklerin azalmasını sağlamaktadır. Bu proseste oluşan aktif radikallerin çoğu nitrojen, oksijen ve hidroksillerdir. Termal olmayan plazma arıtma sistemleri ile 20.000-25.000 Nm^3/saat hacimdeki atık gazlar arıtılabilmektedir. Koku giderimi için kullanılan termal olmayan plazma arıtım sistemleri modüler tasarıma ve kompakt bir yapıya sahiptir. Bu uygulamanın dezavantajları; enerji tüketimi, soğutma suyu ve su kondensleri, ozon üretimi ve tozla kirlenmiş atıksulardır. Termal olmayan plazma arıtımında koku giderim verimi tasarıma, proses şartlarına ve koku karakterine bağlı olarak %75-

96 arasında değişmektedir. Bu sistemde yaklaşık 20.000-25.000 Nm^3/saat hacimde koku giderimi için gerekli enerji miktarı 6-12 kWh'tir (EC, 2006).

5.15.15 Kimyasal içeren gazların yoğunlaştırılarak sıvı fazdan ayrılması

Yoğunlaştırıcı sistemler atık gazın belirli bir sıcaklıkta ve yoğun miktarda aerosoller içerdiği durumlarda kullanılan sistemlerdir. Birçok üretim prosesinde de kullanılan yoğunlaştırıcılar özellikle kimyasal içeren gazların yoğunlaştırılmasında kullanılmaktadır. Yöntem temelde gaz fazındaki malzemelerin kapalı bir bölme içerisinde daha yoğun hale getirilerek sıvı fazdan ayrılması prensibine dayanmaktadır. Bu sistemlerde bazı özel donanımlar kullanılarak veya oksijen gibi bazı reaktif gazlar kullanılarak oksitler ve bileşikler üretilebilmektedir. Bu teknikte temel olan termal enerji içeren atık gazların ısısını kaybetmesi sağlanarak sıvı fazda daha yoğun bir hale dönüştürülmesidir (Gürmen, ve diğerleri, 2008). Bunun için atık gazın yeterli miktarda aerosol içermesi gereklidir. Bu uygulamanın dezavantajı oluşan sıvı fazdaki kirleticilerin arıtılmasının gerekliliğidir. Yoğunlaştırma sistemleri ek donanımlara gereksinim duymadığından ve basit yapılar olduğundan dolayı ilk yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür.

5.15.16 Kirletici emisyonların membran ayırma sistemleri kullanılarak giderilmesi

Membran proseslerinde atık gaz içerisindeki kirleticiler yarı geçirgen bir membran yardımıyla ana akımdan daha derişik bir şekilde ayrılabilmektedir. Akı ve seçicilik temelinde membranlar gözenekli, gözeneksiz ve asimetrik olarak sınıflandırılmaktadır. Gözenekli membranlarda atık gaz arıtımında yüksek akı ve düşük seçicilik söz konusu iken gözeneksiz membranlarda ise durum tam tersidir. Gözeneksiz membranlarda permenantların boyutları aynı olsa bile membrandaki çözünürlüklerine bağlı olarak ayrılabilmesi en önemli avantajlardan birini oluşturmaktadır. Asimetrik membran ise ince ayrıcı bir üst tabaka ve daha sert bir destek tabakasından oluşmaktadır. Genellikle ince film kompozit polimerik membranlarının kullanımıyla karbondioksit, hidrojensülfür, hidrokarbon buharı (silikon kauçuk membranlar), metan veya amonyak (polisülfan membranlarda) gibi gazların ayrılması mümkündür. Genellikle kullanılan membran modülleri içi boş lif ve spiral modüllerdir (Salt, ve diğerleri, 2006).

5.16. Gürültü Emisyonlarının Minimizasyonunda MET Uygulamaları

5.16.1 Gürültü kaynaklarının uygun teknikler ile (hücre içine alma, duvar ve ses bariyeri, izolasyon vb.) çevrelenmesi

Tesislerde meydana gelen gürültü çalışanlar ve yapılar üzerinde zararlı etkilere neden olabilir. Bu nedenle gürültünün kontrol altına alınması gereklidir (Hayta, 2007). Gürültü kontrolünde temel üç yaklaşımdan bahsedilebilir. Birinci yaklaşım, gürültünün kaynağının belirlenmesi, modifikasyon ve akustik izolasyon teknikleri ile kontrol altına alınmasıdır (MEGEP, 2011b). İkinci yaklaşım, gürültünün kaynak ile alıcı arasında alınacak önlemlerle kontrol altına alınmasını kapsamakta olup, gürültü kaynağının akustik hücre içerisine alınması, duvar ve ses bariyerlerinin kullanılması ve akustik izolasyon uygulamalarından oluşmaktadır. Üçüncü yaklaşım ise, alıcı üzerinde önlemler alınmasını kapsamaktadır. Alıcı üzerinde alınacak tedbirler kulak tıkaçları, kulaklıklar gibi kişisel donanımların kullanılmasıdır. Gürültünün kaynakta önlenmesine yönelik çoğu zaman gürültü oluşturan ekipmanın değişimi söz konusu olmakta ve bu durum yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir. Gürültü kaynağı

ile alıcı arasında alınacak önlemler ise, gürültünün kaynağında önlenmesi uygulamalarına kıyasla daha düşük maliyetli olabildiğinden, işletmeler daha çok bu yaklaşımı tercih etmektedir.

5.16.2 Gürültü çıkışlarına susturucu ekipmanlar takılması

Tesis içerisinde gürültünün kontrol edilmesinde en yaygın kullanılan tekniklerden biri, gürültü çıkışlarına susturucu ekipmanların takılmasıdır. Özellikle gürültü oluşumuna neden olan elektrik motorları, pervaneler, havalandırma-soğutma sistemleri ve hava kompresörlerine susturucular takılarak gürültünün kontrol altına alınması mümkündür (MEGEP, 2011a). Ancak kompresör ve havalandırma sistemlerinde hava giriş ve çıkışlarına susturucu takılmasının, hava akımını engellemesi sebebiyle ekipmanların normalden daha fazla enerji tüketimine neden olabileceği göz ardı edilmemelidir (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.16.3 Binalarda yer alan havalandırma sistemlerinin ve üfleme kapılarının ses yalıtımının yapılması

Tesislerde havalandırma sistemleri ve üfleme kapıları gürültü kaynakları arasında yer almaktadır. Bu sistemlerde oluşan gürültünün önlenmesi veya azaltılması için etkin çözümlerden birisi, uygun akustik yalıtım malzemeleri kullanılarak izolasyon yapılmaktadır (Çakır, 2016). Bu uygulamalarda akustik yalıtım ve ısı yalıtımlarının birlikte düşünülmesi, yatırım maliyetlerinin ve geri ödeme sürelerinin azaltılmasına katkı sağlar. Hava kanallarından kaynaklanan gürültünün azaltılması için akustik yalıtım malzemelerinin kanalların iç yüzeylerine uygulanması gerekir. Bu kapsamda akustik poliüretan levha, cam yünü levha ve polietilen levha, ekstrude polistiren, geliştirilmiş polistiren gibi gözenekli malzemeler kullanılır. Cam yünü kullanımında, kanal içerisinde liflerin dağılması nedeniyle çeşitli problemler açığa çıktığından kanal içlerinde cam yünü kullanımından kaçınılmalıdır. Bunun yerine polietilen ve polistiren esaslı malzemelerin kullanımı tercih edilebilir (IZODER, 2016).

5.16.4 Gürültü kesici kabinlerin kullanılması

Gürültü kesici kabinler uygulama yerlerine göre çeşitli tasarımlara sahiptir. Kabinlerde; ses yalıtım malzemelerinin kullanılması ile 3-10 dB, ses emici kaplamalı tek kabuk muhafazaların kullanılması ile 10-25 dB ve ses emici kaplamalı çift kabuk muhafazaların kullanılması ile 25 dB'den daha yüksek seviyede gürültü azaltımı sağlanabilmektedir. Gürültünün azaltılmasında astarlı kumaş veya uygun şekilde tamamen kapatılmış olan muhafazaların kullanılması ile maksimum seviyede azalmalar sağlanabilir (Işıkel, 1999).

5.16.5 Kompresör gibi teknik cihazlar için ses yalıtım modüllerinin kullanılması

Kompresörlerin en önemli çevresel problemlerinden biri gürültüdür. Vidalı kompresörler, pistonlu kompresörlere kıyasla daha az gürültüye neden olur. Bunun nedeni pistonlu kompresörlerin çalışması sırasında pistonların vuruntu şeklinde silindirler içerisinde hareket etmesidir (Aksa, 2016). Kompresörlerde gürültünün azaltılmasında ses yalıtım odası ve akustik izolasyon uygulamaları yapılmaktadır. Kompresörlerdeki sesin bir diğer kaynağı ise hava girişleridir. Akustik izolasyonda; akustik süngerler, kumaş paneller, kauçuk levhalar, kauçuk mantar şilte, taş yünü, akustik tabanlı zemin örtüleri kullanılmaktadır.

5.16.6 Metal-metal birleşimlerinde kauçuk malzeme kullanılması

Tesis içerisinde gürültü aynı ya da farklı tür malzemelerden oluşmuş yapıların birleşim-temas noktalarından kaynaklanmaktadır. Söz konusu noktalarda; gürültü ve titreşimin azaltılması için kauçuk takozlar, kauçuk zemin örtüleri ve bileşim noktalarında kauçuk akustik izolasyon malzemeleri kullanılmaktadır (Teknofoam, 2016).

5.16.7 Fanlarda gürültü seviyesinin azaltılmasına yönelik uygun tekniklerin kullanılması

Soğutma ve havalandırma sistemleri endüstriyel tesislerdeki başlıca gürültü kaynaklarındandır. Bu sistemlerde kullanılan fanlarda gürültü seviyesinin azaltılmasına yönelik çeşitli teknikler uygulanmaktadır (Çilingiroğlu, 2001). Bunlar, düşük güçlü fanların kullanılması, daha büyük soğutucu fanlar kullanılması, fan bıçak sayısının 4 yerine 6-8 arasında seçilmesi, daha geniş bıçaklı, aynı hava akımı ve hava basıncı için daha düşük çevresel hıza (<40m/s) sahip düşük gürültülü fanların kullanılması, fan tahrik dişlilerinde düz akışlı dişliler yerine helikoid (yelpaze) dişliler kullanılması, tahrik kayışları ve eğer mümkünse doğrudan tahrik sistemlerinin kullanılması, fan tahrik sistemlerinde sarımlı kayışların kullanılması, daha az gürültülü fan motorlarının kullanılması, aksiyel fan yerine merkez kaç fanların kullanılması, fanlarda fan bıçakları ile destek yapısı arasında olabilecek en uzun mesafenin sağlanması ve hava geçişleri için aerodinamik tasarımların kullanılmasıdır. Fan sistemlerinin işletim zamanlarına göre de gürültünün azaltılması sağlanabilir. Örneğin gece saatlerinde fanlara daha az ihtiyaç duyulduğu esnada dönüş hızlarının azaltılması gürültü emisyonlarının azaltılmasını sağlamaktadır. Fan hızlarının %50 oranında azaltılması, gürültü seviyesini 6-10 dB civarında azaltabilir (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.16.8 Gürültünün ve vibrasyonun azaltılması için fanlar ve fan kanalları arasında esnek bağlantılar kullanılması

Fanlar çevre aksamları ile temas ettiği noktalarda gürültü oluşumuna neden olabilmektedir (Avrupa Komisyonu, 2001). Bu kanalların çevresinde çatlakların olması ve sesin diğer odalara bu çatlaklar vasıtasıyla iletilmesi, kanal titreşiminin temas ettiği malzeme üzerinde de titreşime neden olması ve gürültünün yayılması, titreşimin yansıması ve kanal üzerinde ikincil bir titreşim oluşturması şeklinde olabilmektedir. Bu etkilerin mümkün olduğunca azaltılabilmesi için havalandırma sistemlerinde temas noktalarında cam yünü gibi esnek akustik yalıtım malzemelerinin kullanılması gerekli olmaktadır. Ayrıca bölmenin her iki tarafının da sertleşmeyen dolgu malzemeleriyle kapatılması gerekmektedir (Çakır, 2016).

5.16.9 Boruların duvar içlerinde özel kanallara döşenmesi

Tesislerde havalandırma sistemi borularının duvar içlerindeki özel kanallara döşenmesi, titreşim ve gürültü emisyonlarının azaltılmasında etkili seçeneklerden biridir. Bunun için öncelikle birincil tedbirlerden olan hava akış hızının kontrol edilmesi, pürüzlülük ve engellerin azaltılması gerekir (Avrupa Komisyonu, 2001). Özel kanallarda gürültü, yayılım kayıpları ile sönümlenmektedir. Bunun için kaplamalı ve kaplamasız kanallar, kaplamalı dirsekler ve susturucular için önlemlerin alınması gerekmektedir. Kaplamasız kanallarda gürültünün azaltılması kanal duvarları yoluyla titreşimin sönümlenmesi sayesinde akustik enerjinin azaltılmasıyla kaplamalı kanallarda ise ses yalıtım malzemesi ile kaplanmış kanal yapılarında gürültünün sönümlenmesi sayesinde olmaktadır. Kanal

kaplaması 24-48 kg/m^3 yoğunlukta ve 25-50 mm kalınlıkta cam yünü malzemesi ile yapılmaktadır (Çakır, 2016).

5.16.10 Soğutma sistemlerinde gürültünün azaltılması

Gürültü emisyonları genellikle hem mekanik çekişli soğutma kulelerinde hem de büyük doğal çekişli ıslak soğutma kulelerinde karşılaşılan bir sorundur. Bu soğutma sistemlerinin sebep olduğu gürültünün üç ana kaynağı fanlar, pompalar (soğutma suyu kullanan tüm sistemler) ve su soğutma kuleleri şekilde tanımlanabilir. Gürültü, hava çekme noktaları, hava deşarj noktaları, fan motorları ve fan deşarj davlumbazları ya da soğutma kulesi kaplamalarından kaynaklanabilir. Islak soğutma kulelerinde gürültü yalnızca düşen su damlalarından (doğal çekişli) veya hem düşen su damlaları hem de mekanik ekipmandan kaynaklanır. Genellikle fanların zayıflatılmamış gürültü seviyesi su damlalarının sesiyle karşılaştırıldığında daha baskındır. Bu durumun ıslak soğutma kulesinin büyüklüğünden bağımsız olduğu rapor edilmektedir. Havayla ilgili gürültü, azaltma teknikleriyle düşürüldüğünde suyla ilgili gürültü baskın hale gelebilir ve bu durumda sudan kaynaklanan gürültünün azaltılması için tedbirler düşünülebilir (Avrupa Komisyonu, 2001). Bu tedbirler;

- Su seviyesinin, havuzun daha hızlı bir drenajla boşaltılması yoluyla alçaltılması sayesinde havuz duvarlarının ses bariyerleri olarak kullanılması,
- Hava girişinin sınırlı büyüklükteki kısım alanını minimize ederek suyun damla yüksekliğinin azaltılması,
- Damlaları yakalayarak havuza drene eden cihazlar yardımıyla (çarpma yönlendiriciler) damlaların havuz yüzeyine çarpmasının önüne geçilmesi,
- Ses azaltıcı etkiye sahip dolgu altındaki su toplama kanallarının kullanılması,
- Hava girişinde perdelerle sesin zayıflatılması,
- Kulenin, temeli çevresinde toprak bariyerleri şeklinde sıralanması,
- Hava giriş açıklığının çevresindeki dolgular ve duvarlar (binalar veya ses bariyerleri) ile gürültünün azaltılmasıdır (perdeleme yoluyla sağlanan ses azaltımı soğutma kulesi civarında 20 dB'e kadar çıkabilir).

Soğutma sistemlerinde yukarıda sayılan tedbirlerin uygulanmasının yanı sıra fanlarda gürültü seviyesinin azaltılmasına yönelik uygun tekniklerin kullanılması (Bölüm 5.16.7) ile soğutma sistemlerinden kaynaklanan tesis içi gürültünün azaltılması sağlanabilir. Uygulamanın yeni kurulacak tesislerde ve kurulu tesislerde uygulanmasında herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Ancak yeni kurulacak tesislerde titreşim ve gürültünün kaynağında (özellikle makine ve yer seçiminde düşünülmesi) önlenmesine yönelik uygulamalar ek kontrol maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Avrupa Komisyonu, 2001).

5.17. Katı Atıkların Yönetiminde MET Uygulamaları

5.17.1 Katı atıkların ayrı toplanması ve büyük hacimli veya geri dönüşümlü konteynerlerin kullanılması

Tesislerde üretim prosesleri, mal kabul, arıtma sistemleri, evsel kullanımlar vb. işlemler sonucunda farklı karakterde atıklar oluşmaktadır. Entegre atık yönetimi uygulamaları sayesinde bu atıkların çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri olabildiğince azaltılabilmektedir. Entegre atık yönetimi uygulamanın ilk adımı atık oluşumunun kaynağında önlenmesi ve oluşan atıkların kaynağında ayrı

toplanmasıdır (Mülga ÇOB, 2008). Atıkların kaynakta ayrı toplanması için her madde için yeterli miktarda konteyner tahsis edilmesi ve bunların amaçlarına uygun olarak kullanıldığının düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Tesis içerisinde oluşan atıkların kaynağında ayrı toplanması sağlıklı ve sürdürülebilir bir atık yönetiminin ön şartını oluşturmaktadır. Atıkların özelliklerine göre kaynağında ayrı toplanması, atıkların tesis içi veya tesis dışında yeniden kullanımını, geri kazanımını, geri dönüşümünü ve uygun yöntemlerle bertarafını mümkün kılan faktörlerden biridir. Atıkların kaynağında ayrı toplanması, atıkların birbirleriyle ve diğer zararlı ya da tehlikeli atıklarla kontaminasyonlarının azaltılmasını sağlamaktadır. Bu durum, atıkların değerli bir ürün olarak ekonomiye kazandırılmasında etkili sonuçlar vermektedir. Kontamine olmuş atıkların yeniden kullanım, geri kazanım ve geri dönüşüm potansiyeli daha düşüktür. Kontamine atıkların uygun alanlarda yeniden değerlendirilebilmesi için temizleme gibi ek işlemler gerekmekte ve özellikle tehlikeli atıklar ile kontamine atıkların bertaraf maliyetleri daha yüksek olmaktadır. Tesis içerisinde oluşan atıkların niteliklerine göre sınıflandırılması ve bir atık yönetimi prosedürü geliştirilmesi, oluşan atıkların ayrı biriktirilmesi, uygun alanlarda saklanması, yeniden değerlendirilebilecek değerli malzemelerin yeniden kullanımının sağlanması ve atıkların lisanslı kuruluşlar vasıtasıyla ekonomiye kazandırılması ya da bertarafı için uzaklaştırılmasının sağlanması gerekmektedir.

5.17.2 Atıkların asgari seviyeye indirilmesi için entegre tekniklerin ve operasyonel tekniklerin dâhili olarak kullanılması veya (dâhili veya harici olarak) özel geri dönüşüm proseslerinin uygulanması

Atıkların en aza indirilmesi için entegre atık yönetim sisteminin etkin ve operasyonel iyi yönetim teknikleri ile desteklenerek yapılandırılması gerekmektedir (Gürkaynak, ve diğerleri, 2012). Entegre (bütüncül) bir yapıda olan endüstriyel atık yönetim planı tehlikeli ve tehlikesiz atıkların oluşumundan bertarafına kadar sürdürülebilir çevre yönetimini desteklemektedir. Endüstriyel atık yönetim planlarının hazırlanmasında, atığın oluşmadan önce kaynağında önlenmesi, azaltılması, yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı ve bütün bu seçenekler tükendikten sonra uygun yöntemlerle bertarafının sağlanması göz önünde bulundurulmaktadır. Bu süreçte öncelikle atık oluşum noktalarının, miktar ve türlerinin tespit edilmesi gerekmektedir (CPS, 2012). Atık oluşumunun kaynağında önlenmesinin mümkün olduğu durumlarda uygun seçeneklerin değerlendirilerek (personel eğitimi, hammadde ya da proses değişimi, proses optimizasyonu, proses akımının değiştirilmesi, üretim planlamasının en az atık oluşacak şekilde yapılması vb.) gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Kaynakta önleme seçeneklerinin değerlendirilmesinin ardından oluşan atıklar için kaynakta ayrı toplama, atıkların karakterize edilerek tesis içi ya da tesis dışında (endüstriyel simbiyoz kapsamında) tekrar kullanım imkanlarının değerlendirilmesi, uygun teknik ve teknolojik uygulamalarla atıkların tümünün veya atıklar içerisinden ekonomik değere sahip bileşenlerin geri kazanılması gibi uygulamalar ile atık miktarlarının azaltımının sağlanması gerekmektedir. Tesis içerisinde oluşan atıkların yasal düzenlemelere de uygun olarak yapılan tesis içi atık sahalarında depolanması ve atık sahasında yaşanabilecek potansiyel olumsuzluklara karşı gerekli önlemlerin alınması ve kontrollerinin yapılması gerekmektedir. Tesis içerisinde geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkün olmayan atıkların lisanslı kuruluşlar vasıtasıyla tesisten uzaklaştırılması gerekmektedir.

5.17.3 Maya üretiminde özellikle ayırma ve döner vakum filtre atıklarının (vinas/şilempe) katı madde içeriğinin artırılması ile hayvan yemi olarak kullanımının sağlanması

Maya üretiminde fermantasyon prosesleri sonrasında santrifüjlü ayırma ve döner vakum filtrede filtrasyon işlemleriyle yeterli olgunluğa erişmiş olan maya hücreleri fermentör sıvılarından ayrılmaktadır. Maya ayırma ve filtrasyon işlemleri sonucunda oluşan atıksular yüksek organik madde yüküne ve renk içeriğine sahip olduğundan, söz konusu atıksuların konvansiyonel arıtma sistemlerinde arıtılması oldukça zordur. Evaporasyon ve membran filtrasyon sistemleri gibi arıtma sistemlerinin kullanılmasıyla söz konusu atıksularda bulunan organik maddeler ve rengin atıksu akımlarından ayrılması sağlanabilir. Ayrılan bu organik madde vinas olarak isimlendirilmekte olup, vinasın hayvan yemi ve organik gübre üretiminde kullanılması mümkündür. Ancak bazı durumlarda vinas içerisindeki yüksek tuz miktarı, hayvan yemi olarak kullanımı sınırlandırmaktadır. Vinasın organik gübre olarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde etkili sonuçlar verdiği birçok araştırmada gözlenmiştir (Fersiz, ve diğerleri, 2011). Vinasın atık olarak değil, ekonomik açıdan değerli bir yan ürün olarak değerlendirilmesi ve geri kazanılması atık miktarlarının azaltılması, çevrenin korunması ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir uygulama olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

Akdemir, S., Dalmış, S., Babacan, A. ve Cengiz, S. (2010). Hava Depolarında Enerji Tüketimi. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi (22-23 Eylül). Hatay.

Aksa, (2016). Aksa Akustik Resmi Web Sitesi. http://www.sesyalitim.com.tr/ adresinden alındı.

Alan, G. ve Tercan, M. (2013). Hava Filtrasyonu Amacıyla Kullanılan Tekstillerin Verimlilikleri ve Toz Tutma Kapasiteleri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(4), 179-186.

Alarko, (2006). Değişken Frekanslı Sürücü Teknolojisi-İşletme ve Uygulamalar. Hava Koşullandırma Grubu Teknik Bülteni. İstanbul.

Alsat, C. (2011). Aydınlatma Otomasyonu ve Enerji Tasarrufu Sistemleri. (E. M. Odası, Dü.) www.emo.org.tr: http://www.emo.org.tr/ekler/2a546c6b4e346c4_ek.pdf adresinden alındı.

Aslan, M. (2016). Membran Teknolojileri. Türkiye Çevre Koruma Vakfı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

Atgüden, A. ve Demir, F. (2011). İçme Sularının Ozonla Dezenfeksiyonu. 11. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, (2-5 Eylül).

Avrupa Komisyonu. (2001). Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanında Mevcut En İyi Tekniklerin Uygulanmasına İlişkin Kaynak Belge.

Avrupa Komisyonu. (2009). Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü (IPPC) Enerji Verimliliğine İlişkin En Uygun Teknikler Kaynak Belgesi.

Ayan, B. (2010). Kaynaklı İmalat Yapan İşletmelerde Uluslararası Sertifikasyon Sistemleri. Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Aydın, K. (2009). Ultraviyole Işınları ile Suların Dezenfeksiyonu. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 989-1004.

Aydın, M., Tor, A., Kara, G. ve Yıldız, S. (2005). Konya Yeraltısuyunda Dezenfeksiyon Yan Ürünleri.

Baladın, S. (2007). Maya Endüstrisi Atıksuyu Arıtımında Katalitik Yöntemler. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.

Balbaşı, M., Tosun, A., Tamirci, M. ve Ergun, M. (2014). Çeliğin Korozyon Potansiyeline Enzimatik Aktivitesinin Etkisi. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 29, No 2, 253-259.

Battimelli, A., Loisel, D., Garcia-Bernet, D., Carrer, H. ve Delgenes, J. (2010). Combined Ozone Pretreatment and Biological Processes for Removal of Colored and Biorefractory Compounds in Wastewater from Molasses Fermentation Industries. s. 968-975.

Bayless, L. (2010). Photocatalytic Oxidation of Volatile Organic Compounds for Indoor Air Applications. Adamson University, Manila Philippines, Master of Science. Kansas: Kansas State University Manhattan.

Beudeker, R., Van Dam, H., Van Der Plaat, J. ve Vellinga, K. (1990). Developments in Baker's Yeast Production. Yeast Biotechnology and Biocatalysis.

Bilgin, A. (2006). Kazanlarda Enerji Verimliliği. 95, s. 13-18.

Bilgin, A. (2011). Kazanlarda Enerji Verimliliği ve Emisyonlar. s. 59-65.

Blonskaja, V., Kamenev , I. ve Zub, S. (2006). Possibilities of Using Ozone for the Treatment of Wastewater from the Yeast Industry. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem. 55, 1, 29-39.

Bulut, H. (2011). Buhar Kazanları Ders Notları, Makina Mühendisliği Bölümü, Ders Notları.

Bulut, H. (2015). Soğutma ve Klima Tekniği Ders Notları. Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

Burkut, E. (1997). Buhar Kazan Besi Suyu Hazırlama Teknikleri İçinde Ters Osmos Cihazının Ekonomik Yeri. Makina Mühendisleri Odası.

Burkut, E. (2010). Buhar Sistemi Ekonomisinde Kazan Besi Suyu İletkenliğinin Önemi, Su Dünyası: Su ve Çevre Teknolojileri.

Caron, C. (1995). Commercial Production of Baker's Yeast and Wine Yeast. Biotechnology Set, Second Edition. içinde VCH Verlagsgesellschaft mbH.

Coşar, Ş. (2012). Toplu Çalışma Alanlarında Biyolojik Ajanlar ve Çalışan Üzerine Etkileri Önleme Yöntemleri, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

CPS. (2012). Atık Yönetimi Hakkında AB Müktesebat Rehberi. İstanbul.

Çakır, A. (2016). Havalandırma ve İklimlendirme Sistemlerinde Gürültü Kontrolü. 152, 5-26.

Çatak, E. (2004). Pnömatik Sistemlerde Basınçlı Havanın Hazırlanması. 81, 43-59.

Çilingiroğlu, K. (2001). HVAC Sisteminde Kullanılan Fanların Gürültü Bölgeleri ve Fan Seçiminde Göz Önüne Alınacak Hususlar. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

Çomaklı, K. ve Terhan, M. (2011). Sıcak Su Üretimi için Baca Gazı Atık Enerjisinin Kullanımı. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 124, 43-51.

ÇŞB. (2013). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Boyarmadde İçeren Atıksular için Deşarj Renk Standardının Belirlenmesi ve Arıtım Teknolojilerinin Araştırılması El Kitabı.. http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/ArTesOpYon adresinden alındı.

Debik, E., Manav, N. ve Çoşkun, T. (2008). Biyolojik Temel İşlemler Ders Notları. İstanbul.

Delipınar, Ş. (2007). Maya Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon ve Kimyasalkoagülasyon ile Arıtımı. Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli, Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Demir, H., Mobedi, M. ve Ülkü, S. (2005). Adsorpsiyonlu Isı Pompaları. (s. 535-545). VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

Demir, S. (2013). BOX-BEHNKEN Dizaynı ile Maya Endüstrisi Atıksularından Elde Edilen MAP'in Bitki Besin Elementi Alımı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.

Deren Kimya. (2016). Deren Kimya A.Ş. Resmi Web Sitesi. http://www.derenkimya.com.tr adresinden alındı.

Dinçer, F. (2011). Asenkron Motorlar Enerji Verimliliği Çalışmaları ve Pratik Yaklaşımlar. http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/asenkron-motorlarda-enerji-verimlilidi-calymalary-ve-pratik-yaklaymlar adresinden alındı.

Doğan, V. (1999). Isı Geri Kazanım ve Sudan Suya Isı Pompası Uygulaması. (s. 417-427). IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

DrYeast. (2016). DrYeast-World of Yeast : A Four Micron Cell, 6000 Years of Faith and A Giant Industry. http://www.dryeast.net/ adresinden alındı.

Duranoğlu, D. (2012). Sulfate Removal From Wastewater by Chemical Precipitation Method. Journal of Engineering and Natural Sciences, 30, s. 39-55.

Durukafa, D. (2014). Buhar Kazanları ve Sanayide İşletme Ekonomisi. İzmir: MMO İzmir Şubesi Endüstriyel Kazanlar Semineri.

EC. (2001). European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document Best Available Techiques (BAT) to Industrial Cooling Systems.

EC. (2003). European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document Best Available Techiques (BAT) for Textile Industry.

EC. (2006). European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document Best Available Techiques (BAT) in the Food, Drink and Milk Industries.

EC. (2009). European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document Best Available Techiques (BAT) for Energy Efficiency.

EC. (2012). European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document Best Available Techiques (BAT) for Iron and Steel Production.

Ekren, O. ve Küçüka, S. (2009). Scroll Tip Soğutma Kompresörüne Sıvı Girişinin Etkileri.

Emre, İ. (2007). Yarı Kesikli Fermantasyonda Besleme ve Havalandırma Profillerinin Optimizasyonu.

Ersahin, M., Dereli, R., Ozgun, H. ve Donmez, B. (2011). Source Based Characterization and Pollution Profile of a Baker's Yeast Industry. 543–548.

Ersöz, M. (2009). Baca Gazlarındaki Atık Isının Isı Borusu İle Geri Kazanımının Deneysel İncelenmesi. (s. 133-142). IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.

ETKB. (2016). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Doğru Seçim: Yüksek Verimli Motorlar. Enerji Verimliliği Bilgi Dağarcığı: Motor Sistemleri: http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/en_tasarrufu/uetm/Motor_Verimliligi_Brosuru.pdf adresinden alındı.

Fersiz, S., Veli, S., Türker, M. ve Dapaşan, L. (2011). Kompostlamada Vinasın Etkisi. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK11).

Frey, C. (1930). History and Development of The Modern Yeast Industry. Ind. Eng. Chem., s. 22, 11, 1154-1162.

Frey, C., Kirby, G. ve Schultz, A. (1936). Yeast: Physiology, Manufacture and Uses. Ind. Eng. Chem., s. 28, 8, 879-884.

Gengeç, E. (2012). Melanoidin ve Melanoidin İçeren Maya Endüstrisi Atıksularının Elektrokimyasal Arıtımı. Doktora Tezi. Kocaeli, Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Gengeç, E., Kobya, M., Demirbas, E., Akyol, A. ve Oktor, K. (2012). Optimization of Baker's Yeast Wastewater Using Response Surface Methodology by Electrocoagulation. Desalination, 286, s. 200–209.

Gerengi, H. ve Kurtay, M. (2013). Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Programında "Korozyon ve Korozyona Dayanıklı Malzemeler" Dersinin Zorunlu Olarak Okutulması. Electronic Journal of Vocational Colleges-UMYOS.

Ginestet, A., Pugnet, D., Rowley, J., Bull, K. ve Yeoman, H. (2005). Development of a New Photocatalytic Oxidation Air Filter for Aircraft Cabin. Indoor Air, 15, s. 326-334.

Gökçen, G. ve Özcan, N. (2007). Yoğuşmayan Gazların Jeotermal Santral Performansına Etkisi: Kızıldere Jeotermal Santrali, (s. 205-215), Jeotermal Enerji Semineri.

Greer, L., Keane, S., Lin, C. ve Meinert, J. (2013). Natural Resources Defense Council's 10 Best Practices for Textile Mills to Save Money and Reduce Pollution.

Gül, Ö. ve Beltir, V. (2015). Bir Ticari İşletmede Kullanılacak Kojenerasyon veya Tijenerasyon Sisteminin Ekonomik Analizi., (s. IV. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri). İzmir.

Gürel, L. ve Büyükgüngör, H. (2011). Atıksu Arıtımında Membran Biyoreaktörler. İTÜ Dergisi, 21(1), 13-23.

Gürel, S., Topçu, H., Şimşek, F. ve Ertürk, G. (1995). Buhar Kazanları Otomasyonu. II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongre ve Sergisi, (s. 487-499).

Gürkaynak, G., Aydın, B., Duman, M. ve Ortaç, Z. (2012). Atık Yönetimine ve Geri Dönüşümüne İlişkin İşbirliği Anlaşmalarının Rekabet Hukuku Bakımından Değerlendirilmesi. Rekabet Dergisi, 3-67.

Gürmen, S. ve Ebin, B. (2008). Nanopartiküller ve Üretim Yöntemleri-1, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası. Metalurji Dergisi, 31-38.

Hach, (2016). Optik ÇO Sensörleri Fermantasyon Yönetimini İyileştirir, Örnek Olay Çalışması: Fermantasyon Yönetiminin İyileştirilmesi.

Hasanbeigi, A. (2010). Energy-Efficiency Improvement Opportunities for The Textile Industry. China Energy Group Energy Analysis Department Environmental Energy Technologies Division. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 131.

Hayta, A. (2007). Çalışma Ortamı Koşullarının İşletme Verimliliği Üzerine Etkisi. Ticaret ve Turizm Fakültesi Dergisi, 1, 21-41.

Hızıroğlu, S. (2005). Yakma Yönetim ve Brülör Kontrol Sistemleri. (s. 63-7). Makina Mühendisleri Odası Doğal Gaz Seminerleri.

Ildırar, D. (2014). Maya Endüstrisi Atıksuyunun Ultrases ile Koyu Renginin Giderilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çorum: Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Işıkel, K. (1999). Sanayi Tesislerinde Gürültünün Önlenmesi ve Titreşim Kontrolü. (s. 353-371). IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

IZODER. (2016). İzoder Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği Resmi Web Sitesi. http://www.izoder.org.tr/dergilerimiz adresinden alındı.

Kahraman, T. ve Cesur, S. (2011). Şeker Endüstrisinde Enerjisinde Enerji Kullanımı Açısından Süreç İyileştirme Uygulamaları. (s. 1-12). 9. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi.

Kahyaoğlu, M. ve Konar, V. (2006). Şeker Fabrikası Atık Maddeleri Kullanılarak Pseudomonas Aeruginosa'dan Ramnolipit Biyosürfektanı Elde Edilmesi. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18(4), 493-498.

Kanoğlu, M. (2010). Enerji Verimliliği Örnek Projeleri. Makina Mühendisliği Bölümü. Gaziantep Üniversitesi.

Karakaya, N. ve Gönenç, İ. (2005). Alternatif Su Kaynakları. IGEM Portal: http://www.igemportal.org/Resim/Alternatif_Su_Kaynaklari adresinden alındı.

Karataş, M. (2013). Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği: Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması. Tesisat Mühendisliği, 132, 19-26.

Kayabek, C., Yıldırım, A. ve İnce, F. (2005). Açık Çevrimli Soğutma Sistemlerinde Bakım ve Dezenfeksiyon.

Keogh, A. (2004). Soğutucu Akışkan Seçimi ve Su Soğutma Grubu Tasarımı. Alarko Teknik Bülten(4).

Kilham, L. ve Dodd, R. (2001). The Application of Ozone for Air Treatment: Case Study of a Bingo Hall Hvac System. Proc. 14th Ozone World Congress, Deaborn MI, Stamford (s. 49-56). Intl. Oznone Assoc., Pan American Group.

Kılıç, M. ve Kestioğlu , K. (2008). Endüstriyel Atıksuların Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Kitiş, M., Yiğit, N., Köseoğlu, H. ve Bekaroğlu, Ş. (2009). Su ve Atıksu Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri, Arıtılmış Atıksuların Geri Kullanımı. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitimi Ders Notları, 63.

Kobya, M. ve Delipınar, S. (2008). Treatment of The Baker's Yeast Wastewater by Electrocoagulation. Journal of Hazardous Materials, 154, s. 1133–1140.

Koyun, T., Koyun, A. ve Acar, M. (2005). Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 88, s. 46-53.

Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Aydın, A., Alp, K. ve Arıkan, O. (2012). Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi. 553. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Kubilay, E. (2014). Bir Kojenerasyon Tesisi için Fizibilite Çalışması., (s. Enerji Yatırımları Fizibilite Hazırlanması Semineri). 29-31 Mart, Ankara.

Kürkçü, E. A., Arslan Tatar, Ç. P., Babaarslan, E., İlik, Ö., Şentürk, F., Tiryaki, B. ve Yaşaroğlu, C. B. (2011). Kimyasalların Güvenli Depolanması. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

Liang, Z., Wang, Y., Zhou, Y., Liu, H. ve Wu, Z. (2008). Variables Affecting Melanoidins Removal from Molasses Wastewater by Coagulation/Flocculation. Seperation and Purification Technology, 68, s. 382–389.

McCabe, W., Smith, J. ve Harriott , P. (1993). Operations of Chemical Engineering.

MEGEP. (2006). Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemlerinin Güçlendirilmesi Projesi. Gıda Teknolojisi: İşletmelerde Temizlik ve Dezenfeksiyon. Ankara.

MEGEP. (2011a). Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemlerinin Güçlendirilmesi Projesi. Çevre Sağlığı: Gürültü Kirliliği. Ankara.

MEGEP. (2011b). Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemlerinin Güçlendirilmesi Projesi. Elektrik-Elektronik Teknolojisi: Soğutma Sistemi Elemanları. Ankara.

Müezzinoğlu, A. (2014). Koku ve Kokunun Giderimi Sunumu. Çevre Mühendisleri Odası. İzmir.

Mülga ÇOB. (2008). T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012). Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

Naddeo, V., Landi, M., Belgiorno, V. ve Napoli, R. (2008). Wastewater Disinfection by Combination of Ultrasound and Ultraviolet Irradiation. Journal of Hazardous Materials, 168, s. 925-929.

New Zealand The Ministry for The Environment, (1997). Cleaner Production Guide for the Metal Product Industry.

Oğur, R., Tekbaş, Ö. ve Hasde, M. (2004). Klorlama Rehberi: İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması.

Onat, A., İmal, M. ve İnan, A. (2004). Soğutucu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkilerinin Araştırılması ve Alternatif Soğutucu Akışkanlar. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1), 32-38.

Öngen, B. (2009). Laboratuvarlarda DAS Uygulamaları. 6. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, (s. 361-386).

Özcan, A. (2006). Temiz Odalarda Hava Değişimi Sayısı ve Filtre Sınıfının Oda Klasına Etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Özdemir, K. ve Toröz, İ. (2010). İçme Suyu Kaynaklarında Klorlama Yan Ürünlerinin Diferansiyel UV Spektroskopi Yöntemi ile İzlenmesi. 59-69.

Özdeniz, D. (2015). Ofislerde Aydınlatma Otomasyonu. Elektrik Mühendisleri Odası, TMMOB: http://www.emo.org.tr/ekler/0d965fca19f20cc_ek.pdf adresinden alındı.

Öztürk, E. (2014). Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü ve Temiz Üretim Uygulamaları, Doktora Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 518. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi.

Pakmaya, (2016). Pakmaya Resmi Web Sitesi. http://www.pakmaya.com.tr adresinden alındı.

Parmaksızoğlu, C. ve Çeteci, Ö. (1999). Isı Değiştiricisi Tasarımı . IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongre ve Sergisi, (s. 135-147).

Pekaçar, M. (2013). ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi. Türkiye Mühendisler Mimarlar Odası Birliği. Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları.

Possidente, R., Roselli, C., Sasso, M. ve Sibilio, S. (2006). Experimental Analysis of Micro-Cogeneration Units Based on Reciprocating Internal Combustion Engine. Energy and Building(38), 1437-1422.

Pravadalıoğlu, S. (2011). Yerinde Enerji Üretiğmi-Kojenerasyon Sistemleri. II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi, 24-27 Kasım. İzmir.

Rahim, M. ve Gündüz, D. (2013). Gaz Türbinli Bir Isıl-Güç (Kojenerasyon) Çevrim Santrallerinin Enerji ve Ekserji Analizi: Ankara Şartlarında Uygulama. Türk Bilim Araştırma Vakfı, TUBAV Bilim Dergisi, 6(2), 19-27.

Rekabet Kurumu Başkanlığı. (2016). Rekabet Kurumu Başkanlığı 15.12.2014 tarih ve 14-52/903-411sayılı Rekabet Kurulu Kararı. http://www.rekabet.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fGerek%c3%a7eli+Kurul+Karar%c4%b1%2f14-52-903-411.pdf adresinden alındı.

Rose, A. V. (1993). Baker's Yeast, The Yeasts, Yeast Technology. Academic Press.

Salt, Y. ve Dinçer, S. (2006). An Option for Special Separation Operations: Membrane Processes. Journal of Engineering And Natural Sciences, s. 4.

Stone, C. (1998). Yeast Products in The Feed Industry. Iowa: Diamond V Mills, Inc. Cedar Rapids, 3-15.

Şahin, N. ve Manioğlu, G. (2011). Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması, Tesisat Mühendisliği, 125., (s. 21-32).

Şengül, F., Özer, A., Çatalkaya, E., Oktav, E., Evcil, H., Çolak, O. ve Sağer, Y. (2003). Zeytin Karasuyu Arıtımı Projesi: EBSO Projesi Kapsamındaki Zeytinyağı İşletmeleri İçin Durum Tespiti, Karasu Karakterizasyonu, Karasu Arıtılabilirlik Çalışmaları ve Sonuçları. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Tanık, A., Öztürk, İ. ve Cüceloğlu, G. (2005). Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri El Kitabı. Türkiye Belediyeler Birliği.

Teknofoam. (2016). Teknofoam İzolasyon San. ve Tic. A.Ş. Resmi Web Sitesi. https://sesizolasyonu.net/ adresinden alındı.

Terhan, M. ve Çomaklı, K. (2015). Baca Gazı Atık Isısı ile Kazan Yakma Havasının Ön Isıtılmasının Fizibilitesi. Mühendis ve Makine, 56(668), 56-63.

Topçu, S. (1999). Enerji Verimliliğinde Voltaj Optimizasyonunun Önemi ve Yüksek Hızlı Paralel Yedeklemeli Çözümler. IV. Tesisat Mühendisliği Kongresi. http://www.emo.org.tr/ekler/ef675efe0b9d36b_ek.pdf. adresinden alındı.

TTGV. (2011). Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. Sanayide Eko-Verimlilik (Temiz Üretim) Kılavuzu: Yöntemler ve Uygulamalar.

TÜİK. (2016a). Türkiye İstatistik Kurumu Sanayi Üretim İstatistikleri, NACE Rev2 Prodcom (PRODTR2010). https://biruni.tuik.gov.tr/sanayidagitimapp/sanayiuretim.zul adresinden alındı.

TÜİK. (2016b). Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri SITC Rev4 Sınıflandırmasına Göre Dış Ticaret. https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/disticaret.zul?param1=3&param2=0&sitcrev=4&isicrev=0&sayac=5807 adresinden alındı.

Türker, M. (2005). Biyoreaksiyon Mühendisliği. Su Vakfı Yayınları.

Türker, M. (2016). SANTEM Projesi Maya Sektörü Uzman Raporu. Kocaeli.

Türker, M., Kanarya, A., Yüzgec¸, U., Kapucu, H. ve Şenalp, Z. (2006). Drying of Baker's Yeast in Batch Fluidized Bed. Chemical Engineering and Processing, s. 45 (12), 1019–1028.

Türker, M., Karadağ, S., Işık, Y. ve Ertan, İ. (2015). Maya Endüstrisi Koku Problemi ve Çözümleri: Pakmaya Deneyimi. 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu (7-9 Ekim). İzmir.

Ulutepe, L. (1995). Havanın İçindeki Toz ve Filtrasyon Prensipleri ve Filtre Test Metodları. II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, (s. 15-27).

UNEP. (2002). United Nations Environment Programme. Changing Production Patterns: Learning From The Experience of National Cleaner Production Centres.

UNEP. (2004). United Nations Environment Programme. Guidance Manual How to Establish and Operate a Cleaner Production Centre.

UNIDO. (2008). United Nations Industrial Development Organization. The CP Concept: What is Cleaner Production?

USEPA. (1994). Environmental Proection Agency. Emission Factor Documentation for AP-42 Section 9.13.4, Yeast Production Final Report, EPA Contract No. 68-D2-0159. Washington, DC: United State

Uysal, Ü., Korkmaz, Y., Sözbir, N. ve Hırca, A. (2014). Gaz Türbini Kanatları Kanallarında Soğutma Performansının Araştırılması. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 27-34.

Uzun, S. (2011). Su Kalitesinin İyileştirilmesinde Ozon Kullanımı ve Kimyasal Etkileri . (105-113).

Ünal, T. (2011). Ekmek Mayası Endüstrisi Separasyon Prosesi Atıksularında Ozon ve Ozon/Hidrojen Peroksit Oksidasyonu ile Renk Giderimi. Yüksek Lisans Tez. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yaman, C. (2009). Siemens Gebze Tesisleri Yeşil Bina. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir.

Yangılar, F. ve Kabil, E. (2013). Süt ve Süt Ürünlerinde Bazı Isıl Olmayan Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1), 97-108.

Yener, A. (2008). Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, (s. 231-241).

Yılmaz, E. (2014). Maya Endüstrisi Atıksularının Ses Ötesi Dalgalarla Arıtılması. Yüksek Lisans Tezi. Çorum: Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yılmazer, E. (2015). Kaynak Verimliliği. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. http://www.tskb.com.tr/i/content/2553_1_TSKB_Kaynak%20Verimliligi.pdf adresinden alındı.