

**KOCAELİÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİMYEVİ GÜBRE FABRİKALARINDA ENERJİ VERİMLİĞİ  
VE VERİMLİLİK ARTTIRICI PROJELER(VAP)**

**ŞUAYP KARAKAŞ**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİMYEVİ GÜBRE FABRİKALARINDA**  
**ENERJİ VERİMLİĞİ VE VERİMLİLİK ARTTIRICI**  
**PROJELER(VAP)**

**ŞUAYP KARAKAŞ**

**Dr. Öğretim Üyesi Meral ALTINAY**  
**Danışman, Kocaeli Üniv.**

-----

**Dr. Öğretim Üyesi Selman ÇAĞMAN**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

-----

**Dr. Öğretim Üyesi Şükran EFE**  
**Jüri üyesi, Atatürk Üniv.**

-----

**Tezin Savunulduğu Tarih: 24/06/2021**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Enerji insan yaşamı ve toplum refahı için en vazgeçilmez girdilerden biri olup ülke politikalarını önemli seviyede etkilemektedir. Enerjide bağımsızlığın ve yerli kaynak potansiyelinin ülkelerin sürdürülebilir kalkınmaları için çok önemli olduğu günümüzde enerjide verimliliğin en önemli yerli kaynak olduğu tüm dünya ülkeleri tarafından kabul edilmiş bir gerçektir.

Tez çalışmamda bu gerçekten yola çıkarak kimyevi gübre sanayiinde enerji verimliliği konusu incelenmiştir. Kaizen ve Altı Sigma yöntem bilimleri kullanılarak yapılacak iyileştirme ve verimlilik artırıcı projeler neticesinde gübre ve benzer prosese sahip diğer sanayi kollarında önemli seviyede enerji tasarrufu sağlanabileceği sonucuna varılmaya çalışılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ne zaman ihtiyacım olsa bana zaman ayırıp değerli bilgilerini benimle paylaşan, bana destek verip cesaretlendiren kıymetli hocam, tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Meral ALTINAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimime başlamama vesile olan merhum Prof Dr. Durmuş KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bize bu güzel imkânları sunan, öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum Kocaeli üniversitesinin değerli yönetici ve çalışanlarına, çok değerli enerji sistemleri mühendisliği öğretim görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmama desteklerini esirgemeyen değerli iş arkadaşlarım Sayın İbrahim KABA, Sayın Ayhan SÖĞÜT ve Sayın Fatih ELİUSTA'ya teşekkür ederim.

Gübre Fabrikaları T.A.Ş iş hayatımda, her zaman yanımda olan sevgili çalışma arkadaşlarıma ve yüksek lisans eğitimi sürecinde bana her türlü kolaylığı sağlayan değerli yöneticilerime teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan fedakâr annem Şükran AKPINAR'a, eğitim hayatım boyunca bana hep destek olup yön gösteren dayım Dr.Ziyettin AKTAŞ'a, tüm kararlarımda yanımda olan eşim Sibel KARAKAŞ'a, ne zaman desteğe ihtiyacım olsa yanımda bulduğum kıymetli dostum ve sınıf arkadaşım Sn. Mehmet YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran – 2021

Şuayp KARAKAŞ

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
GİRİŞ .....	1
1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ ÇEŞİTLERİ.....	2
1.1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	4
1.1.1. Kömür .....	4
1.1.2. Doğalgaz.....	5
1.1.3. Petrol .....	6
1.1.4. Nükleer enerji.....	7
1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	8
2. ENERJİ YÖNETİMİ.....	11
2.1. Enerji Verimliliği ve Tasarruf.....	12
2.2. Türkiye'nin Enerji Tasarrufu Potansiyeli.....	14
2.3. Enerji Yoğunluğu .....	16
3. GÜBRE SANAYİ .....	18
3.1. Gübre Sanayii Genel Görünüm .....	18
3.2. Türkiye'de Tarım ve Gübre Sanayi .....	19
3.2.1. Türkiye'de gübre tüketimi, üretimi ve verimlilik.....	20
4. KİMYASAL GÜBRE ÜRETİMİNDE İŞLEM ANALİZİ .....	21
4.1 Kompoze Gübre Prosesi (AS-NPK) .....	21
4.1.1. Hammadde hazırlama ve besleme .....	23
4.1.2. Üretim .....	24
4.1.3. Toz tutma ve yıkama sistemleri.....	26
5. ÜRETİMDE KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TÜKETİMİ .....	28
5.1. Kaynak Verimliliği.....	28
5.2. Gübre Sanayinde Enerji Tüketimi.....	29
5.2.1. Kompoze gübre fabrikalarında enerji tüketimi.....	30
5.2.2. Enerji yoğunluğu hesabı .....	31
5.3. Enerji Kullanım Alanları .....	32
6. GÜBRE PROSESİNDE ENERJİ KAYIPLARININ BELİRLENMESİ .....	34
6.1. Ekipman Seçiminden Kaynaklanan Enerji Kayıpları .....	34
6.2. Gereksiz Çalışma Kayıpları .....	35
6.3. Yakma Sistem Kayıpları .....	35
6.4. Hat Kaçak Ve Kayıpları .....	36
6.5. Korozyon Kaynaklı Kayıplar.....	38
6.5.1. Sık görülen korozyon türleri ve önleme yolları.....	39
6.6. Döküntü ve Eksik Bakım Kaynaklı Kayıplar .....	40
7. PROSESTE ENERJİ VERİMLİLİĞİ .....	41

7.1. Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği .....	41
7.1.1. Elektrik motoru verimlilik sınıfları .....	42
7.1.3. Yüksek verimli motor yatırımı .....	44
7.1.4. Motor bakımı .....	44
7.2. Pompalarda Enerji Verimliliği .....	45
7.2.1. Kaviteasyon .....	47
7.3. Fanlarda Enerji Verimliliği .....	48
7.4. Buhar Sistemlerinde Enerji Verimliliği .....	49
7.4.1. Kazan dairesinde verimlilik .....	49
7.4.2. Buhar tesisatında verimlilik .....	50
7.5. Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği .....	52
7.6. Bakımda Verimlilik .....	53
7.7 Toplam üretken Bakım(TPM) .....	54
8. VERİMLİLİK ARTTIRICI PROJELER(VAP) .....	55
8.1. Proje 1 (Asit Transferinde Enerji Tasarrufu) .....	56
8.2. Proje 2 (NPK İşletmelerinde Enerji Tüketimlerinin Azaltılması) .....	60
8.2.1. Yapılan çalışmalar .....	66
8.2.2. Yapılacak çalışmalar .....	71
8.3. Gübre Sanayi Dünyadan Verimlilik Arttırıcı Proje Örnekleri .....	72
8.3.1. Örnek uygulama-1 .....	72
8.3.2. Örnek uygulama-2 .....	73
9. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	74
KAYNAKLAR .....	76
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	79
ÖZGEÇMİŞ .....	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerjinin tarihsel gelişimi .....	3
Şekil 1.2. 1990-2040 yılları kaynak bazında dünya enerji talebi .....	3
Şekil 1.3. Dünya Enerji İhtiyacının Karşılanması Kaynak Kullanım Oranı .....	4
Şekil 1.4. Türkiye YEK kurulu güç potansiyeli .....	10
Şekil 2.1. Enerji yönetim sistemi .....	11
Şekil 2.2. Türkiye Enerji Tasarruf Potansiyeli .....	14
Şekil 2.3. Binalarda enerji tüketim dağılımı .....	15
Şekil 2.4. Dünya ülkeleri enerji yoğunlukları .....	17
Şekil 4.1. Kompoze Gübre Üretim Aşamalar .....	22
Şekil 4.2. Kompoze Gübre Üretimi Proses Akış Şeması .....	22
Şekil 4.3. Bunkerler ve Kantarlar .....	23
Şekil 4.4. Üre Eriticisi .....	23
Şekil 4.5. Granüle Tamburu .....	24
Şekil 4.6. Kurutma Tamburu .....	24
Şekil 4.7. Proses Elekleri .....	25
Şekil 4.8. Akışkan Yataklı Soğutucu .....	25
Şekil 4.9. Kaplama Tamburu .....	26
Şekil 4.10. Siklon .....	27
Şekil 4.11. Yıkama Sistemi .....	27
Şekil 5.1. Enerji kaynaklarına göre amonyak üretiminin karşılaştırılması .....	29
Şekil 5.2. Üretim miktarı - ton başına enerji kullanımı ilişkisi .....	31
Şekil 5.3. Örnek bir NPK tesisinde elektrik enerjisi kullanım oranları .....	33
Şekil 5.4. Örnek bir NPK tesisinde doğalgaz kullanım oranları .....	33
Şekil 6.1. Altı Ton/h kapasiteli doğalgaz buhar kazanında verim kayıpları .....	36
Şekil 6.2. Vana ceketi uygulaması .....	37
Şekil 6.3. Çukureuk korozyon .....	39
Şekil 7.1. Örnek bir NPK üretim tesisinde motor güç dağılımları .....	41
Şekil 7.2. IEC elektrik motoru verimlilik limitleri .....	43
Şekil 7.3. Pompa ve sistem karakteristik eğrisi .....	46
Şekil 7.4. Pompalarda debi kontrolü .....	47
Şekil 7.5. Pompa emiş ağız tıkanıklığı .....	48
Şekil 7.6. Baca gazı sıcaklığının verime etkisi .....	50
Şekil 7.7. Buhar hattı dizaynı .....	51
Şekil 7.8. Kondenstop Montaj Şeması .....	51
Şekil 8.1. Balık kılıçığı analizi .....	57
Şekil 8.2. Proje taslağı .....	57
Şekil 8.3. Proje Öncesi Durum .....	58
Şekil 8.4. Proje Sonrası Durum .....	58
Şekil 8.5. Başlangıç durumu elektrik tüketimi .....	61
Şekil 8.6. Başlangıç durumu doğalgaz tüketimi .....	61
Şekil 8.7. Süreç şeması .....	63
Şekil 8.8. Sıcak havanın kaçtığı bölgeler .....	66
Şekil 8.9. Döküntü kaynaklı enerji kayıpları .....	67

Şekil 8.10. Yıllık elektrik tüketimlerinin karşılaştırılması.....	68
Şekil 8.11. Dönemsel tüketimlerin karşılaştırılması .....	68
Şekil 8.12. Elektrik enerjisi takibi.....	69
Şekil 8.13. Süreç kontrolü.....	71
Şekil 8.14. Yenilenebilir amonyak prosesi .....	72



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1	Yenilenebilir enerji kaynakları .....	9
Tablo 2.1	Enerji kaynaklarının TEP çevrim katsayıları .....	12
Tablo 3.1	Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı (%).....	20
Tablo 4.1	Üretilen Gübre Türüne Göre Hammaddeler .....	21
Tablo 5.1	Türkiye Gübre Üretiminde Maliyet Kalemleri .....	28
Tablo 5.2	Gübre türlerinin enerji gereksinimleri .....	30
Tablo 5.3	Enerji tüketimi hesabı (TEP) .....	31
Tablo 5.4	Temel kimyasal gübreler ve azot bileşenleri YİÜF fiyat endeksi .....	32
Tablo 5.5	Enerji yoğunluğu hesap tablosu.....	32
Tablo 7.1	Elektrik Motoru verimlilik sınıfları .....	42
Tablo 7.2	Basınç ve delik çapına göre hava kaçak miktarları .....	53
Tablo 8.1	1 No'lu proje beyanı .....	56
Tablo 8.2	1 No'lu proje ağaç diyagramı .....	57
Tablo 8.3	Aylık kazanç tablosu.....	59
Tablo 8.4	Kontrol Çizelgesi .....	59
Tablo 8.5	2 No'lu proje beyanı .....	60
Tablo 8.6	Müşterinin sesi çalışması .....	62
Tablo 8.7	Proje 2 ağaç diyagramı.....	62
Tablo 8.8	S.I.P.O.C. çalışması.....	63
Tablo 8.9	Paydaş analizi.....	64
Tablo 8.10	İletişim planı .....	65
Tablo 8.11	5N analizi .....	65
Tablo 8.12	Çalışma takip tablosu .....	67
Tablo 8.13	Proje öncesi-sonrası finansal analiz.....	69
Tablo 8.14	Dönemsel finansal karşılaştırma .....	70
Tablo 8.15	Finansal analiz.....	70
Tablo 8.16	Ha Bac gübre fabrikası verim arttırıcı proje uygulaması.....	73



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

E	: Enerji, (Joule, Nm)
$\eta$	: Verimlilik
N	: Azot
P	: Fosfat
K	: Potasyum
U	: Uranyum
Pu	: Plütonyum

### Kısaltmalar

BP	: British Petroleum
CEMEP	: European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics
DHS	:Değişken Hız Sürücüleri
EIA	: Amerikan Enerji Bilgi İdaresi
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GSMH	: Gayri Safi Milli Hâsıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla
GUID	: Gübre Üreticileri İth. ve İhr. Derneği
KWh	: Kilovatsaat
LNG	: Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)
MAPEG	: Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
MET	: Mevcut En İyi Teknikler
MMBtu	: Milyon British Thermal Unit
MW	: Megavat
NH3	: Amonyum
NPK	: Kompoze Gübre
NACE	: Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
Sm3	: Standart metreküp
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
IEC	: Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IP	: Uluslararası Koruma Sınıfı
UAN	: Üre Amonyum Nitrat
UEA / IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
VAP	: Verimlilik Arttırıcı Proje
v/g	:Varil/Gün
vpe	: Varil Petrol Eşdeğeri
vpe/g	:Varil Petrol Eşdeğeri/Gün

# KİMYEVİ GÜBRE FABRİKALARINDA ENERJİ VERİMLİĞİ VE VERİMLİLİK ARTTIRICI PROJELER(VAP)

## ÖZET

İnsanlık tarihi boyunca önemli konuma sahip olan enerji, sanayi devrimi ile birlikte önemini daha da arttırmıştır. Enerji; artan tüketime paralel olarak artan üretim, teknolojik gelişmeler sonucu makineleşme hızı, yaşam standartlarının yükselmesi ve rekabetçi üretim koşullarının getirmiş olduğu zorunluluklar ile birlikte sanayi ve konforlu yaşamın en önemli girdilerinden biri durumuna gelmiştir.

Dünyada ve ülkemizde sanayi, ekonomi ve nüfus hızlı bir şekilde büyümektedir. Bu büyümeye paralel olarak enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Enerji fiyatları dünyadaki politik gelişmelerin etkisiyle sürekli yükselmekte, yenilenemeyen enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Ülkeler bir taraftan ihtiyaç duydukları enerjiyi alternatif kaynaklardan kesintisiz, ucuz ve güvenli olarak elde edebilmek için çeşitli politikalar geliştirmekte; diğer taraftan enerji kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkilerini ve havaya salınan sera gazlarını azaltmaya çalışmaktadır. Bu nedenlerle enerjinin iyi yönetilerek verimli kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarının Türkiye ve dünyadaki görünümüne değinilmiştir. Enerjide önemli seviyede dışa bağımlı olan Türkiye'nin en ucuz kaynak olan enerji verimliliği konusuna önem vererek enerji yoğunluğunu düşürmesi gerektiği vurgulanmıştır. Türkiye'de faaliyet gösteren bazı gübre üretim tesislerinin üretimleri ve proses akışları incelenmiştir. Gübre sanayinde kaynak verimliliği, enerji kayıpları, süreç verimliliği konularında çalışmalar yapılmış ve enerji tasarruf potansiyeli hesap edilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca gübre sanayinde enerjinin verimli kullanılmasına yönelik verimlilik artırıcı proje çalışmaları 6 sigma ve kaizen yöntem bilimleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan iyileştirme çalışmaları ve verimlilik artırıcı projeler ile enerjinin daha verimli kullanılarak enerji yoğunluğunun düşürülmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonunda enerjinin iyi yönetilmesiyle fabrikaların ürün miktar ve kalitesinden ödün vermeden önemli miktarda enerji tasarrufu yapılabileceği görülmüştür. Çalışmanın bir diğer çıktısı olarak da bakım maliyetlerinin düştüğü, ekipman verimli kullanım ömürlerinin arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Bakım, Enerji, Enerji Verimliliği, Gübre Fabrikaları, Verimlilik Arttırıcı Projeler.

## **ENERGY EFFICIENCY IN CHEMICAL FERTILIZER FACTORIES AND EFFICIENCY INCREASING PROJECT**

### **ABSTRACT**

Energy, which has an important place throughout the history of humanity, has increased its importance with the industrial revolution. Energy; Increasing production in parallel with increasing consumption, with technological developments, mechanization speed and rising living standards has become one of the most important inputs of industry and comfortable life.

Industry, economy and population are growing rapidly in the world and in our country. In parallel with this growth, the energy need is constantly increasing. Energy prices are constantly rising with the effect of political developments in the world, and non-renewable energy resources are rapidly depleted. On the one hand, countries develop various policies in order to obtain the energy they need from alternative sources uninterruptedly, cheaply and safely; On the other hand, it tries to reduce the negative effects of energy use on the environment and greenhouse gases released into the air. For these reasons, good management and efficient use of energy is of great importance. In this study, energy resources and the appearance of these energy resources in Turkey and in the world are mentioned. Turkey is heavily dependent on imports for energy. For this reason, the importance of energy efficiency, which is the cheapest resource for Turkey, is mentioned. It was emphasized that Turkey should reduce its energy intensity. Production and process flows of some fertilizer production facilities operating in Turkey were examined. Investigations were made on resource efficiency, energy losses and process efficiency in the fertilizer industry and the energy saving potential was calculated.

In this study, productivity-enhancing project studies for efficient use of energy in the fertilizer industry were carried out using 6 sigma and kaizen methodologies. With the improvement studies, it is aimed to reduce the energy density by using the energy more efficiently. At the end of the study, it was seen that by managing energy well, factories can save a significant amount of energy without sacrificing product quantity and quality. As another output of the study, it was seen that the maintenance costs decreased and the productive life of the equipment increased.

**Keywords:** Maintenance, Energy, Energy Efficiency, Fertilizer Plants, Productivity-Enhancing Projects.

## GİRİŞ

Türkçesi “Erke” olan enerjiyi; kısaca iş yapabilme, ısıtabilme ve soğutabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [1]. Enerji; nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojinin hızlı ilerlemesi ile paralel olarak önemini arttırmıştır. Özellikle sanayi devrimi sonrasındaki süreçte insan gücüne dayanan basit makinelerin yerini daha karmaşık ve daha çok enerjiye gereksinim duyan makinelerin alması, üretimin çeşitlenmesi ve artması enerjiye olan talebi arttırmıştır. İnsanların ihtiyaçlarının çeşitlenmesi ve konfor da enerjiyi sosyal yaşamın en önemli unsurlarından biri durumuna getirmiştir.

Enerjiye olan ihtiyacın artmasıyla, enerji kaynakları büyük önem kazanmıştır. Bir ülkenin kalkınması, gelişmesi ve bu gelişmeyi devam ettirebilmesi için ekonomik, kesintisiz ve kaliteli enerji temini önem arz etmektedir. Enerji aynı zamanda önemli bir gelişmişlik ölçütüdür. Kişi başına tüketilen enerji miktarı ülkelerin gelişmişlik seviyesinin ve ekonomik büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılan en önemli göstergelerdendir. Dünyadaki enerji kaynakları sınırlıdır ve bu kaynakların zamanla insan ihtiyaçlarını karşılayamayacak düzeye gelecek olması yadsınamaz bir gerçektir. Bu durum toplumları bir enerji yarışı içine sokmakta ve enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmaların değerini arttırmaktadır. Özellikle Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı olup gelişmesine paralel olarak enerji ihtiyacı sürekli artan ülkelerin sorunlarının çözümü yerli kaynak kullanımı ve enerji verimliliğini esas alan politikalar geliştirmekten geçmektedir [2].

Bu çalışmamda enerjiyi iyi yönetmenin ve buna bağlı olarak enerji verimliliğinin önemine vurgu yapılacaktır. Kimyevi gübre tesislerinde enerjinin daha verimli kullanılabilmesi için yapılacak iyileştirme çalışmalarının enerji tasarrufu ve birim üretim maliyetinin aşağıya çekilmesi hususunda sağlayacağı katkı incelenecektir. Bu tez çalışmasının diğer bir amacı da enerjinin daha verimli kullanılmasıyla bakım sürelerinde, bakım maliyetlerinde ve ekipman ömründe yaşanacak değişimin incelenmesidir.

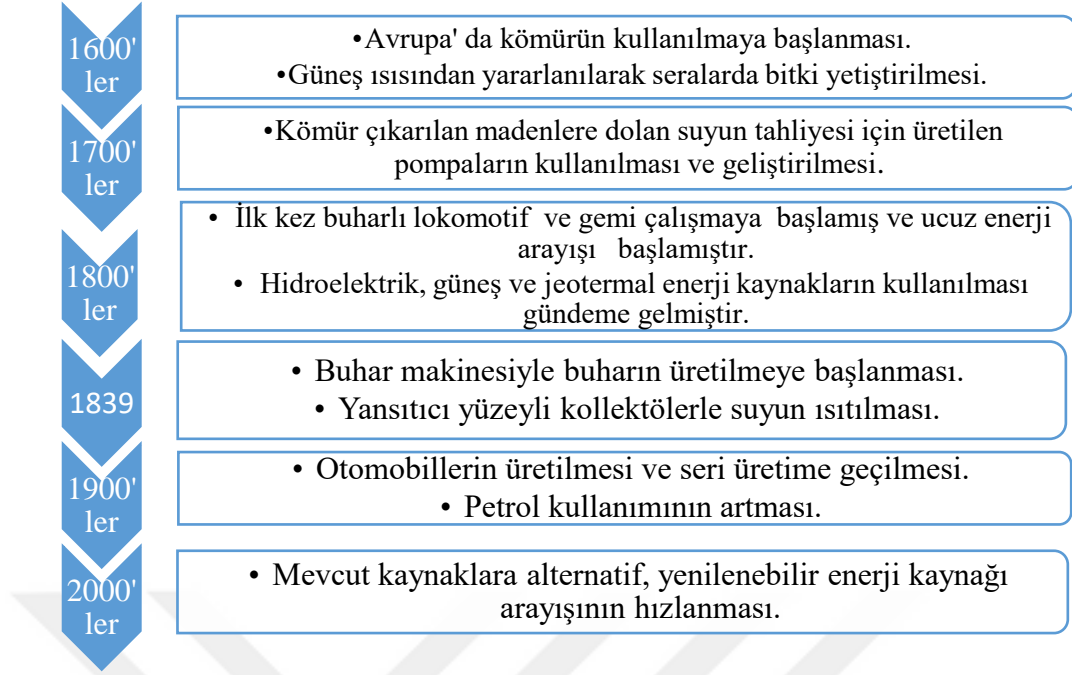
## 1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ ÇEŞİTLERİ

Bir hareket oluşturup sonrasında bu hareketi işe dönüştürebilmek, ısıtabilmek ve soğutabilmek için enerji gereklidir. Sosyal yaşantımızda ve evlerimizde çeşitli ihtiyaçlarımız karşılamak için kullandığımız makinaların çalışması, aydınlanma, ısınma gibi zorunlu ihtiyaçlarımız için belirli miktarda enerjiye ihtiyacımız vardır. İnsani ihtiyaçların yanında üretim ve sanayide de enerji temel girdilerin başında yer almakta olup vazgeçilmez bir gerekliliktir. Enerji; üretimin devamlılığı, toplumsal refahın ve yaşam kalitesinin artırılması, ekonomik bağımsızlık ve kalkınmanın sağlanabilmesi için gerekli olan en önemli kaynaklardan biridir.

İlk olarak ateşin aydınlatma ve ısıtma için kullanılmasıyla başlayan enerji kullanımı, insanların yel değirmenlerini çalıştırmak için rüzgârı kullanmalarıyla devam etmiştir. İnsanlık medeniyetinin ilk zamanlarında ekonomik faaliyetler insan emeği ve tarıma bağılıken endüstri devrimi ile insan emeğinin yerini makineler almaya başlamıştır. Zamanla makineleşmenin giderek artması, enerjiye olan gereksinimi arttırmıştır. Sanayileşmeyle beraber sosyal yaşam ve ekonomik faaliyetler çeşitlenmiş, kentleşme hızlanmış ve enerji tüketimi ivme kazanarak artmıştır.

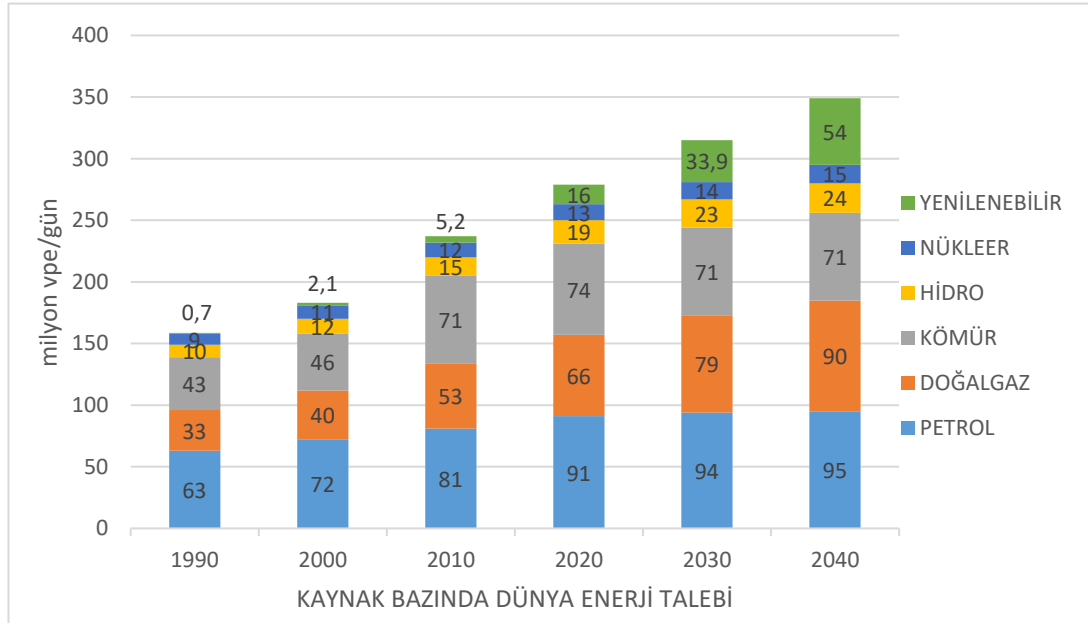
Enerji ihtiyacını gidermek için doğada var olan petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil kökenli enerji kaynakları kullanılmıştır. Yenilenemeyen kaynakların yoğun kullanımı rezervlerin giderek azalmasına ve çevresel sorunlara sebep olmuştur. Bu kaynakların rezerv miktarlarının kısıtlı oluşu ve doğayı olumsuz etkilemesi, ülkeleri enerji politikasında değişik yapılmayı zorlamış ve buna bağlı olarak son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin çalışmalar artmıştır.

Ayrıca tarih içinde yeni enerji çeşitlerinin ortaya çıkması üretim ve tüketim sürecini etkilemiş enerjinin kullanım alanlarını genişletmiştir. Gelişmenin sonucunda da makineleşme artmış ve enerjiyi daha ucuz kullanabilme yolları aranmaya başlanmıştır. Enerjinin tarihsel gelişimi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Enerjinin tarihsel gelişimi

Dünya enerji tüketiminin hızla artıyor olması, enerji talebinin de aynı hızla artacağını göstermektedir. Daha çevreci ve yerli kaynak olan yenilenebilir enerjinin ilerleyen süreçte önemini artırarak kullanım payının ivmeli bir şekilde artacağı hesap edilmektedir. Şekil 1.2'de kaynak bazında enerji talep artışı gösterilmiştir.

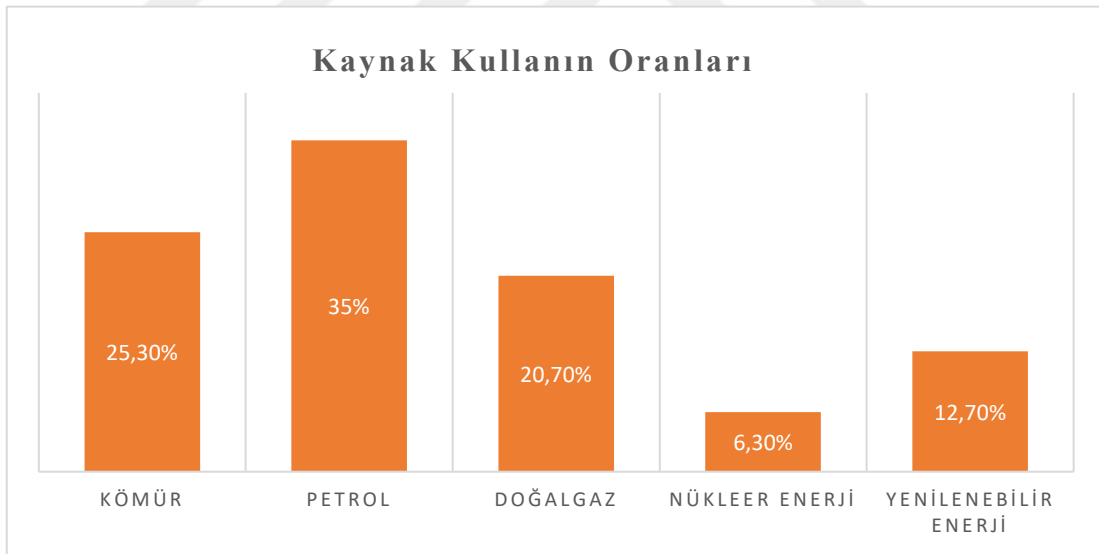


Şekil 1.2. 1990-2040 yılları kaynak bazında dünya enerji talebi [3]

## 1.1 . Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Hayvan ve bitki atıkların uzun yıllar süren kimyasal dönüşümleri sonucu oluşmuş kükürtlü, azotlu, karbonlu bir yapıya sahip enerji kaynaklarıdır. Yeni kaynakların bulunmasıyla çoğaltılabilir fakat sonuçta sürdürülebilir olmayan ve tükenen enerji kaynaklarıdır. Fosil kaynaklar olan kömür, petrol, doğalgaz ve türevleri ile plütonyum-239 ( $^{239}\text{Pu}$ ), uranyum-235 ( $^{235}\text{U}$ ) gibi radyoaktif maddeler en bilinen yenilenemez enerji kaynaklarıdır.

Dünya nüfusunun 2040 yılına geldiğimizde 1,6 milyarlık bir artış ile 9 milyar seviyesine ulaşması beklenmektedir. Bu durum, daha fazla insana enerji arzı sağlanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Dünya enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenemeyen enerji kaynakları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte rezervlerin tükenmesi, politik gelişmeler, enerjide tekelleşme, küresel ısınma, çevrenin korunması, karbon yayılımı gibi hususlar sebebiyle dünya enerji tüketimi fosil yakıtlardan uzaklaşma eğilimindedir. Enerji kaynaklarının kullanım oranı Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Dünya Enerji İhtiyacının Karşılanması Kaynak Kullanım Oranı

### 1.1.1 Kömür

Bitki kökenli bir maden olan kömür; milyonlarca yıllık bir süreçte bitkilerin sıcaklık ve basıncın etkisiyle bozunmaları sonucu oluşmuştur. Ana elementi Karbon (C), olan kömürün diğer elementleri Hidrojen (H), Oksijen (O), Kükürt (S) ve Azot (N) tur.

Dünyanın en eski madenlerinden olan kömürleri, organik olgunluklarına göre Turba, Linyit, Taş Kömürü, Antrasit ve Grafit olarak çeşitlendirebiliriz.

Kömür özellikle sanayi devrimi sonrasında önemini arttırmış ve en çok kullanılan enerji kaynaklarından biri durumuna gelmiştir. Yenilenemeyen enerji kaynakları arasında geniş dağılıma ve en yüksek rezerve sahip olan kömürün önümüzdeki yıllarda daha da önem kazanacağı hesap edilmektedir. Yapılan araştırma ve buluşlar dünyadaki kömür rezervinin 909 milyar ton olduğunu göstermektedir. Mevcut üretim seviyesinde küresel kömür rezervlerinin yaklaşık 135 yıl ömrünün kaldığı hesaplanmaktadır. [4] Dünyada en fazla kömür rezervine %27.6 payla ABD sahip olup ABD'yi %18.2 lik payla Rusya ve %13,3 lük payla Çin izlemektedir. Dünya kömür üretimi ve tüketiminde Çin ilk sırada yer almaktadır. [5] Türkiye'nin toplam kömür rezervi 19.3 milyar ton olup bu miktar dünya kömür rezervinin yaklaşık % 2.1' ine karşılık gelmektedir. Türkiye kömür üretimi yaklaşık 83.9 milyon tondur.

Kömürler çeşitlerine ve kalitelerine göre farklı kullanım alanlarına sahiptir. Dünya elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı Türkiye'nin elektrik üretiminin %37'si termik santrallerde kullanılan kömürlerden elde edilmektedir. Kömür ayrıca endüstride buhar üretiminde, demir-çelik ve çimento sanayiinde ve ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye kömür ithal eden bir ülkedir. Türkiye enerji arzının %17 si ithal kömürden %12lik kısmı yerli kömürden sağlanmaktadır.

### **1.1.2 Doğalgaz**

Bir petrol türevi olan doğalgaz; organik maddelerin yeryüzünün alt katmanlarında uzun yıllar boyunca ayrışması sonucu oluşmuş fosil kaynaklı, renksiz, kokusuz bir gaz karışımıdır. Hidrokarbon bileşiklerinden oluşan doğalgazın %70-90'ı Metan (CH<sub>4</sub>), diğer bileşenleri ise Etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), Propan(C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), Bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Azot (N<sub>2</sub>), Helyum(He) ve Hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) gibi hidrokarbonlardır. Havadan hafif bir gaz olan doğalgaz zehirli değildir, bir ortamda çok bulunursa oksijen azalmasına bağlı olarak boğulmaya sebep olabilir. Doğalgaz genellikle kaçak durumunda kolay fark edilebilmesi amacıyla kokulandırılır.

Doğalgazı oluşturan hidrokarbon bileşikleri, aynı zamanda petrolün de bileşenleridir. Doğal gaz geçmişte petrol üretimi esnasında ortaya çıkan yararsız bir atık olarak görülmüş ve petrol üretim tesislerinde yakılarak uzaklaştırılmıştır. Taşınması,



depolanması, kullanım kolaylığı, yandığında kül ve kükürt bileşenleri bırakmaması gibi avantajları kullanımını arttırmıştır. Doğalgazın önemi ikinci dünya savaşı sonrasında iyice artmaya başlamış olup 1973 Petrol Krizi'nin ardından tüm dünyada yaygın kullanılan değerli ve stratejik bir enerji konumuna getirmiştir.

Dünya üzerinde kanıtlanmış doğalgaz rezervi 206,205 trilyon metreküp olup bu rezervin yaklaşık 70 yıllık ömre karşılık geldiği tahmin edilmektedir. En büyük doğalgaz rezervine sahip ülke 50,28 trilyon metreküple Rusya'dır. Rusya'dan sonra en fazla rezerve sahip ülkeler 33,98 trilyon metreküplük rezervle İran, 23,83 trilyon metreküp rezervle Katar ve 14,25 trilyon metreküplük rezerviyle ABD'dir[6]. ABD rezerv açısından dördüncü sırada olmasına rağmen en fazla doğalgaz üretimi yapan ülkedir. Türkiye'nin doğalgaz rezervi son keşifle birlikte 405 milyar metreküpe yükselmiştir. Yıllık ortalama tüketiminin 40-45 milyar metreküp olduğu Türkiye'de toplam rezerv 9 yıllık ihtiyaca karşılık gelmektedir. Türkiye'nin doğalgaz üretimi yaklaşık 480 milyon metreküp olup bu tüketimin %1'lik kısmına denk gelmektedir. Türkiye %99'unu ithal ettiği 45 milyar metreküplük iç tüketiminin, 14,5 milyar metreküplük kısmı konuta, 12,4 milyarı sanayiye, 11,2 milyarı elektrik üretimine ve 6,8 milyarı ise diğer alanlara(motor yakıtı, yapıştırıcı üretimi, gübre üretim...vb) gidiyor. İthal edilen doğal gaz için yıllık ortalama 12-13 milyar dolar ödeme yapılmakta olup bu durum ülkemizin dış ticaret açığının artmasına sebep olmaktadır.

### **1.1.3 Petrol**

Yanıcı mineral bir yağ olan petrol; taş yağı (petra oleum) olarak da adlandırılmakta olup sudan yoğun kıvamda, kendine özgü kokulu, koyu renkli, katı sıvı ve gaz halindeki hidrokarbonlardan oluşmuş bir enerji kaynağıdır. Petrolün oluşumu doğalgaz ve kömür ile benzerlik göstermekte olup milyonlarca yıl önce ölen canlıların yüksek basınç ve sıcaklığın etkisi altında başkalaşmasıyla oluşmuştur. Karbon oranı yüksek organik maddeden (kerojen) kömür, hidrojen oranı yüksek ise organik maddeden (kerojen) doğalgaz ve petrol oluşmaktadır. Yalın bir formülü olmayan petrol içerisinde hidrojen, karbon ve az miktarda oksijen, nitrojen ve kükürt bulunur. Petrol; özellikle ulaştırmanın temel enerji kaynağı olup, sanayi, enerji, konut ve tarım alanlarında yoğun olarak kullanılan en önemli birinci kaynak konumundadır.

Dünya üzerinde kanıtlanmış petrol rezervi 1.703 milyar varil olup en yüksek rezerve sahip üç ülke ülkeler Venezuela(300.9 milyar varil), Suudi Arabistan(266.5 varil) ve Kanada(169.7 varil) şeklinde sıralanmaktadır. Dünya günlük petrol üretiminde ABD 17 milyon 45 bin varil üretimle(%17.9 pay) ilk sırada bulunmaktadır. ABD'yi 11.9 milyon varille(%12.4 pay) Suudi Arabistan ve 11.5 milyon varille(%12.1pay) Rusya izlemektedir. Günlük enerji tüketiminde ABD 19.4 milyon varille(%19.7 pay) ilk sırada yer alırken Çin 14 milyon varillik tüketimle ikinci sırada(%14.3) ve 5.2 milyon varillik tüketimle(%5.4) Hindistan üçüncü sırada yer almaktadır.[7]

Türkiye'nin ham petrol rezervi 2020 yılı verilerine göre 388 milyon varil olup günlük üretim 55 bin varil civarında gerçekleşmektedir. Türkiye'nin petrol üretiminin tüketimi karşılama oranı %8 dir. Türkiye petrol açığını karşılayabilmek için ithalat yapmaktadır. Türkiye rezerv açısından en büyük paya sahip Orta Doğu, Orta Asya ve Hazar bölgesinde bulunan ülkelerin ürettiği petrolü uluslararası pazarlara ulaştırabilmesi için jeopolitik öneme sahip bir coğrafyada bulunmaktadır. Türkiye enerji taşıma projelerini geliştirerek enerjiyi ihtiyacını ucuz, kesintisiz, arz güvenliğini ve sürekliliğini sağlayacak şekilde elde edebilme çalışmalarını sürdürmelidir.

#### **1.1.4 Nükleer enerji**

Nükleer enerji; özel üretilmiş reaktörlerde uranyum ya da plütonyum gibi bazı atomların çekirdeklerinin nötron bombardımanına tutulmaları sonucu atom çekirdeklerinin kararsız bir yapıya bürünüp bölünmeleri sonucu açığa çıkan enerjiye denir. Bu bölünme sonucu yeni nötronlar açığa çıkmakta ve bunlar başka çekirdeğe çarparak zincirleme bir reaksiyon oluşturmaktadır. Nükleer santrallerde atom çekirdek bölünmeler sonucu ortaya çıkan yüksek ısı suyun kızgın buhar haline dönüşmesinde kullanılır. Yüksek basınçlı kızgın buhar türbinler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik üretimi yapılmış olur

Uranyum 'un 1879 yılında keşfedilmesi ile başlayan süreç 1934 yılında atomun parçalanmasıyla devam etmiş ve bunu önce askeri savunma alanındaki gelişmeler sonrasında ise ticari gelişmeler takip etmiştir. İlk nükleer enerji santrali 1954 yılında Sovyetler Birliği döneminde çalışmaya başlayan Obninsk santrali olmuştur. 1970 petrol krizi teknolojik altyapısı yeterli seviyede olup petrol ve diğer fosil kaynaklar açısından yeterli rezerve sahip olmayan ülkelerin nükleer enerjiye olan ilgisini

arttırmıştır. ABD Three Mile Island ve Sovyet Rusya Çernobil kazaları nükleer santrallerin kurulum hızında yavaşlama yaşanmasına sebep olsa da ucuzluk, sürdürülebilirlik, meteorolojik şartlardan etkilenmeme, sera gazı salınımının olmaması, diğer santrallere göre daha küçük kurulum alanı, yakıt maliyeti gibi avantajları santrallerin kurulumunun hızla devam etmesini sağlamıştır.

Dünya genelinde 31 ülkede 454 nükleer reaktör işletmede olup bu reaktörlerde üretilen elektrik dünya elektrik üretiminin %11 'ne karşılık gelmektedir. ABD elektrik ihtiyacının %20'sini Avrupa birliği ise elektrik ihtiyacının %30'unu nükleer enerji santrallerinden karşılamaktadır.

Türkiye'nin Rusya ile 2010 yılında yapılan anlaşmayla Mersin Akkuyu bölgesinde inşası devam etmekte olan nükleer enerji santrali projesi bulunmaktadır. 1200 MW kapasiteli 4 güç ünitesinden oluşacak santral yılda yaklaşık 35 milyar kWh (kilovat saat) elektrik enerjisi üretilecektir. 2013 yılında Japonya ile Sinop'a nükleer santral kurulması için anlaşma imzalanmış olup bu konuda çalışmalar devam etmektedir.

Türkiye 2025 yılına kadar elektrik ihtiyacının % 5'ini nükleer enerjiden sağlamayı hedeflemektedir

## **1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Fosil kaynaklar sanayi devrimi sonrası katlanarak artan enerji talebinin etkisiyle hızla tükenmeye başlamıştır. Artan enerji talebinin yanında 2. Dünya savaşı ve sonrasında ortaya çıkan 1974 petrol krizi ülke ekonomilerini ve enerji politikalarını önemli seviyede etkilemiştir.

Ülkeler enerji taleplerini karşılayabilmek için farklı enerji kaynaklarını değerlendirmeye yönelik çalışmalar ve yatırımlar artmaya başlamıştır. Fosil yakıtların hızlı fiyat artışı, taşınma sorunu ve çevresel sorunlar ülkelerin yenilenebilir enerjiye yönelmelerinde önemli rol oynamıştır.

Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan elde edilen ve sürekli devam eden doğal süreçler neticesinde takviye edilebilen enerjidir. Diğer enerji kaynaklarından farklı olarak sonlu olmayıp hiç tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, jeotermal, okyanus(gel-git) ve biokütle enerjisi olarak sıralanabilir. Temiz olmaları, yerli olmaları, yakıt, güvenlik, işletme ve atık

maliyetlerinin düşük olması, enerjide ülkenin dışa bağımlılığını azaltmaları ve yakıt tekellerinin kırılmasını sağlamaları yenilenebilir enerjiyi değerli kılan özelliklerdir. Konvansiyonel yakıtlara göre verimlerinin düşük olması, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, teknolojik gelişim konusunda yeterli desteği tam alamaması ise yaygınlaşmasının önündeki dezavantajlardır.

Yenilenebilir enerji üretiminde Çin (732,3 TWh) lider konumda olup Çin'i ABD (489,8 TWh), Almanya 224,1 (TWh), Hindistan 134,9 (TWh) ve Japonya (121,2 TWh) izlemektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimindeki artış diğer kaynaklardaki artıştan fazla olup küresel elektrik üretiminin yaklaşık %26'sı yenilenebilir enerjiden sağlanmaktadır[8]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji 2019 yılında %41 oranında bir artış göstermiş olup yenilenebilir enerji kaynakların üretilen enerji miktarı ilk defa nükleer enerjiyi geçmiştir[9]. Yenilenebilir enerji; ısıtma, soğutma ve ulaştırma sektörlerinde çok daha az bir büyüme kaydetti; bu durum, güçlü politika desteği olmamasından ve yeni teknolojilerdeki yavaş gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Var olan politik, ekonomik ve teknik problemlerin minimize edilmesi durumunda yenilenebilir enerjinin 21. Yüzyılın en önemli enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları Tablo 1.1'de sunulmuştur.

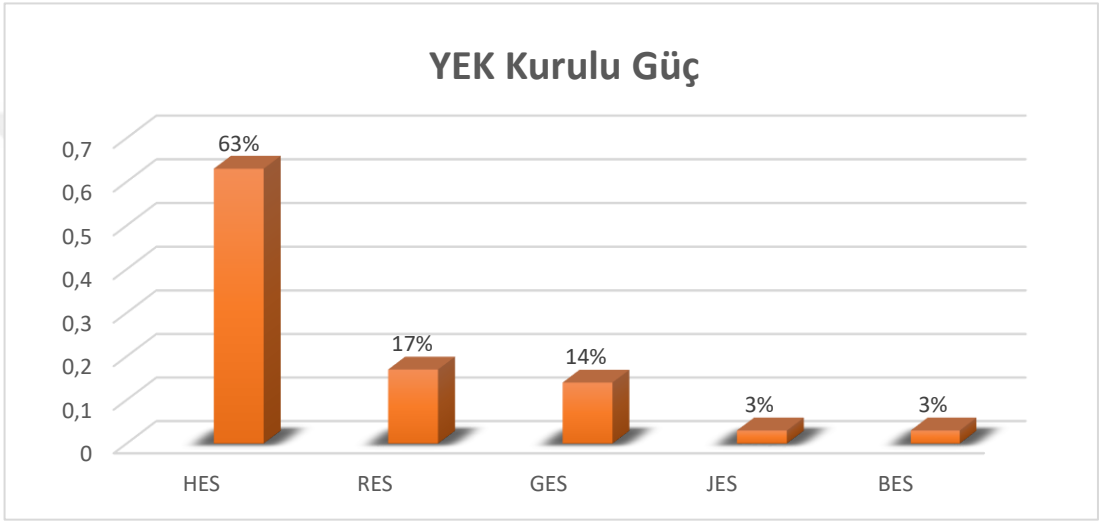
Tablo 1.1 Yenilenebilir enerji kaynakları

	<b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları</b>	<b>Kaynak</b>
<b>1</b>	Hidrolik Enerji	Nehirler
<b>2</b>	Güneş Enerjisi	Güneş
<b>3</b>	Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
<b>4</b>	Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
<b>5</b>	Jeotermal enerji	Yer Altı Sıcak Suları
<b>6</b>	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler

Türkiye'nin petrol ve doğalgaz başta olmak üzere yenilenemeyen enerji kaynaklarında dışa bağımlı olması ekonomisini baskılamakta ve dış ticaret açığı vermesine neden olmaktadır. Oysa Türkiye başta hidrolik enerji olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir coğrafyaya sahiptir. Günümüz teknolojisi ile bu kaynakların enerji üretiminde kullanılması mümkün olup cari açık, enerjide dışa bağımlılık ve iklim değişikliği ile mücadele konularında hedefe ulaşmak için hayati önem taşımaktadır.

Türkiye'nin enerji kullanımında yenilenebilir enerjinin payı %6,5 olup elektrik üretiminde ki payı %24'tür. Türkiye'nin 2023 yılı hedefi yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının %30'a çıkarılmasıdır[10]. 2013 yılında 25,6 GW olan Türkiye YEK dayalı kurulu gücü yıllık ortalama %10 artarak 2020 yılı itibarıyla yaklaşık 46 GW düzeyine ulaşmıştır.

Mevcut durumda Türkiye'nin hidroelektrik kapasitesi 28 bin 503 MW, rüzgâr enerjisi 7 bin 591 MW, güneş enerjisi 5 bin 996MW, biyoenerji 983 MW, biyogaz 534 MW, jeotermal 1515 MW dır. Şekil 1.4 te YEK kurulu güç potansiyeli paylaşılmıştır.

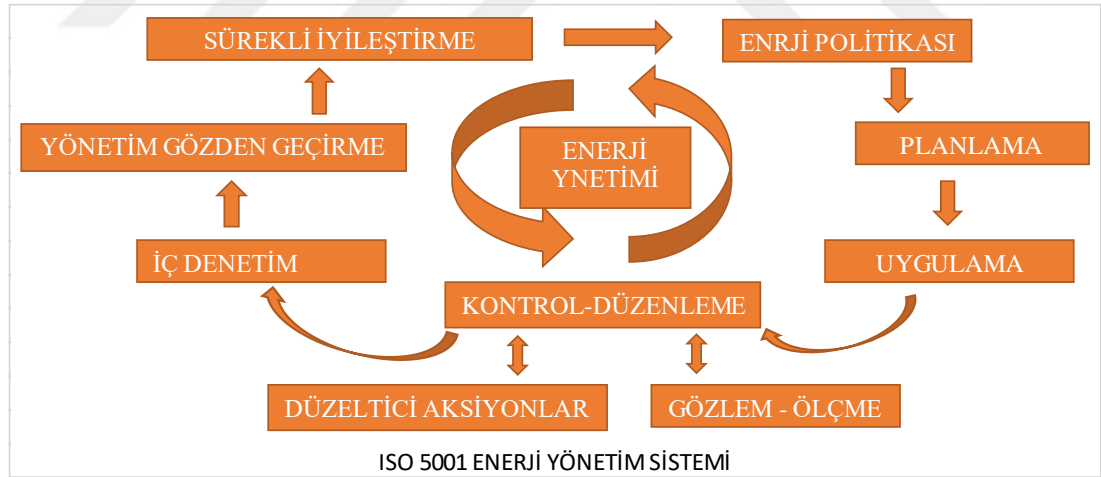


Şekil 1.4. Türkiye YEK kurulu güç potansiyeli

## 2. ENERJİ YÖNETİMİ

Enerjinin hayatımızın her noktasında var olup iyi yönetilmesi büyük önem arz etmektedir. Dünya enerji kullanımında fosil kaynaklar en yoğun kullanılan kaynaklar olup bu kaynakların çevre, tedarik, taşıma, süreklilik, arz güvenliği gibi hususlarda zorlu bir süreç izleyerek kullanılıyor olması enerji yönetimini ülkelerin temel politika olarak ele almalarını gerektirmiştir. Özellikle Türkiye gibi enerjide büyük oranda dışa bağımlı olup enerji ithalatının ülke cari açığına ciddi etkisi olan ülkelerde enerji iyi yönetmek için iyi organize edilmiş disiplinli bir çalışma sürdürülmelidir.

Enerji yönetimi; yeterli ve kaliteli enerji kullanımı sağlayarak ürün başına düşen maliyetin düşürülmesi, yaşanabilecek enerji tedarik ve fiyat artışı problemlerine hazır olunması, çevrenin korunup karbon salınımının minimize edilmesi ve tesislerin daha verimli çalışmasını gündemine alan iyi planlama, koordinasyon, uygulama, kontrol ve önlem almayı kapsayan bir bütündür. Enerji yönetim süreci Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Enerji yönetim sistemi

18.04.2007 tarihli ve 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanununa göre enerji yönetimi şekillenmiştir. Yıllık enerji tüketimi 50.000TEP ve üzeri olan işletmeler ile yıllık enerji tüketimi 1000 TEP 'in altında olup 50 ve üzeri işletmeye sahip organize sanayi bölgelerinin enerji yönetim birimi kurma ve enerji yöneticisi çalıştırma zorunluluğu bulunmaktadır.

Yıllık enerji tüketimi 1000 TEP ve üzeri olan işletmeler, 100 MW ve üzeri kurulu güce sahip elektrik üretim santralleri, yıllık enerji tüketimi 500 TEP olan inşaat alanı 20.000m<sup>2</sup> üzerindeki ticari binalar enerji yöneticisi atamak zorundadır.

Enerji yöneticisi; enerjiyi en verimli şekilde kullanmak için kaliteli mühendislik çözümlerinin bularak mevcut koşulların iyileştirilmesi amacıyla enerji etüdü ve VAP çalışmaları yapar ya da yaptırır.

Enerji Etüdü: Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik bilgi toplama, ölçüm, değerlendirme ve raporlama aşamalarından oluşan çalışmalardır.

Verimlilik Artırıcı Proje (VAP): Enerji etüt çalışması ile belirlenen önlemlerin uygulanması ve enerji tasarruf potansiyelinin geri kazanılması için hazırlanan verimlilik artırıcı projedir

TEP(Ton Eşdeğer Petrol); 1 ton petrolün yakılması sonucu elde edilecek enerji miktarıdır. TEP farklı türdeki enerji kaynaklarının miktarlarını tek birim altında toplamak ve kaynakları karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Enerji kaynaklarının TEP çevrim katsayıları Tablo 2.1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Enerji kaynaklarının TEP çevrim katsayıları [11]

<b>Enerji kaynaklarının TEP Çevrim Katsayıları</b>					
<b>Miktar</b>	<b>Enerji Kaynağı</b>	<b>Yoğunluk</b>	<b>Alt Isıl Değer</b>	<b>Birim</b>	<b>TEP Çevrim Katsayısı</b>
1 Ton	Taş Kömürü		6.100.000	kCal	0.610
1 Ton	Linyit(Elbistan)		1.100.000	kCal	0.110
1 Ton	Odun		3.000.000	kCal	0.300
1 Ton	Petrokok		7.600.000	kCal	0.760
1 Ton	Ham Petrol		10.500.000	kCal	1.050
1 Ton	Motorin	0.830 Kg/lt	10.200.000	kCal	1.020
1 Ton	Benzin	0.735 Kg/lt	10.400.000	kCal	1.040
1 Ton	LPG		10.900.000	kCal	1.090
1000 m <sup>3</sup>	Doğalgaz	0,670 Kg/m <sup>3</sup>	8.250.000	kCal	0.825
<i>1 TEP = 10.000.000 kCal = 41.868 GJ = 11.627 KWh</i>					

## 2.1 Enerji Verimliliği ve Tasarruf

Sanayileşme ve konfor alanında yaşanan hızlı yükselişin bir sonucu olarak enerjiye olan gereksinim de hızlı bir artış göstermektedir. Enerji talebinin büyük çoğunluğunun karşılandığı fosil kaynakların belli coğrafyalarda yoğunlaşması, enerjiye kaynaklarına erişimin zorluğu ve özellikle fosil kaynak kullanımının çevreye olumsuz yansımaları

devletlerin dikkatle ele alması gereken konulardandır. Bunların yanında devletlerarası krizler, fiyat artışları ve enerji alanındaki yatırımlarının yüksek maliyeti önem arz eden konulardandır. Enerji kaynaklarına erişimden kullanıma kadar karşılaşılan tüm bu hususlar ülkeleri yeni politikalar üretmeye ve yeni stratejiler geliştirmeye itmiştir. Bu hususta en önemli strateji enerji verimliliğidir. Bu stratejinin en önemli basamaklarından birisi de enerji tasarrufudur.

Enerji tasarrufu; kullanıcıların enerji tüketimini azaltmak ve gereksiz enerji ihtiyacından kaçınmak için yapmış oldukları faaliyetlerdir. Enerji verimliliği ise enerji tasarrufunu da kapsamakta olup mühendislik çalışmaları yapıp yeni teknolojiler kullanılarak üretim, kalite ve konfordan ödün vermeden harcanan enerji miktarında azalma sağlamak olarak tanımlanabilir. Bir örnek vermek gerekirse iki lambadan birini söndürmek suretiyle enerji harcamalarını azaltmak tasarruf, teknolojik lambalar kullanarak aynı aydınlatma şiddetini daha az enerji harcayarak sağlamak verimliliklerdir.

Enerji verimliliğinin amacı; var olan kayıpları önleyerek, teknolojik ekipmanlar kullanıp prosesi daha iyi kontrol ederek, atık ısıyı değerlendirerek kalite, performans ve konfordan ödün vermeden tüketilen enerjinin en aza indirgenmesidir. Enerjinin verimli kullanılmasının ülkeler için önemli bir gelişmişlik göstergesi olduğu unutulmamalıdır. Ülkelerin temel politikalarını belirleyen en önemli konuların başında gelen enerji ve çevre konularında yaşanan problemlerin minimize edip olumsuzlukları avantaja dönüştürmenin en ekonomik ve en kolay yolu enerji verimliliğidir. Özellikle Türkiye gibi enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunu fosil kaynaklardan sağlayan, enerjide dışa bağımlı olup bu bağımlılığın dış ticaret açığına etkisinin büyük olduğu ve küresel ısınmanın etkisiyle iklim değişikliklerinden etkilenen ülkeler için enerji verimliliği konusu hayati önem taşımaktadır.

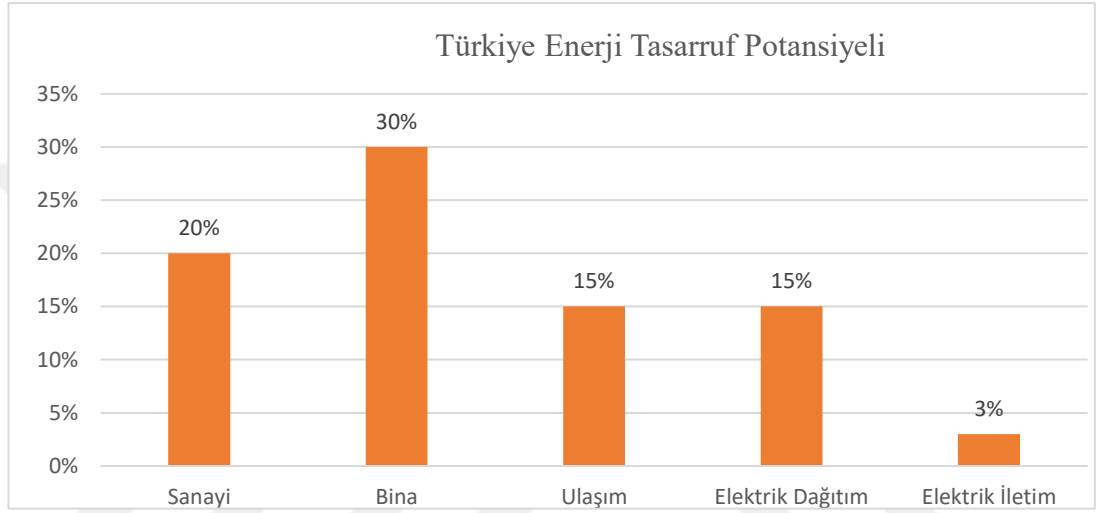
Ülke geneli tüm işletmelerde ve bireysel kullanımda insanların enerji verimliliği bilincini kazanması sağlanıp verimliliği artırıcı çalışmalar hızlandırılmalıdır. Bu sayede hem ekonomik refah hem de çevre açısından yaşanabilir bir ülke olma hususunda önemli yollar kat edilmiş olacaktır. Bu kapsamda ülkemizde 5627no'lu enerji verimliliği kanunu çıkarılmıştır;

$$\text{Verimlilik} = \eta = (\text{Yararlanılan Enerji/Giren Enerji}) * 100 \quad (2.1)$$



## 2.2 Türkiye'nin Enerji Tasarrufu Potansiyeli

Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığından yapılan açıklamalar Türkiye'nin enerji tasarrufu potansiyelinin sanayide %20, binada %30 ve ulaşımda %15 civarında olduğunu göstermektedir. Elektrik iletimi kayıpları %2,5-3 civarında olup bu oran dünya standartları içerisinde. Elektrik dağıtım sistemleri kayıp-kaçak oranı dünya ortalaması % 6 olup Türkiye'de ise bu oran % 15 civarındadır. Türkiye enerji tasarruf potansiyeli Şekil 2.2'de paylaşılmıştır.



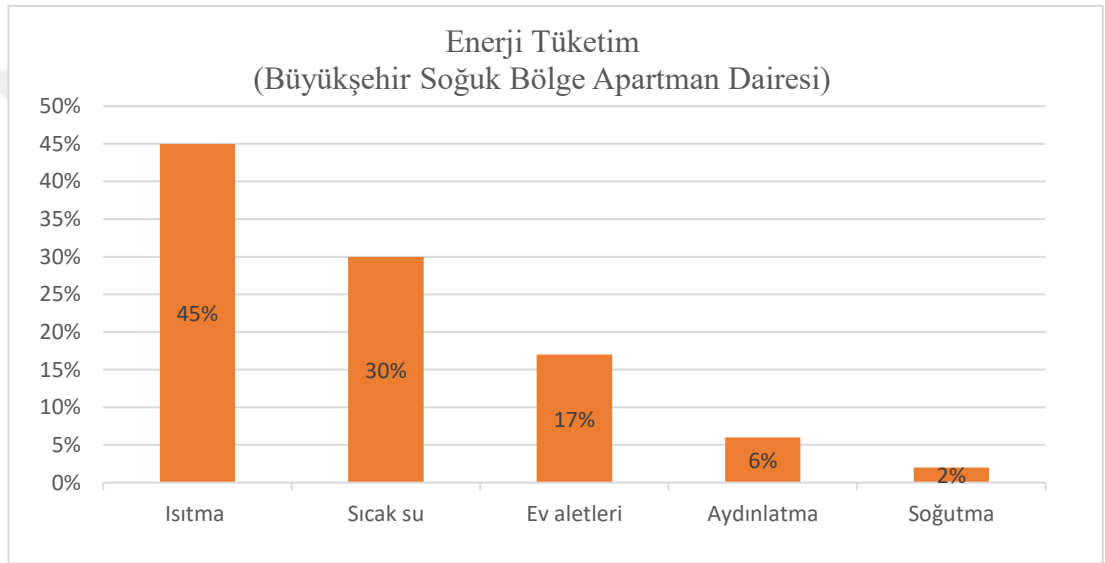
Şekil 2.2. Türkiye Enerji Tasarruf Potansiyeli

DİE araştırmalarına göre en çok enerji tüketen sanayi %34.1 oranla ana metal sanayidir. Ana metal sanayii içinde %40 oranıyla demir çelik sanayi en büyük paya sahiptir. Demir-çelik sektörü toplam üretim maliyetleri içerisinde %22'lik enerji tüketim payıyla en büyük orana sahiptir. Çimento, cam, seramik ve tuğla sanayiinde ise bu pay yaklaşık %19 civarındadır. Gübre sanayinde üretilen ürün çeşidine göre farklılık göstermekle birlikte enerjinin hammadde haricinde toplam üretim maliyeti içerisindeki payı yaklaşık %20'dir. Sanayideki bu %20 tasarruf potansiyelinin yaklaşık %50'si yatırım yapmadan ya da geri dönüş süresi 1-2 yıl olan küçük yatırımlarla geri kazanılabileceği hesaplanmıştır. İyi planlanmış ve kurgulanmış bir enerji yönetimiyle %8-10 tasarruf etmek mümkündür.

5627 sayılı enerji verimliliği konunu BEP yönetmeliğine göre 2011 yılı itibari ile yapı ruhsatı alıp yapımına başlanan tüm binaların yönetmelik maddelerine uygun olarak enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve çevreye duyarlı binalar olması şarttır.

Nihai enerji tüketiminde %30 paya sahip olan konutların ana tüketim kalemi ısıtma ve sıcak su temini amacıyla kullanılan doğalgaz ya da katı yakıtlardır. Konutların küresel elektrik tüketimdeki payı %50 civarında olup elektrikli ev aletlerinin çalışması ve aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır.

Binaların enerji verimliliği mimarı tasarımla başlamakta olup binanın güneşi görme süresi ve açısı önemle dikkate alınması gereken bir konudur. Bina yalıtımında binanın bulunduğu bölgeye uygun yalıtım kalınlığı, kolon, giriş gibi ısı köprüsü oluşturacak kısımlar, çatı yalıtımı, kapı ve pencerelerin sızdırmazlığı dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Binalarda enerji tüketim dağılımı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Binalarda enerji tüketim dağılımı

Evimizdeki ev aletlerinde ortalama kullanılma süreleri de dikkate alınırsa en fazla tüketim sırasıyla buzdolabı, fırın, televizyon, çamaşır ve bulaşık makinesinde olmaktadır. Kullanılan ev aletlerinin seçiminde A enerji sınıfına sahip aletlerin seçilmesi ve gün ışığından mümkün olduğunca faydalanılıp aydınlatma için tasarruflu aydınlatma sistemlerinin tercih edilmesi enerji tasarrufu açısından önem arz etmektedir.

Türkiye’de ulaşım sektörünün toplam enerji tüketimi içerisindeki payı %20 olup enerji kaynağı olarak %99 oranında fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Kullanılan fosil kaynakların toplam emisyon içerisindeki payı %16,5 civarındadır. Ülkemizde yük taşımacılığı %88,3 oranında yolcu taşımacılığı ise %91.8 oranında karayolu ile yapılmaktadır.

Önümüzdeki yıllarda hem yolcu hem de yük trafiğinde artışın sürmesi beklendiğinden ulaştırma sektöründe çeşitli verimlilik artırıcı proje çalışmalar yapılarak ekonomiye katkı sağlanması ve yakıt tüketimi ile emisyonların azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda motorlu taşıtların fosil kaynaklı yakıt tüketimini düşürme, yolcu ve yük taşımada karayolu taşımacılığının payını deniz ve demiryolu taşımacılığına kaydırma, altyapı çalışmaları, UAS ve kombine taşımacılığın yaygınlaştırılması hususlarında çalışma ve yatırımlar devam etmektedir.

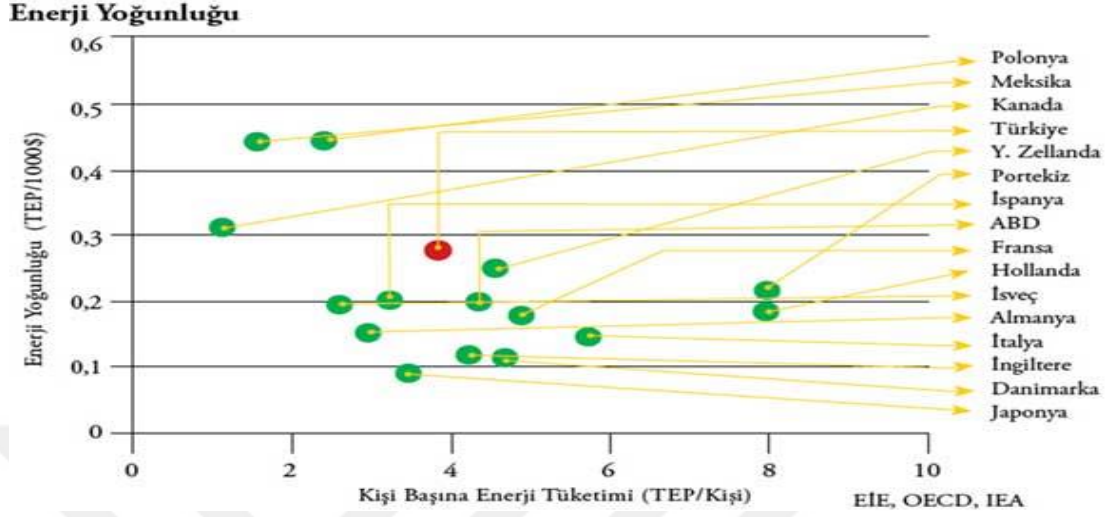
Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak yapılan dağıtık üretim elektrik iletim ve dağıtım kısmındaki kayıpları minimize edip bölgesel istihdamı destekleyecektir. Enerji verimliliği yerli ve geri ödeme süresi en kısa olan kaynaktır. Yapılacak yatırımlarda Türkiye’de üretilen ekipman ve geliştirilen teknolojinin kullanılmasının da ayrı bir tasarruf kalemi olduğu dikkate alınmalıdır. Yapılacak yatırım, planlama ve iyileştirmelerle 2030 yılında elde edilecek kazancın enerji tasarruf potansiyelimizin %80’ine denk geleceği öngörülmektedir.

### **2.3 Enerji Yoğunluğu**

Enerji yoğunluğu; GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla) başına tüketilen birincil enerji miktarı olarak tanımlanmakta olup enerji verimliliğinin analiz edilmesi ve karşılaştırılması amacıyla dünya genelinde kullanılan bir araçtır. 1000 \$’lık hâsıla için tüketilen TEP (ton petrol eşdeğeri) miktarı, genel kabul görmüş enerji yoğunluğu göstergesidir. Enerji yoğunluğu düşük olan bir ülkenin birim hâsıla başına harcadığı enerji miktarı da düşük olmakta ve enerjii verimli kullandığı anlaşılmaktadır. Enerjiye olan talebin giderek arttığı, bu durumun getirdiği ekonomik yük ve cari açık problemleri enerji yoğunluğunu düşük tutmanın ülkelerin temel hedeflerinden biri olmasını zorunlu kılmaktadır. Arıca enerji yoğunluğu kişi başına düşen enerji tüketimi ile birlikte ülkelerin gelişmişliği konusunda bize bilgi veren en önemli göstergedir. Kişi başı enerji tüketiminin yüksekliği o ülkedeki insanların refah içerisinde kaliteli bir yaşam sürdürdüğünü ve ülkenin canlı bir ekonomiye sahip olduğunu gösterir.

Ülkelerin birim GSYİH için farklı miktarda enerji tüketmelerinde enerjii verimli kullanmalarının yanında uyguladıkları sanayi ve ekonomi politikalarındaki yapısal farklılığın, buldukları coğrafyanın, sahip oldukları yeraltı kaynaklarının ve eğitim seviyesinin de etkisi vardır.

Bu noktada yüksek gelir elde edilen teknolojik ürünlerin üretilmesi enerji yoğunluğunun alt seviyelerde tutulmasına önemli seviyede etki etmektedir. Ülkelerin enerji yoğunlukları Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dünya ülkeleri enerji yoğunlukları[12]

Ekonomisi inşaat ve demir-çelik sektörü üzerine kurulmuş bir ülke ile turizm ya da teknolojik ürünler üzerine kurulmuş bir ülkenin GSYH'leri bir olsa da enerji girdileri birbirinden çok farklı olacaktır. İnşaat sektöründe kullanılan çimento, çelik ve cam gibi ürünlerin toplam maliyetinde enerjinin payı yüksektir.

Türkiye'nin kişi başı enerji tüketimi OECD ve AB ülkelerine düşük, enerji yoğunluğu ise yüksektir. Enerji yoğunluğu, OECD ülkelerinin 2, Japonya'nın ise 4 katıdır. Türkiye birim mal veya hizmet üretmek için bu ülkelere oranla çok daha fazla enerji tüketmektedir. Bu durum enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğunun da bir göstergesidir. Enerji verimliliği politik olarak önemsenip enerjiyi verimli kullanmaya yönelik mühendislik çözümleri üretilerek aynı miktar ürün ve hizmet daha az enerjiyle elde edilebilir.

### **3. GÜBRE SANAYİ**

Gübre; bitki beslenmesi için gerekli olan kimyasal elementleri bünyesinde bulunduran, birim alandan daha çok ve daha kaliteli ürün elde etmek amacıyla toprağa ilave edilen maddelere denir. Tarım topraklarının sürekliliğinin sağlanıp daha verimli duruma getirmek topraktan kaybolan bitki besin elementlerinin toprağa geri verilmesi ile mümkün olmaktadır. Gübreler, ekilen bitki cinsi için toprakta eksik olan bu elementleri tamamlayarak büyümeye katkı sağlar ve verimi artışı sağlarlar.

#### **3.1 Gübre Sanayii Genel Görünüm**

Toprak ve bitkilerin besin ihtiyacı 18. yüzyıla kadar sadece hayvan gübreleri ile karşılanmaya çalışılıyordu. 1840 yılında Alman kimyacı Justos von Leipzig'in potasyum, fosfor ve azotun (NPK) bitkilerin gelişimi üzerindeki olumlu etkisini tespit edip bu bilgi ışığında kimyevi gübreyi icat etmesiyle tarımda yeni bir dönem açılmış ve kimyasal gübre sanayi doğmuştur. Yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesiyle mineral bitki besleme görüşünün benimsenmesi sonucu İngiltere, Avusturya ve ABD'de fabrikasyon olarak gübre üretimine başlanmıştır. Kimyasal gübreler tarımsal ürün maliyetinde %10-15 paya sahip olup verimliliği yaklaşık %50 oranında arttırmaktadırlar.

Çoğalan dünya nüfusu ve değişen beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak insanoğlunun beslenme ihtiyacını karşılamada gübre üretimi ve etkin gübreleme önem arz etmektedir. Ülkelerin kendi kendine yetebilme yeteneğine kavuşması, dışa bağımlılığın minimize edebilmesi, ekonomik özgürlüğe sahip olması, bölgesinde ve dünya genelinde söz sahibi bir ülke olabilmesi için kaliteli ve ekonomik gübre üretimi öncelikli hedeflerden biridir.

Gübre üretim yapısının oluşumuna hammadde kaynaklarına sahip olma ve tüketim bölgelerine yakınlık şekil vermektedir. Çin, Hindistan, Rusya, ABD ve Kanada gibi geniş tarım arazisi ve yoğun nüfusa sahip ülkelerin önemli üretim kapasitesi bulunmaktadır. Fosforda fosfat kayasına sahip ülkelerin (Kuzey Amerika, Orta ve Kuzey Afrika ülkeleri) üretim fazlalığı vardır. Birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi

tarımı gelişmiş ve teknolojik altyapıya sahip ülkeler cevher ithal etmekte ve kendi gübre fabrikalarında gübre üretmektedirler.

### **3.2 Türkiye’de Tarım ve Gübre Sanayi**

Tarih boyunca çeşitli uygarlıklara ev sahipliği yapan Türkiye coğrafyası, iklim çeşitliliğinin sağladığı avantajla çok farklı tarımsal ürünün yetiştiği eşsiz bir bölgedir. Son yıllara kadar ülke insanının ihtiyaçlarını karşılamaya yeten tarımsal üretim, çevre coğrafyaların ihtiyaçlarını dahi karşılamıştır. Tarımda kendi kendine yeten bir ülke durumundaki Türkiye, son yıllarda istikrarlı tarım politikaları üretmedeki sıkıntılar nedeniyle bu özelliğini kaybetme tehdidiyle karşı karşıyadır. Tarımın GSYH da ki payı 2011 yılında %8,2 iken 2018 yılına gelindiğinde bu oran %5,2 ye düşmüştür. Ekilen tarım alanları ve çiftçi sayısı azalma eğilimindedir.

Türkiye’de ilk gübre üretimi, 1939 yılında Karabük Demir Çelik Fabrikalarında gerçekleşmiştir. Taş kömürünün koklaşması sırasında yan ürün olarak elde edilen gazlardan gübre üretilmiştir. Türkiye’de 1950’li yıllarda ana faaliyeti gübre üretimi olan tesislerin temelleri atılmaya başlanmış, 6 Kasım 1952 tarihinde bakanlar kurulu kararıyla Gübre Fabrikaları Türk Anonim Şirketi (GÜBRETAS) kurulmuş ve 1954 yılında İskenderun’da Türkiye’nin ilk kimyevi gübre fabrikası (100.000 ton/yıl) üretime başlamıştır. 1970’li yıllar gübre üretimine yapılan yatırımların hızlandığı yıllar olmuştur. 2000’li yıllarda başlanan ve 2005 yılında tamamlanan özelleştirme çalışmaları başlangıçta kamu iktisadi teşekkülü şeklinde gerçekleşen yatırımlar özel sektöre devredilmiştir [13].

Türkiye ekonomisi içinde ağırlığı oransal olarak giderek azalmasına rağmen, tarım politikaları çok geniş bir nüfusu ilgilendirdiğinden, üzerinde özenle durulması gereken bir konudur. Tüketilen gübrelerin yaklaşık 1/3’ünü ve gübre hammaddelerinin %90’ından fazlasını ithal etmemiz nedeniyle gübre fiyatları döviz kurlarıyla çok yakın ilişkilidir. Desteklenmeyen, ithalata bağımlı, yüksek fiyatlardaki gübrenin, üretim maliyetleri içindeki payının artmasıyla, gübre kullanan bölge ve çiftçilerin gübre kullanımını düşmektedir. Unutmaması gerekir ki kullanılan gübre miktarının düşmesi birim alandan alınan verimin de düşmesine neden olacaktır.

### 3.2.1 Türkiye’de gübre tüketimi, üretimi ve verimlilik

Türkiye’de gübre tüketimi; iklime, yetiştirilen bitki türlerine, münavebe durumuna, sulama imkânlarına ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak değişmektedir. Türkiye’de hammadde kaynakları bulunmadığından kimyasal gübre sektörü %90’nın üzerinde dışa bağımlıdır. Türkiye, azotu; Çin, Mısır, Rusya ve İran’dan, fosforu; Kuzey Afrika’dan, potasyumu ise AB ülkelerinden ithal etmektedir. Türkiye gübre tüketiminin yaklaşık 1/3’ünü doğrudan ithalatla karşılamaktadır[14]. Üretimin tüketimi karşılama oranı Tablo 3.1’de paylaşılmıştır.

Tablo 3.1. Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı (%)

Yıllar	Üretim(bin ton)	Tüketim (bin ton)	Karşılama Oranı(%)
2000	3163	5294	59,75%
2005	3158	5199	60,74%
2010	3447	4968	69,38%
2013	3577	5813	61,53%
2014	3548	5471	64,85%
2015	3674	5508	66,70%
2016	3358	6745	49,79%
2017	3842	6333	60,67%
2018	4027	5411	74,42%

Gübre üretim proseslerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde radikal değişimler görülmemekle birlikte teknolojik gelişmeler, emniyet, çevre standartları, ekipman geliştirme ve otomasyonda ortaya çıkan teknolojik gelişmeler, enerji, işgücü verim artışı ve hammadde alanlarında iyileşmeler görülmektedir.

Dünya amonyak üretiminin yaklaşık %80’i doğalgaz kullanılarak yapılmaktadır. Yeni kurulan tesislerde bir ton amonyak üretimi için 30 MMBtu civarında enerji kullanılmakta iken ülkemizde kurulu daha eski teknolojik alt yapıya sahip tesislerde bu oran 38 MMBtu civarındadır. Yeni kurulan üre tesislerinde azot verimliliği %99 iken eski ve rehabilite edilmemiş tesislerde bu oran %90'lara kadar inmektedir. Teknolojik gelişmeler ve verimli enerji kullanımıyla, mevcut ürünlerin üretim ve kalite verimliliğinin artırılıp, maliyetlerin düşürülmesi sonucu gübrenin en ekonomik şekilde çiftçinin hizmetine sunulabilmesi mümkün olacaktır.

#### 4. KİMYASAL GÜBRE ÜRETİMİNDE İŞLEM ANALİZİ

Kimyasal gübre tanımında, üre ve üre-amonyum nitrat (UAN), amonyum nitrat (AN), kalsiyum amonyum nitrat (CAN), süper fosfat (tekli/single SSP ve üçlü triple TSP) ve kompoze (NPK, azot-fosfor-potasyumlu) gübreler yer alır. Üretilen gübre türüne göre hammaddeler farklılık göstermektedir.[15] Bu durum Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Üretilen Gübre Türüne Göre Hammaddeler

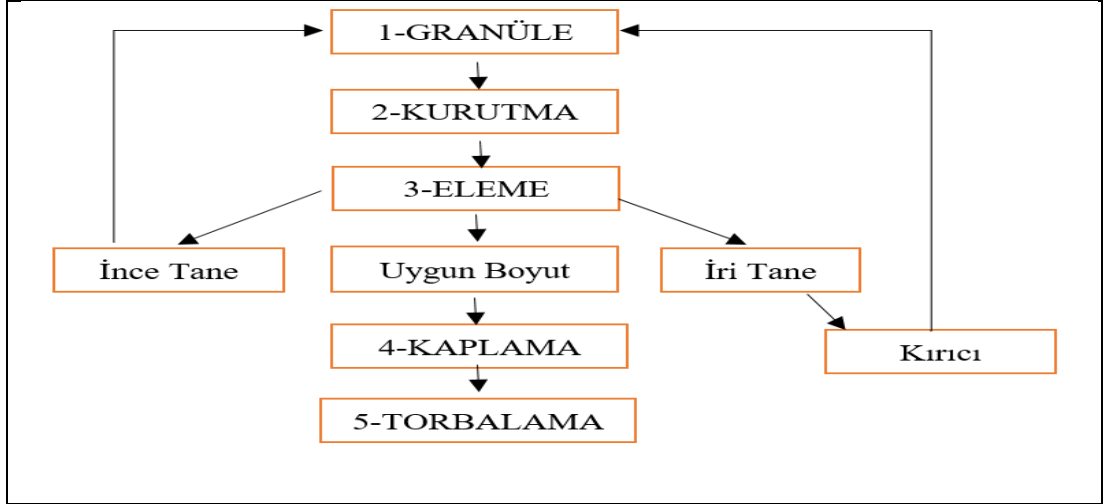
Üre ve UAN (üre amonyum nitrat)	Amonyum nitrat ve CAN (kalsiyum amonyum nitrat)	NPK (Azot-Fosfat- Potasyum)
Amonyak ve amonyum nitrat	Amonyak nitrik asit ve kalsiyum karbonat	Amonyak, nitrik asit, sülfürik asit, fosforik asit, fosfat kayası ve ek olarak potasyum, magnezyum ve kükürt gibi ilavelerdir.

Kompoze gübrelerde besleyici madde olarak N, P ve K elementleri birlikte bulunmakta ve bitkilere daha iyi dağılmaktadır. Kompoze gübreler; içerdikleri birden fazla besin maddesi ile daha ekonomik ve uygulanabilir özelliktedirler. Kompoze gübre kullanımıyla çiftçiler hem gübrenin ayrı ayrı satın alınması, taşınması, depolanması ve toprağa atılmasından kurtulurlar hem de daha az zaman ve emekle toprağa birden fazla bitki besin maddesini verebilirler[16]. Bu nedenle günümüzde NPK gübrelerine olan talep artmıştır. Türkiye gübre tüketiminin yaklaşık %50 si kompoze gübre olup 2005 yılına oranla NPK üretimi %23 oranında artmıştır [17]. Ülkemiz NPK üreticileri arasında 6. sırada yer almaktadır.

##### 4.1 Kompoze Gübre Prosesi (AS-NPK)

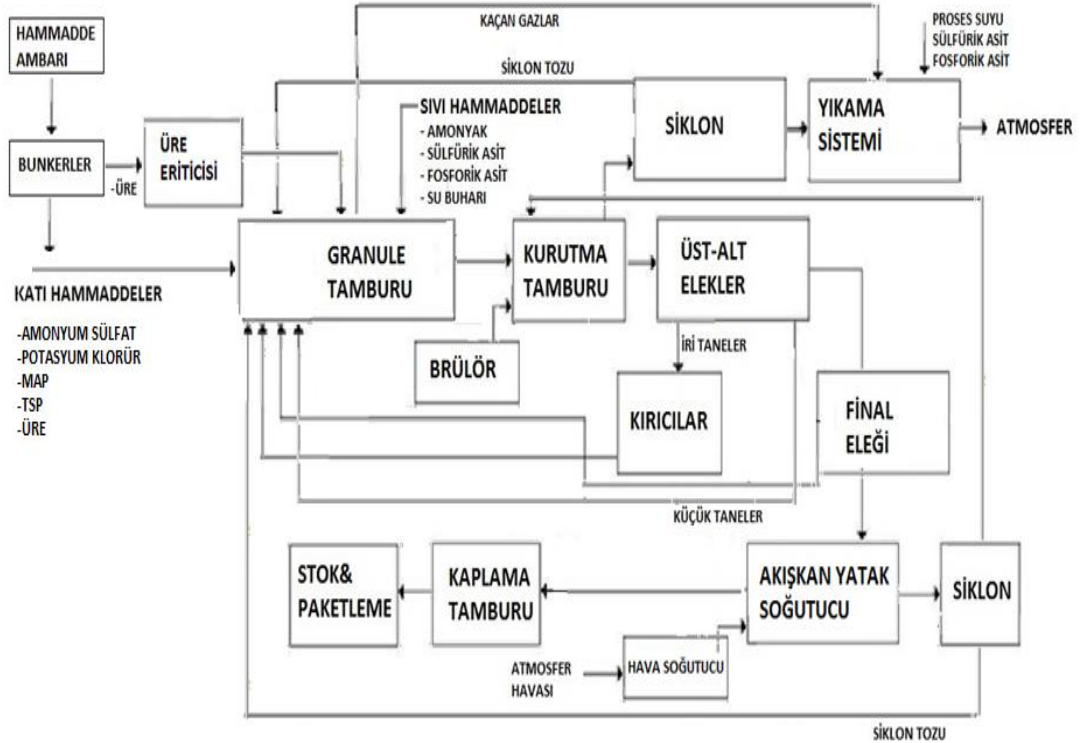
Kompoze gübre tesislerinde yapılacak reaktör yatırımıyla amonyum sülfat (AS) gübresi üretmek mümkündür. Kompoze gübre üretiminde kullanılan hammadde (üre, fosfat, potasyum, fosforik asit, sülfürik asit, amonyak... vb.) %90 oranında yurtdışından temin edilmektedir. Doğalgaz, amonyak (NH<sub>3</sub>) üretiminde ve amonyak üre (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Son ürün olarak bitki ve toprak türüne göre çok çeşitli gübreler elde edilebilmektedir. Üretim şekil 4.1 de görüleceği gibi temel olarak 5 aşamada gerçekleşmektedir.





Şekil 4.1. Kompoze Gübre Üretim Aşamaları

Gübre üretim işlemleri; hammaddelerin üretilecek ürüne uygun çeşit ve miktarda tartılarak tesisin beslenmesi ile başlar. Beslenen hammaddeler Şekil 4.1 de gösterilen aşamalardan geçerek ürün haline gelirken sistemde oluşan gaz ve toz siklonlarda ve kademeli yıkama ile yıkama bacasında tutularak tekrar üretimde kullanılır. Kompoze gübre üretimi proses akışı Şekil 4.2’de paylaşılmıştır.



Şekil 4.2. Kompoze Gübre Üretimi Proses Akış Şeması

#### 4.1.1 Hammadde hazırlama ve besleme

Üretimde kullanılan hammaddeler özelliklerine uygun tank ve depolarda muhafaza edilmektedir. Üretilen ürüne göre ilgili katı hammaddeler bunkerlere alınarak kantarlar vasıtasıyla tartılıp ürün reçetesine uygun miktarda sisteme besleme yapılır. Bunkerler ve kantarlar Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Bunkerler ve Kantarlar

#### a) Üre eriticisi

Üre; yüksek basınç altında amonyak ile karbondioksitin reaksiyona girmesiyle oluşan azotlu gübreler için önemli bir hammaddedir. Ürenin buhar yardımıyla eritilerek eriyik halde granüle tamburuna beslenmesi ile daha iyi bir granülasyon sağlanır. Üre eriyik hale getirilmeden de kullanılabilir. [18] Üre eriticisi Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Üre Eriticisi

## 4.1.2 Üretim

### a) Granülasyon

Farklı besin maddeleri içeren katı hammadde tanecikleri üzerine sıvı hammaddeler verilir. Islanan katı taneler tamburun dönmesiyle birbirine temas ederek reaksiyona girer ve yapışır. Hammaddelerin gübreye dönüştüğü kısımdır. Granülasyon işleminin gerçekleştiği ekipman olan granüle tamburu Şekil 4.5 'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Granüle Tamburu

### b) Kurutma

Kanatlı yapıya sahip döner tamburdur. Islanan katı taneler tambur içindeki kanatlar vasıtasıyla tambur döndükçe kesit içinde dağılır. Tanelerin arasından sıcak hava geçirilir ve böylece taneler kurutulur. Tambur Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Kurutma Tamburu

c) Eleme

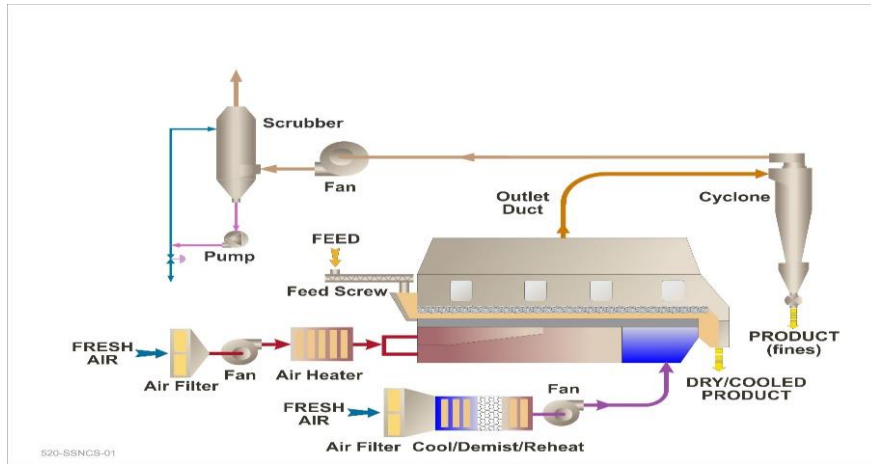
Granülasyon ve kurutma işlemleri sonrası çok farklı tane boyuna sahip granüller uygun boyutlara getirilmek üzere elenir. Eleme sonrası İri parçalar kırıcı yardımıyla kırılır ve ince tanelerle birlikte sisteme geri döndürülür. Uygun boyutlu taneler ise son eleme işlemine tabi tutulup ürün kalitesini bozan tüm taneler ayıklanır. Proseste kullanılan elekler Şekil 4.7’de paylaşılmıştır.



Şekil 4.7. Proses Elekleri

d) Soğutma

Sıcak taneler birbiriyle etkileşime girer ve “kekleşme” denilen bloklaşma eğilimi gösterirler. Bunu azaltmak için ürün iki kademeli soğutucuda soğutulur. İlk kademede atmosfer havasıyla soğutulurken ikinci kademede atmosfer havası bir hava soğutucusundan geçirilerek ürün soğutulur. Soğutmaya yardımcı olan ekipmanlar ve akışkan yataklı soğutucu Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Akışkan Yataklı Soğutucu [19]

#### e) Kaplama

Tanelerin birbirleriyle ve dış ortamla bağlantısını kesmek için üzerlerine kaplayıcı bir yağ püskürtülür. Bu özel yağ hemen katılarak tanelerin üzerinde bir film tabakası oluşturur ve taneleri korur. Kaplanan taneler paketleme tesislerinde torbalara doldurularak tüketicilere gönderilir. Kaplama tamburu Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



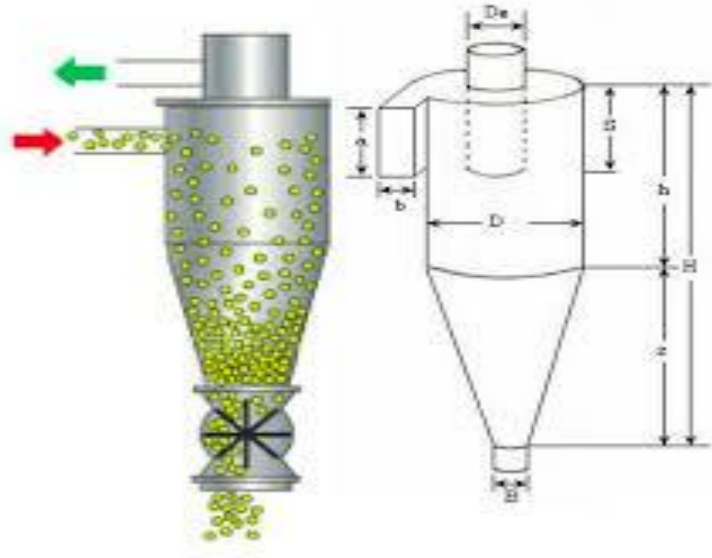
Şekil 4.9. Kaplama Tamburu

#### 4.1.3 Toz tutma ve yıkama sistemleri

Toz tutma ve yıkama sistemleri gübre tozlarının tekrar üretimde değerlendirilmesini sağlayıp toz ve gazların çevreye olan olumsuz etkisini ortadan kaldırır.

##### a) Toz tutma

Üretim sırasında sistemde oluşan gazlar ve tozlar fanlar vasıtasıyla çekilerek yüksek bir hızla siklona gönderilir. Toz ve gaza, siklon iç dizaynı vasıtasıyla helisel bir akış formu verilerek, yoğunluğu taşıyıcı ortamdan daha yüksek olan parçacıkların merkezkaç kuvveti ile siklon cidarlarına yönlendirilmesi sağlanır. Siklon içindeki ani hız değişimi nedeni ile ataletini kaybeden partiküller siklon cidarından süzülerek alt konik toplama bunkerine akarlar. Tozlardan arındırılmış olan gaz, siklon merkezindeki çıkış borusu vasıtasıyla siklon üst kısmından yıkama kulesine gönderilir. İri gübre taneleri tutularak sisteme geri döndürülür ve tekrar üretimde kullanılır. Toz tutma sisteminin en önemli ekipmanlarından olan siklon Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Siklon[20]

b) Yıkama sistemi

Çok kademeli bir yıkama sistemi mevcuttur. Granüle tamburundan çıkan amonyaklı gaz ve kurutma siklonundan gelen hava ayrı ventürilerde fosforik asit ile yıkanır. Daha sonra tüm akımlar birleşerek iki bölgede tekrar yıkanır. Ayrıca yıkama suyuna sülfürik asit verilerek ventürilerden kaçmış olabilecek amonyağın yakalanıp amonyum sülfata dönüşümü sağlanır. Kirlenen yıkama suyu proseste kullanılarak tüketilir ve eksilen su miktarı kadar taze su beslemesi yapılır. Yıkama sistemi Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Yıkama Sistemi

## 5. ÜRETİMDE KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TÜKETİMİ

Gübre sanayinde kullanılan hammaddelerin önemli bir kısmının üretiminde birincil yakıtlar hammadde olarak kullanılmaktadır. Hammadde kaynakları açısından %90 seviyesinde dışa bağımlı olan Türkiye’de gübre üretiminde hammadde giderleri %60 gibi yüksek bir orana sahiptir.[21] Kimyasal gübrelerin üretiminde kullanılan enerjinin miktarı ve maliyeti bu gübrelerin üretim metotlarıyla doğrudan ilişkili olup maliyet kalemleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Türkiye Gübre Üretiminde Maliyet Kalemleri[14]

<b>Türkiye Gübre Üretimi Maliyet Kalemleri</b>	
<b>Maliyet kalemleri</b>	<b>Yüzde(%)</b>
Hammadde	60
Üretim Paketleme	10
Personel	16
Finans	6
Lojistik-operasyon	8
<b>Toplam</b>	<b>100</b>

### 5.1 Kaynak Verimliliği

Kaynak verimliliği; tüm kaynakların (hava, su, toprak, enerji, biyoçeşitlilik, ekosistemler... vb.) daha verimli kullanılmasıyla aynı miktarda kaynak ile daha fazla kazanç elde edilmesi ve kaynak kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzlukların azaltılması olarak tanımlanabilir [22]. Kaynakların sınırlı olması, rekabetin artması, girdi maliyetlerinin sürekli yükselmesi ve çevresel etkiler kaynak verimliliğinin başta imalat sanayi olmak üzere her sektörde önem verilmesi gereken bir konuma sahip olduğunu göstermektedir.

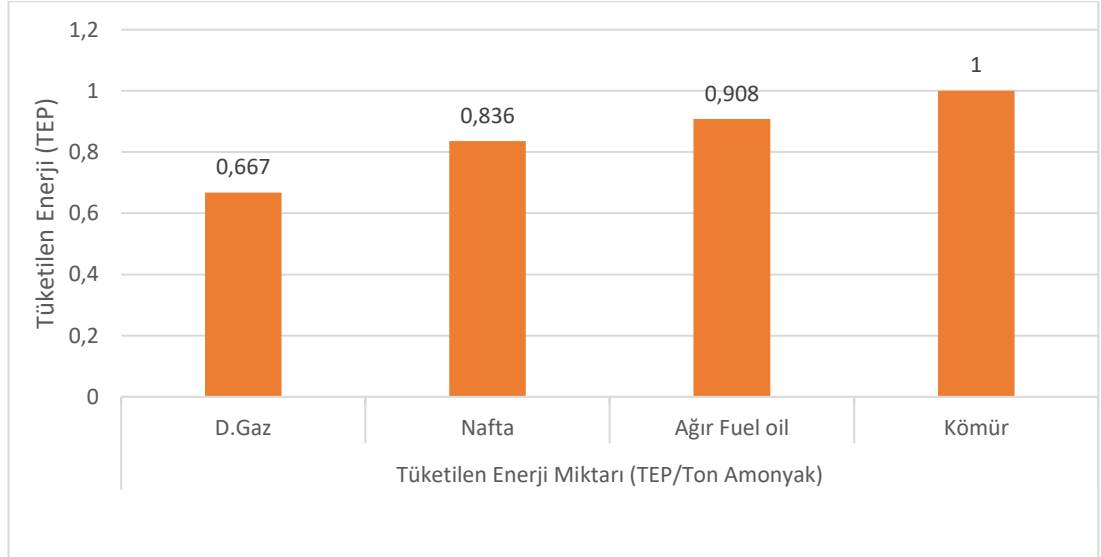
Kaynakların verimliliği ve çevresel faktörler açısından atıklar önemli bir yere sahiptir. Atık; Üretimde kullanım dışı kalmış ya da raf ömrü dolmuş teknolojik metotlar ve mühendislik çözümleri kullanılarak azaltılması, geri kazanımı ya da bertaraf edilmesi gereken her türlü malzemedir. Atıklar oluşurken(üretim aşamaları) kaynaklar kullanılmakla birlikte, toplama, geri kazanım ve bertaraf işlemleri için de kaynak gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

Gübre sanayinde üretimdeki birtakım problemler sonucu oluşan hurda ve atıklar büyük çoğunlukla tekrar kullanılmakla birlikte enerji ve iş gücü kaybına sebep olmaktadır.

## 5.2 Gübre Sanayinde Enerji Tüketimi

Amonyak ( $\text{NH}_3$ ) gübre üretiminde kullanılan en önemli girdilerden olup, gübrenin ihtiva etmesi gereken azotun temel kaynağıdır. Amonyak üretimi en yoğun enerji gerektiren süreçtir ve bir tesisin 1 ton susuz amonyak üretmesi için yaklaşık 1090-1250 m<sup>3</sup> doğalgaza ihtiyaç vardır. Azotlu gübrelerin üretilmesi için kullanılan enerjinin yaklaşık %80'i susuz  $\text{NH}_3$  üretimi için geri kalan kısmı ise üre ve diğer azotlu gübre üretimleri için kullanılmaktadır. 1960'lı yıllarda 1,48 TEP/ton  $\text{NH}_3$  olan enerji tüketim miktarı günümüzde teknolojik yatırımlar yapılarak 0,72 TEP/ton  $\text{NH}_3$  seviyesine düşürülmüştür. Bu değer üre için 0,08 TEP/ton, nitrik asit için 0,074 TEP/ton ve amonyum nitrat üretimi içinse 0,01TEP/ton seviyesindedir [23]. Amonyak  $\text{CO}_2$  ile reaksiyona sokularak üre gübresi üretilmektedir. Amonyak ve üre aynı zamanda kompoze gübre (NPK) üretiminde kullanılmakta olup kaynak verimliliği enerji tüketimini doğrudan etkilemektedir.

$\text{NH}_3$  üretiminde kullanılan enerji kaynakları ve mevcut en modern tesislerde üretim yapılması durumunda tüketilecek enerji miktarları Şekil 5.1'de verilmiştir [24].



Şekil 5.1. Enerji kaynaklarına göre amonyak üretiminin karşılaştırılması



Gübreler genel anlamda üç ana nütrientten azot (N) fosfat (P) ve potasyum (K) oluşmaktadır. Bu nütrientlere bağlı olarak üretilecek gübrelerin enerji gereksinimleri farklılık gösterir. Üretim, paketlenme, nakliye ve uygulama süreçleri incelendiğinde; azotlu gübre üretimi için gerekli olan enerji fosfatlı gübrelerin 4,5 ve potasyumlu gübrelerin de 5,7 katı olduğu görülmektedir[25]. Gübre türlerine göre enerji gereksinimleri Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

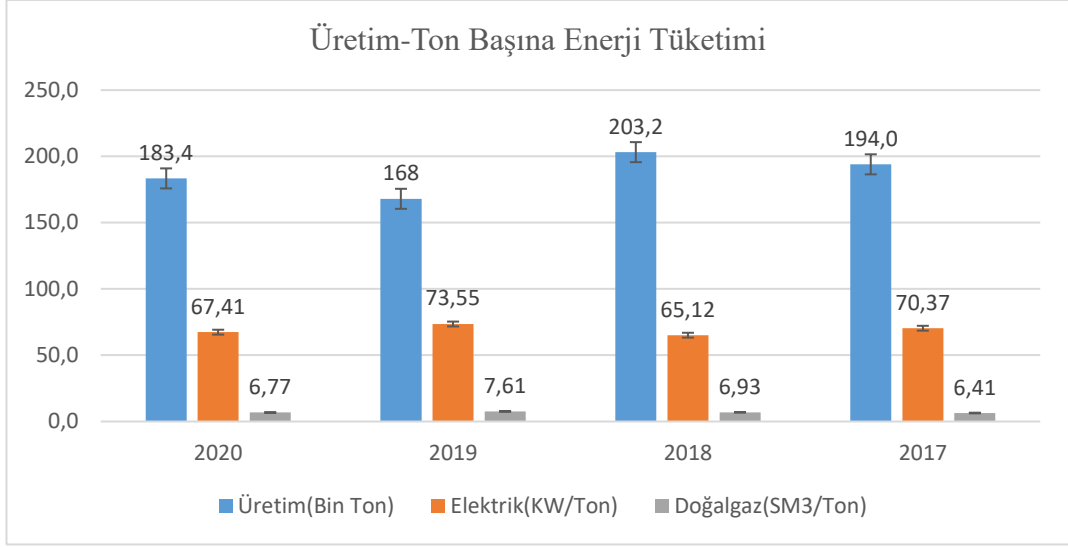
Tablo 5.2. Gübre türlerinin enerji gereksinimleri

İşlem	Enerji İhtiyacı (kJ/kg)		
	Azotlu Gübreler	Fosfatlı Gübreler	Potasyumlu Gübreler
Üretim	69530	7700	6400
Paketleme	2600	2600	1800
Lojistik	4500	5700	4600
Uygulama	1600	1500	1000
Toplam	78230	17500	13800

### 5.2.1 Kompoze gübre fabrikalarında enerji tüketimi

Kompoze gübre fabrikalarında kapasite kullanımı önemli olup üretilen ürün miktarı arttıkça ton başına tüketilen enerji miktarı düşmektedir. Gübre sanayinde en yoğun kullanılan hammaddelerden amonyak ve ürenin üretiminde doğalgaz, kömür gibi enerji kaynakları doğrudan kullanılmakta olup verimli kaynak kullanımı, anı zamanda enerji kaynaklarının verimli kullanılması anlamına gelmektedir.

Kompoze gübre üretiminde kullanılan temel iki enerji kaynağı elektrik ve doğalgazdır. Elektrik ekipmanların çalıştırılması ve ürünlerin taşınması için doğalgaz ise ürünlerin kurutulması ve buhar üretimi için kullanılmaktadır. Üretilen buhar hatların temizlenmesi, siklonların ısıtılarak ürün yapışmalarını engellemesi ve ortam ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. NPK üretimi yapan örnek bir tesiste üretim miktarına bağlı olarak ton başına tüketilen enerjinin değişimi Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Üretim miktarı - ton başına enerji kullanımı ilişkisi

2017 ve 2020 yılları karşılaştırıldığında üretim miktarının 2020 yılında düşmesine rağmen birim enerji tüketiminin azaldığı görülmektedir. Bu durum yapılan iyileştirme çalışmalarının sonucunun alındığını göstermektedir.

Kompoze gübre üretim tesislerinde hammadde hariç maliyetin yaklaşık %19-25'ini enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Kullanılan enerji ürün çeşit ve miktarına göre değişiklik göstermektedir. Doğalgaz kullanımı; fabrika yenileme duruş zamanları, hava sıcaklıkları, ürün çeşidi ve kullanılan buhar miktarıyla doğrudan ilişkilidir.

### 5.2.2 Enerji yoğunluğu hesabı

Yapılan enerji yoğunluğu hesabında TÜİK verileri ve yukarıdaki örnekte yer alan enerji tüketim verileri kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan net satış hasılatı verileri kabul edilmiş veriler olup net satış hasılatlarını göstermemektedir. Yapılan enerji tüketim hesabı Tablo 5.3'te paylaşılmıştır.

Tablo 5.3. Enerji tüketimi hesabı (TEP)

Yıllar	Üretim(Bin Ton)	Elektrik(KW/Ton)	Doğalgaz(SM3/Ton)	TEP
2020	183,4	67,41	6,77	2087,63
2019	168	73,55	7,61	2117,48
2018	203,2	65,12	6,93	2299,82
2017	194,0	70,37	6,41	2200,07

TÜİK verilerinden alınan temel kimyasallar gübreler ve azot bileşiklere ait fiyat endeksi ve 2017 yılı temel alınarak hesaplanan endeks Tablo 5.4 te gösterilmiştir.[26]

Tablo 5.4. Temel kimyasal gübreler ve azot bileşenleri YİÜF fiyat endeksi

Yıllar	Fiyat Endeksi	2017 Yılı Bazlı Endeks
2020	809	183,4
2019	722	163,7
2018	614	139,2
2017	441	100

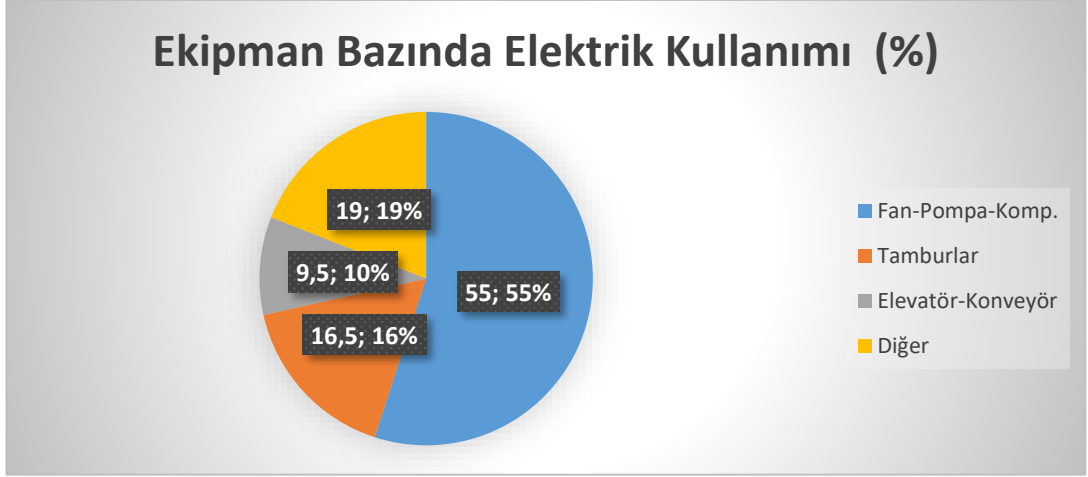
2017 yılı bazlı fiyat endeksi kullanılarak enflasyondan arındırılmış net satış hasılatı hesaplanır ve bu veri kullanılarak enerji yoğunluğu bulunur. Üretim kapasitesi ve enflasyon üstü ürün fiyat artışının enerji yoğunluğuna etki ettiği gözlemlenmektedir. Bu durum Tablo 5.5’te sunulmuştur.

Tablo 5.5. Enerji yoğunluğu hesap tablosu

Yıllar	Üretimden Gelen Net Satış Hasılatı (cari fiyatlar-milyon TL)	Enflasyondan Arınmış Net Satış Hasılatı (2017 Fiyatlar-milyon TL)	Enerji Tüketimi (TEP)	Enerji Yoğunluğu (Bin TEP/Milyon TL)
2020	315	171,8	2.087,63	0,0122
2019	208	127,1	2.117,48	0,0167
2018	198	142,2	2.299,82	0,0162
2017	126	126	2.200,07	0,0175

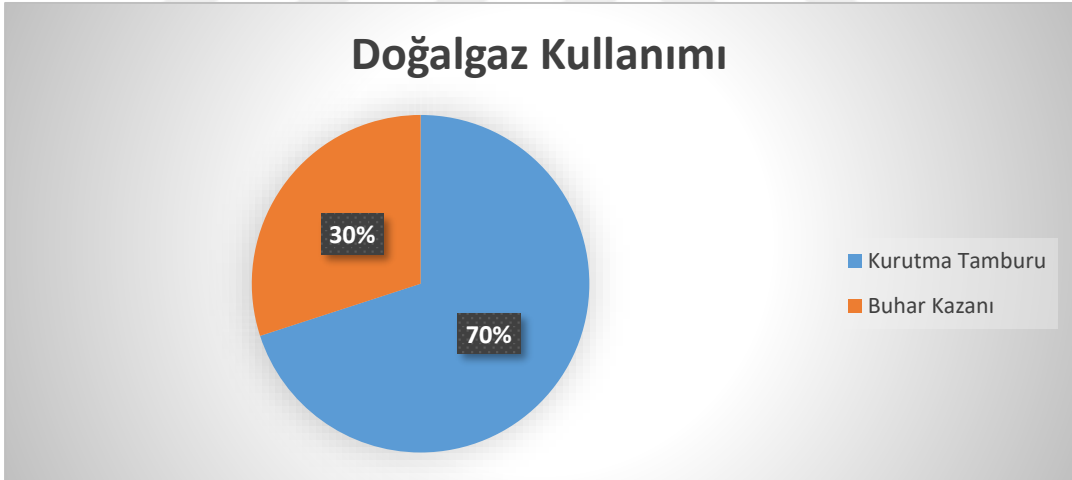
### 5.3 Enerji Kullanım Alanları

Kompoze gübre üretiminde elektrik enerjisinin önemli bir kısmı ekipmanların çalıştırılması için kullanılan elektrik motorları tarafından tüketilmektedir. Kullanılan elektrik enerjisinin yaklaşık % 55 fanlar, pompalar ve kompresörler tarafından kullanılmaktadır. Granüle, kurutma ve kaplama tamburları % 16’lık payla yüksek elektrik enerjisi kullanımına sahip diğer ekipmanlardır. Geri kalan % 29’luk kısım ise diğer ekipmanların çalıştırılması ve aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır. Ekipman bazında elektrik enerjisi kullanım oranları Şekil 5.3’te paylaşılmıştır.



Şekil 5.3. Örnek bir NPK tesisinde elektrik enerjisi kullanım oranları

Doğalgaz; kurutma tamburlarında ve buhar kazanlarında kullanılmaktadır. Doğalgaz kullanılarak üretilen buhar; üretimin çeşitliliğine bağlı olarak granüle işleminde, amonyak ısı değiştirgeçlerinde, hat temizleme işlemlerinde ve sıcak su elde etmek amacıyla sıcak su eşanjörlerinde kullanılmaktadır. Doğalgaz kullanım oranı Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Örnek bir NPK tesisinde doğalgaz kullanım oranları

## **6. GÜBRE PROSESİNDE ENERJİ KAYIPLARININ BELİRLENMESİ**

Gübre üretim tesisleri ağır mekanik ekipmanların ve yüksek güçlü elektrik motorlarının kullanıldığı, kullanılan hammaddeler sebebiyle korozyonun, erozyonun ve nemin fazla olduğu tesislerdir. Prosesin her aşamasında kayıplar görülebilmekte olup proje tasarımı, ekipman seçimi, proses kontrolü ve kaynağında mühendislik çözüm uygulamaları iyi yapılarak kayıplar minimize edilebilmektedir.

### **6.1 Ekipman Seçiminden Kaynaklanan Enerji Kayıpları**

Uygun ekipman seçimi ve proses tasarımı enerji kullanım miktarını doğrudan etkileyen bir faktördür. Uygun ekipman seçiminde enerji verimliliğinin yanında üretim sürecinin iyileşmesi, etkili işgücü kullanımı, üretimde artış ve esneklik konuları da dikkate alınmalıdır. Ekipman seçimi üretim kapasitesine göre seçilmekte olup ekipmanın maliyeti ve teknik özellikleri incelenerek seçim yapılmaktadır. Yeni tip makinalar daha verimlidir. Amortisman süreleri hesaplanarak yapılacak yeni ve teknolojik makine yatırımı önemli seviyede enerji tasarrufu sağlayacaktır[27].

Bir ekipmanın düşük kapasiteli olması kötü, yüksek kapasiteli olması ise iyidir demek iyi bir mühendislik yaklaşımı değildir. .. Bir ekipmanın olması gerektiği kapasiteden büyük seçilmesi bu ekipmana bağlı çalışan diğer ekipmanlarında büyük seçilmesine sebep olacağından verimsizliğin zincirleme ilerlemesine sebep olur. Örneğin bir gübre fabrikasında kurutma tamburlarında kullanılan brülörün olması gerektiği kapasitenin üzerinde seçilmesi durumunda yanma havası fanının ve oluşan sıcak havanın seyreltilerek uygun sıcaklığa gelmesini sağlayan seyreltme havası fanının da yüksek kapasiteli seçilmesini gerekecektir. Sonuçta hem doğalgaz tüketimi hem de fan motorlarından kaynaklı elektrik enerjisi tüketimi artacaktır.

Ekipman seçim süreci tesislerin kurulum maliyetini, işleyişini ve verimliliğini etkileyen, uzmanlık gerektiren önemli bir konudur. Mühendis, yönetici ve ekipman üreticileri tarafından hassas bir şekilde yönetilmelidir.

## 6.2 Gereksiz Çalışma Kayıpları

Üretim tesislerinde sık görülen kayıplardan birisi de gereksiz çalışma kayıplarıdır. Özellikle çok uzun olmayan duruşlarda ekipmanların durdurulması yerine boşta çalıştırılması en çok rastlanan gereksiz çalışma durumudur. İlgili üretim operatörlerinin gerek iş yoğunluğu gerekse ilk devreye alma sırasında daha önce karşılaştığı bir takım problemler sebebiyle ekipmanları durdurmak yerine çalışır durumda bıraktıkları sıkça görülebilmektedir.

Gübre sanayinde nemlenme sebebiyle konveyörler tamburlarının patinaj yapması, brülörün geç devreye girmesi, bekleme sonucu pompalarda yoğunlaşma sık görülen problemlerdir. Zamanla oluşan işletme körlüğü de gereksiz çalışmaya zemin hazırlamaktadır. Plansız bakım çalışmaları makinaların gereksiz çalışmalarına sebep veren diğer bir problemdir. Programlı duruşların iyi planlanması, planlı bakım, manuel kontrolden otomatik kontrole geçiş, iyi iletişim, tamburların kaplanması ve temizlik konularında yapılacak çalışmalar duruşların minimize edilmesini sağlayacaktır.

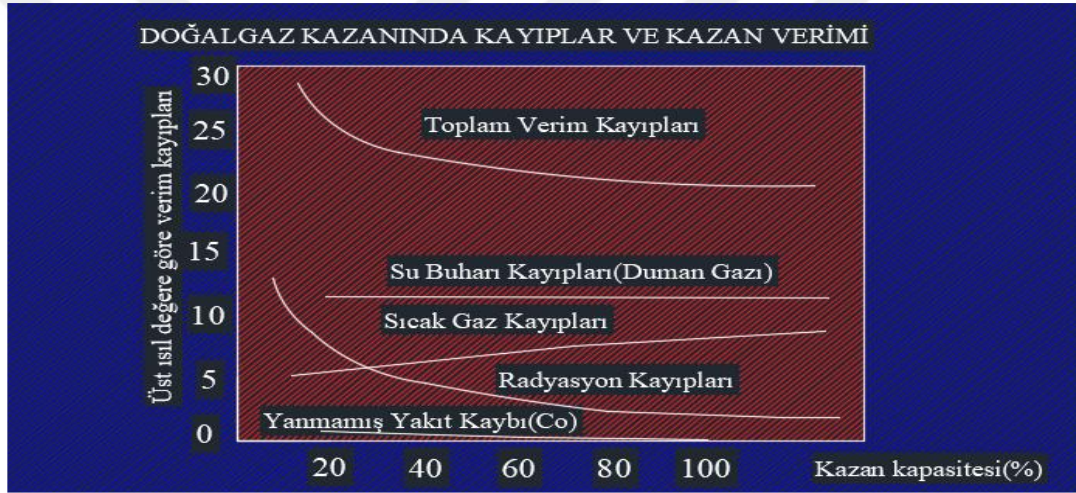
Proses gereği yapılması gereken haftalık programlı duruşlar sırasında 15 kW'lık elektrik motorlarıyla tahrik edilen 2 konveyörün 6'şar saat gereksiz çalıştığı düşünüldüğünde toplam gereksiz çalışma kaynaklı enerji kaybı;  $15 \times 2 \times 6 \times 54 = 9.720$  kWh/yıl olur. Bu gereksiz çalışmanın 2021 ortalama enerji fiyatlarına göre maliyeti;  $9.720 \times 0,614 \text{ TL/kWh} = 5.968 \text{ TL/Yıl}$ 'dır.

## 6.3 Yakma Sistem Kayıpları

Bir yakma sisteminden beklenen; en uygun yakıt hava karışımını sağlayarak verimli yanmayı gerçekleştirmesi ve baca gazı emisyonlarını istenen seviyelerde tutmasıdır. Bunun sağlanabilmesi için yakıt tipi, brülör seçimi, kazan verimi, kazan kapasitesi, yakma ve seyreltme hava fanları, yanma odası boyutları ve yalıtım konusunun dikkatle ele alınması gerekmektedir [28].

Gübre sanayinde kurutma ve buhar üretim işlemleri için yakıt olarak genellikle doğalgaz kullanılmakta olup doğalgaz brülörler yardımıyla yakılmaktadır. Bu noktada brülör ve yakıtın yanması için gerekli havayı sağlayan fanların verimli çalışması çok önemlidir.

Kayıplar incelendiğinde doğalgaz yakılan kazanlarda en fazla kaybın duman gazlarıyla birlikte bacaya giden su buharına bağlı kayıplar olduğu görülmektedir. Kazan yanma odasına verilen yakma hava miktarının fazla olması durumunda elde edilen ısının faydalı işe dönüşmeden bacaya taşınması sonucu oluşan enerji kayıpları ikinci önemli kayıptır. Kazan dış yüzeyi, kazan izolasyonu, refrakter malzemelerin kalitesi ve cehennemliklerin deforme olma durumuna bağlı radyasyon kayıpları bir diğer önemli kayıptır. Kazanın kapasitesinin altında kullanılması ve kapasite değişimleri özellikle oransal brülör kullanılmayan kazanlarda kayıp yaşanmasına sebep olmaktadır. Son olarak yakma havasının az olması yakıtın bir kısmının tam yanmadan atmosfere atılmasına ve yanmamış yakıt kaybı oluşmasına sebep olmaktadır[29]. Şekil 6.1’de örnek bir doğalgaz buhar kazanındaki verim kayıpları paylaşılmıştır.



Şekil 6.1. Altı Ton/h kapasiteli doğalgaz buhar kazanında verim kayıpları

#### 6.4 Hat Kaçak Ve Kayıpları

Gübre sanayinde buhar, hava, su ve kullanılacak hammaddeler(asit ve amonyak) boru hatları ile taşınmaktadır. Buhar ve hava doğrudan enerji kullanılarak elde edilmekte olup diğer akışkanların transferinde ise enerji kullanılmaktadır. Bu sebeple hat kaçak ve kayıplarının önlenmesi enerjide verimliliği beraberinde getirmektedir. Ayrıca dışa bağımlı olduğumuz hammaddelerin üretiminde yoğun enerji kullanıldığından hammadde transferinde yaşanacak kaçak hem enerji ve döviz kaybı hem de dünya küresel ısınmasına olumsuz etki anlamına gelmektedir.

Gübre sanayinde asit, buhar ve hava hatlarında yaşanan kaçaklarla daha yoğun karşılaşılmaktadır. Kantar, dozajlama ve patlangaç sistemlerinde kullanılan basınçlı havanın amacı dışında kullanılmak üzere sisteme hatlar çekilmesi hem hat kaçaklarının artmasına hem de sistem genel veriminin düşmesine neden olmaktadır. Buhar hat ve ekipmanlarında izolasyon, işçilik ve yanlış malzeme seçiminden kaynaklı kaçaklar ve tıkanmalar gözlenmektedir. Buhar sisteminde en büyük kayıp buhar kapanlarının kaçırma ve tıkanmasından kaynaklanan kaçaklardır. Buhar hatlarında ısı köprüsü oluşumu ve hat izolasyonunda buhar ekipmanlarının izolasyonlarının dikkate alınmaması diğer bir önemli kayıptır. İzole edilmemiş bir buhar vanasının ısı kaybı aynı çapta 1,2metre boruda yaşanan kayba eşittir. Buhar sistemlerinin izolasyonunda işçilik kaynaklı kayıp olarak genellikle izolasyon saclarının birleştirilme noktalarının dikkate alınmaması göze çarpmaktadır. Birleşme noktalarında açıklık olmaması, birleşme noktasının kar ve yağmur almayacak şekilde daha çok borunun alt kısmında olması durumu montaj sırasında dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerdendir. Örnek vana ceket uygulaması Şekil 6.2 de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Vana ceket uygulaması

Tesis kapasitesinin zamanla artması sonucu sisteme yeni kazan ve kompresörlerin eklenmesi ya da kazan yerinin değiştirilmesi durumunda hat yönlerinin, eğimlerinin ve kondens ceplerinin tekrar incelenip revize edilmesi, mevcut hat çaplarının yeni kapasiteye göre yeniden hesap edilmesi gerekmektedir. Bahsedilen sorunların görülebilecek hat verimsizliğinin ana sebepleri olup giderilmesiyle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanacaktır.



## 6.5 Korozyon Kaynaklı Kayıplar

Korozyon, malzemelerin kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda içinde buldukları ortamın da etkisiyle fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinde değişimler gözlenmesi ya da metal alaşımlarının çevreleriyle etkileşimi sonucu bozunumlarıdır. Korozyon hem metal ve alaşımın bozunma reaksiyonuna (yani oksitlenmesine), hem de bu reaksiyonun sebep olduğu zarara verilen addır Demir ve demir cinsinden olan malzemelerin (çelik ve dökme demirler) korozyonunu paslanma, aynı tür malzemelerden kaynaklanan korozyon ürününe ise pas denmektedir.

Hava ve su içerisinde oksijen bulunur. Bazı asidik kimyasallar ve tuz içerisinde de oksijen bulunur. Oksijenin oksitleyici bir madde ile oksitlenmesi sonucu korozyon meydana gelir. Altın ve platin dışındaki tüm metallerde görülen korozyon sonucu mukavemet, süneklik gibi mekanik özellikler, fiziksel özellikler ve dış görünüm olumsuz etkilenir; malzemenin bütünlüğü bozulabilir.

Korozyon Kontrol Standartları ve Belgelendirme Birliği olan NACE International'ın yaptığı 2 yıllık küresel bir araştırma raporuna göre yıllık küresel korozyon maliyetinin 2.5 trilyon \$ olduğu ve bunun dünya genelinde gayri safi milli hasılatın kabaca %3.5'ine denk geldiği belirtilmiştir. Türkiye'de bu oranın %4 seviyesinde olduğu öngörülmektedir [30].

Gübre sanayinde görülen büyük problemlerden biri de korozyon olup hem tehlike arz eden hem de sebep olacağı kaçaklar ve duruşlar sebebiyle enerji verimliliğine etki eden bir konudur. Gübre üretim tesisleri korozif akışkanların yoğun kullanıldığı, hammadde ve ürün transferi sebebiyle limanı bulunan, denize yakın ve nemli bölgelere kurulmuş tesislerdir. Gübre üretim tesislerinde korozyon türlerinin tamamına yakınıyla karşılaşmaktadır. Üretim prosesinde bulunan tanklar, kazanlar, reaktörler, ısı değiştiricileri ve boru hatları gibi ekipmanların tamamına yakını metal malzemelerden yapılmıştır. Proses ekipmanları içinde bulunan kimyasal maddelerin etkileşime girip korozyona uğrarlar. Gübre tesislerinde ekipmanlar ve boru hatları aynı zamanda atmosferik korozyona maruz kalırlar. Havadaki nem, oksijen ve gündüz ile gece arasındaki sıcaklık farkına tesislerin kendi ortamlarında bulunan korozif gazların da eklenmesi korozyonun hızını ve etkisini arttırmaktadır.

### 6.5.1 Sık görülen korozyon türleri ve önleme yolları

Gübre sanayinde kullanılan hammaddelerin korozif özellikleri bilindiği için malzeme seçimi bu özellikler dikkate alınarak yapılır. Teorik olarak korozyon beklenmez fakat uygulamada teorik verilerden sapmalar olmaktadır.

Homojen korozyon gübre sanayinde boru hatları ve tanklarda sıkça görülen kontrolü en kolay olan korozyon çeşididir. Aynı cins malzemedен üretilen ekipmanlarda görülen bu korozyon türünde metal kalınlığı her yerde aynı miktarda azalır. Periyodik kalınlık ölçümleri yapılarak gerekli önlemler alınmalıdır.

Çukurcuk(pitting) korozyonuna gübre sanayinde sıkça rastlanmakta olup en fazla dikkat edilmesi gereken korozyon türüdür. Metal yüzeyinin belli noktalarında çukur oluşumu şeklinde görülür. Asit tanklarının neme maruz kalan dip kısımlarında, eşanjörlerin tüp ve ayna yüzeylerinde, buhar kazanları borularının içinde ve yeraltına gömülü boru hatlarının dış yüzeylerinde görülmektedir. Korozyon sonucunda çok az malzeme kaybı görülmesine rağmen çukurun giderek büyümesi sonucu korozyona maruz kalan bölge kısa sürede delinerek hem tehlike arz eder hem de enerji kaybına sebep olur. Çukurcuk tespit edilen bölgeyi değiştirmek yapılabilecek en iyi çözümdür[31]. Fosforik asit tankının altından geçen kablo tavaları söküldüğünde farkına varılan çukurcuk korozyonu Şekil 6. 3 de gösterilmiştir.



Şekil 6.3. Çukurcuk (pitting) korozyonu

Buhar kazanlarında meydana gelen korozyon hem ısı transferini zorlaştırır hem de kazan borularının deforme olup kazanların devreden çıkmasına neden olabilir. Kazanlarda korozyonun temel kaynağı kazan besleme sularıdır. Kazan besleme suyuna eklenen kimyasallar ve blöf uygulamaları ile korozyonun en temel sebeplerinden olan çözünmüş oksijenin hesap edilen limitler içerisinde kalması ve çözünemeyen partiküllerin dışarı atılması sağlanmaktadır. Tüm bunlara rağmen kazanlarda çukurcuk korozyonu ve kireçlenme görülmektedir. Erozyon ve sıcaklığın etkisiyle en riskli bölgeler alev gören bölgeler olmaktadır. Delinmelerin önüne geçmek için periyodik bakım ve kalınlık ölçüm işlemi yapılmakta ve tehlike sınırındaki borular kesilerek değiştirilmektedir. Doğalgaz yakan kazanlarda daha kontrollü bir ısı dağılımı elde edilir. Kömür ya da fueloil yakan kazanlara göre daha az risklidirler.

Korozyonla mücadele güvenlik, malzeme kaybı ve enerji açısından önem arz etmektedir. Korozyonun tamamen yok edilmesi mümkün olmayıp her zaman ve her yerde görülebilir. İzleme-ölçme-kontrol (inspection) çalışmaları periyodik ve planlı bir şekilde yapıp önlem alınarak kontrol altında tutulması mümkündür.

## **6.6 Döküntü ve Eksik Bakım Kaynaklı Kayıplar**

Gübre sanayinde hammadde kaynaklarının korozif ve yapışkan yapısı proses içerisinde özellikle ürün ya da hammadde geçiş bölgelerinde yapışmalara ve tıkanıklıklara sebep olmaktadır. Döküş şutlarında, dirseklerde kurutucu kanatlarında, granüle kaplamalarında ve eşanjörlerde bu tip problemlere sıkça rastlanmaktadır. Bu tıkanıklıklar döküntülerin zamanla artmasına ve kekleşmeye dönüşmesine neden olup ekipmanları zamanla çalışamaz duruma getirebilmektedir. Bu problemler hurda miktarının artmasına, ısı transferinin engellenmesiyle enerji kaybına, yeniden işleme maliyetine ve tesislerin uzun süre plansız duruşuna sebep olmaktadır.

Ağır mekanik ekipmandan oluşan gübre sanayinde bakım çalışmalarının kalitesi de üretim ve enerji verimliliğini direkt etkilemektedir. Montaj hataları, eksik ya da özensiz bakım ve iyi kontrol edilmeyen proses arıza bakımların ve plansız duruşların artmasına sebep olan önemli kayıplardır.

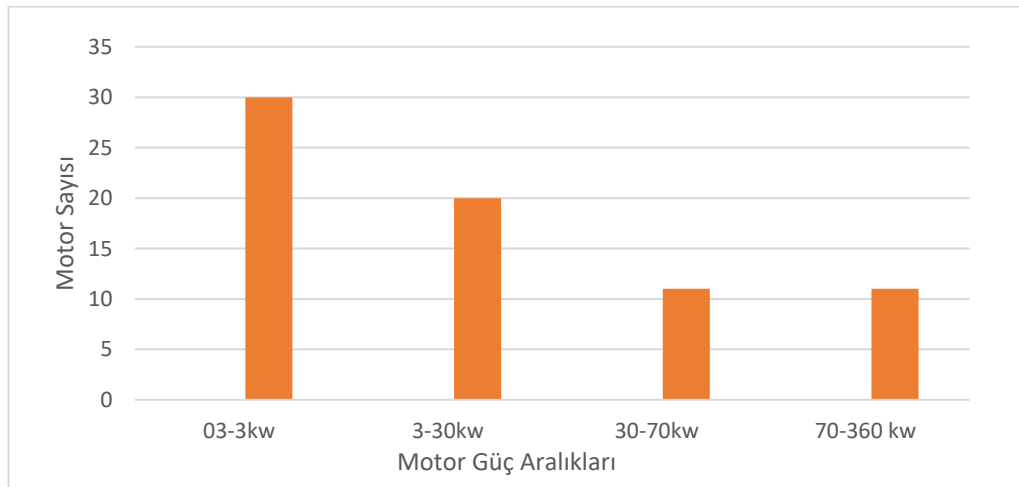
Uygun şut dizaynı, nem değerlerinin kontrolü, döküntülerin kaynağında yok edilmesi, etkili temizlik ve planlı bakım çalışmaları yapılarak kayıplar kontrol altında tutulabilmektedir.

## 7. PROSESTE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Gübre üretim tesislerinde üretilen ürünler çeşitlilik göstermekle birlikte kullanılan makine ve cihazlar büyük benzerlikler göstermektedir. Bu kısımda genel olarak tüm gübre sanayinde kullanılan proses elemanlarının verimliliği konusu incelenmiştir.

### 7.1 Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği

Elektrik motorlarının ülkemizde sanayide elektrik kullanımında % 60-65 gibi yüksek bir paya sahip olması enerji tasarruf potansiyelinin büyüklüğüne işaret etmektedir. Elektrik motorlarında verimlilik tesis enerji verimliliğine ve üretim maliyetlerine doğrudan etki etmektedir. Gübre sanayinde, en fazla akış kontrolü için elektrik motoru kullanılmakta olup kullanılan motor güçleri çeşitlilik arz etmektedir. Kullanılan motorlar analiz edildiğinde elek vibrasyon motorlarının güçlerinin 0,3-0,5kw aralığında, konveyör ve elevatörler motorlarının 3-55kw aralığında, pompaların 3-90kw aralığında, fan ve tamburların 30-350kw aralığında değişen motorlara sahip oldukları görülmektedir. Sanayinin genelinde görülen motorların büyük boyutlandırılması durumu gübre sanayinde de görülmektedir. Büyük boyutlandırma normal çalışma profilinin altında çalışmaya ve buna bağlı olarak ekipmanın düşük verimlerde yüksek enerji tüketmesine neden olur. Örnek bir NPK üretim tesisine ait motor güç dağılımları Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Örnek bir NPK üretim tesisinde motor güç dağılımları

Elektrik motorlarında verim; motor milinden alınan gücün(P2) şebekeden çekilen güce(P1) bölünmesi ile bulunmaktadır. Şebekeden çekilen güç motor milinden alınan güç ile kayıpların toplamıdır.

$$\text{Verim}=(P2/P1) * 100; P2= P1\text{-Kayıplar}$$

Görüldüğü gibi kayıpların minimize edilmesi motor veriminin artması anlamına gelmektedir. Elektrik motorlarında ısı enerjisine dönüşen kayıplar stator ve rotor sargı kayıpları, demir kayıpları, sürtünme ve motor soğutma fanı kayıplarından oluşmaktadır. Yüksek verimli motorlar; daha çok bakır ve uygun oluk doluluğu, daha ince laminasyon sacı, düşük kayıplı çelik sac, rotor ile stator arası en iyi boşluk, küçük soğutma fanı ve daha verimli rotor tasarımı konularında yaşanan teknolojik gelişmeler sonucu üretilmeye başlanmıştır.

### 7.1.1 Elektrik motoru verimlilik sınıfları

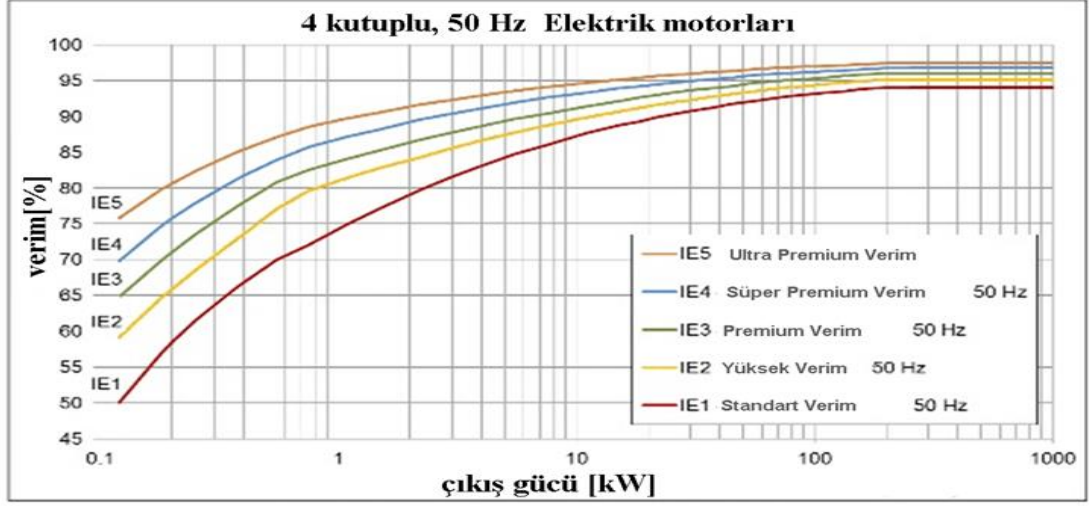
Verimlilik değerlerine göre elektrik motorları eff3, eff2 ve eff1 şeklinde CEMEP tarafından sınıflandırılmıştır. Eff1 en yüksek verimli motor, eff3 en düşük verimli motordur. Diğer sınıflandırma ise 2008 yılında IEC(International Energy Efficiency) tarafından yapılmış olan IE1, IE2, IE3 ve IE4 şeklindeki sınıflandırmadır.[32] Bu sınıflandırma Tablo 7.1’de paylaşılmıştır.

Tablo 7.1. Elektrik Motoru verimlilik sınıfları

CEMEP		IE4	Süper Premium
		IE3	Premium
Yüksek Verimli	EFF1	IE2	Yüksek Verimli
Verimi Arttırılmış	EFF2	IE1	Standart verimli
Düşük Verimli	EFF3	IEC 60034-30	

Verimli motor kullanımında ABD sıkı bir politika gütmektedir. ABD’de 19 Aralık 2010 dan bu güne tüm motorlarda IE3 standardı zorunlu hale getirilmiştir. 1 Ocak 2015 tarihten itibaren Avrupa da direk bağlantılı motorlar için minimum IE3 sürücü ile kullanılan motorlar için minimum IE2 motor kullanımı zorunlu hale geldi. Yasa bir ve üç fazlı, 7.5 kW -375 kW güç aralığındaki motorları kapsamaktadır.[34]

Verimli motor kullanımında ABD sıkı bir politika gütmektedir. ABD’de 19 Aralık 2010 dan bu güne tüm motorlarda IE3 standardı zorunlu hale getirilmiştir. 1 Ocak 2015 tarihten itibaren Avrupa da direk bağlantılı motorlar için minimum IE3 sürücü ile kullanılan motorlar için minimum IE2 motor kullanımı zorunlu hale geldi. Yasa bir ve üç fazlı, 7.5 kW -375 kW güç aralığındaki motorları kapsamaktadır.[34] Şekil 7.2’de IEC elektrik motoru verimlilik limitleri paylaşılmıştır.



Şekil 7.2. IEC elektrik motoru verimlilik limitleri[33]

### 7.1.2 Elektrik motoru verim-kazanç hesabı

Standart verimli(IE1), 55Kw, dört kutuplu, günde 24 saat ve yılda 330 gün çalışan bir sirkülasyon fan motorunun yüksek verimli(IE2) bir motorla değiştirilmesi sonucu elde edilecek kazanç aşağıda hesaplanmıştır.[35]

Çalışma saati : 24 \* 330 = 7920 saat

Yük Faktörü : %75

IE1 Verim :92,1

IE2 Verim :93,5

Toplam Tasarruf :55Kw \*0,75\*7920\*((1/0,921)-1/0,935))=5311 Kwh/yıl

Toplam Kazanç(TL) :5311 \* 0,614(TL/KW) = 3261 TL

Yüksek verimli elektrik motoru kullanımı kadar kullanılacak ekipmana uygun gte motor seçimi yaparak motoru en yüksek verim noktasında çalıştırmak da önemlidir.

Elektrik motorları dizayn edildikleri değerlere uygun çalıştıklarında maksimum verim sağlarlar. Olması gerekenden daha büyük ya da küçük motor seçimi motorda verimin düşmesine sebep olur.

Elektrik motorlarını verimli çalıştırmannın bir diğerk yolu ise değış hız sürücü(DHS) uygulamasıdır. Değışken hız sürücüleri motorların farklılık gösteren yüklerle uygun devir sayısında ve yüksek verim bölgesinde çalışmasına katkı sağlayarak sistem verimliliğini arttırlar.

### **7.1.3 Yüksek verimli motor yatırımı**

Yüksek verimli motor üretimi teknolojik yatırımlar ve pahalı malzeme kullanımı gerektirdiğinden motor maliyetleri yüksek olmaktadır. Yapılacak yatırımın kendini amorti edebilme süresi hesap edilerek yatırım yapılmalıdır. Bir asit deşarj çukurunda bulunan ve haftada 2 saat çalıştırılan bir pompa motorunun kendini amorti etme süresi çok uzun olacağından üst verimlilik sınıfında bir motorla değışimi ekonomik olmayacaktır. [30]

Yanan motorlar sardırılma işlemleri yapılarak tekrar kullanılmakta fakat bu durum motorlarda %4'e kadar verim düşüşüne sebep olmaktadır. Motor sardırılmadan önce yüksek verimli motor alımı konusunda fizibilite çalışması yapılması daha uygun bir mühendislik yaklaşımı olacaktır.

Yatırım yapılırken göz önüne alınacak bir diğerk hususta bakım süre ve maliyetlerinde yaşanacak düşüşler olmalıdır. Yeni motor yatırımı daha az bakım duruşu yaşanmasına, dolayısıyla üretimde ve enerjide verim artışına katkı sağlar.

### **7.1.4 Motor bakımı**

Elektrik motorları yıl boyunca problem çıkarmadan aktif çalışması beklenen cihazlardır. Bu aktif çalışmaya bağılı olarak elektrik motorlarında birtakım mekanik ve elektriksel arızalar meydana gelmektedir. Motor arızası tahrik ettiğı ekipmanın çalışmamasına ve gübre sanayi düşünöldüğünde büyük ihtimalle tesisin tamamen durmasına sebep olacaktır. Arızaların tesis verimliliğini düşürmesinin bir diğerk çıktısı da enerji kaybı yaşanmasıdır. Dolayısıyla elektrik motorlarında bakım hem üretim hem de enerji verileri açısından önemlidir.

Bakım çalışmalarının proaktif(öngörücü) yaklaşım ile yapılması, gerekli ölçüm ve analizler yapılarak kestirimci bakım ve planlı periyodik bakım çalışmaları yapılması; arızaların yaşanmadan önlenmesine olanak sağlayacak ve dolayısıyla faydasız enerji tüketimini ortadan kaldıracaktır.

## 7.2 Pompalarda Enerji Verimliliği

Akışkanların transferinde, basınçlandırılmasında ya da hızının artırılmasında kullanılan pompalar sanayide tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %20'sini harcarlar. İnsan vücudundaki kanı pompalayan kalbin fonksiyonunu tesislerde pompalar yapmaktadır. Değişken yüklerde çalıştırılmaları sebebiyle pompaların enerji tasarrufu potansiyeli yüksektir. Pompa ve pompa sistem elemanlarının verimliliği enerji verimliliğine doğrudan etki etmekte olup yapılacak iyileştirme çalışmalarının tesis enerji tasarrufuna katkısı büyük olmaktadır.

Pompalar temel olarak rotodinamik (santrifüj) pompalar ve pozitif deplasmanlı (dişli, paletli, loblu, burgulu..vs.) pompalar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Santrifüj pompalar gübre sanayinde en yoğun kullanıma sahip pompalar olup yıkama sistemlerinde, asit ve su transferlerinde, kazan su beslemesinde, arıtma ve su toplama sistemlerinde kullanılmaktadır.

Pozitif deplasmanlı pompaların ise kaplama yağı ve amonyak transferinde, filtre preslerde, dozajlama ve hidrolik sistemlerde kullanımı görülmektedir. Pompalarda verimlilik doğru pompanın seçilmesi ve iyi hat dizaynıyla başlar.

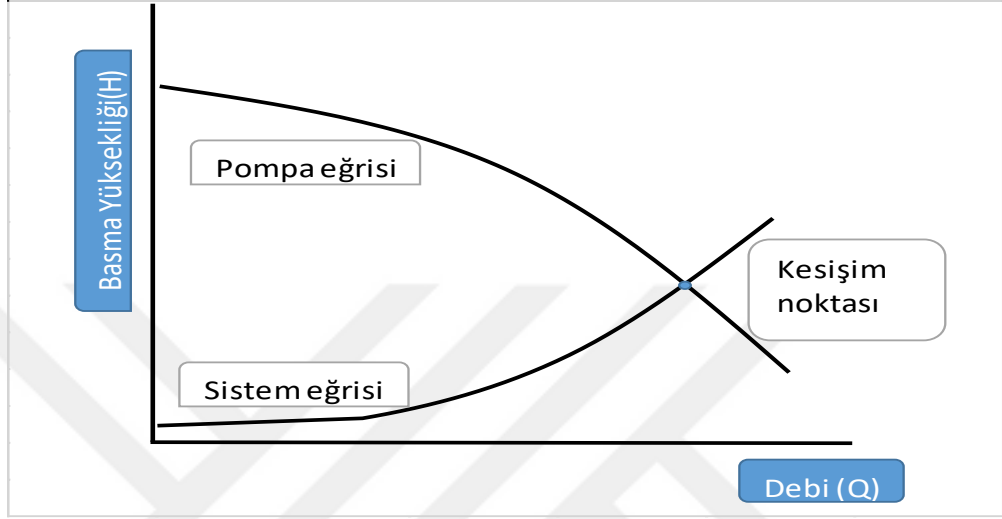
Pompa seçiminde bilinmesi gerekenler:

- ▶ Akışkanın özellikleri(ph, yoğunluk, sıcaklık, viskozite)
- ▶ Debi(Q) ve statik basma yüksekliği
- ▶ Pompanın emiş yapacağı yükseklik ya da ne kadar pozitif basınca sahip olduğu
- ▶ Emme ve basma hattı sürtünme kayıpları
- ▶ Atmosfer Basıncı ve basma noktasında istenen basınç

Genellikle görülen hata ileride kapasite artışının olma ihtimali düşünülerek ya da aşırı garantici yaklaşımla sistem verimliliğini düşünmeyip yüksek kapasiteli pompa seçimidir. Yüksek seçilen basma yüksekliği ve debinin bir miktarda üretici tarafından yükseltildiğini düşünürsek pompa devreye alındığında sisteme gereğinden yüksek debide akışkan gönderilecektir. Bu debinin istenen değerlere çekilmesi için basma vanasının kısılması durumunda %30'lara yakın enerji kaybı yaşanabilmektedir. Pompayı büyük seçmek yerine büyük motor küçük çark seçimi yapıp ihtiyacın artması durumunda çark bir büyük boyutlu çarkla değiştirilebilir.[37]



Pompa emiş ve basma hatlarının uygun çap dizaynı, mümkün olan en az dirsek ve Te parça ile hatların en kısa yoldan tamamlanması sistem verimi açısından ikinci önemli parametredir. Pompa gövde, çark ve difzrnn şekli, kaçaklar ve mekanik salmastra kullanımı da pompa performansını etkileyen diğer faktörlerdir. Pompa ve sistem karakteristik eğrileri şekil 7.3'te gösterilmiştir.

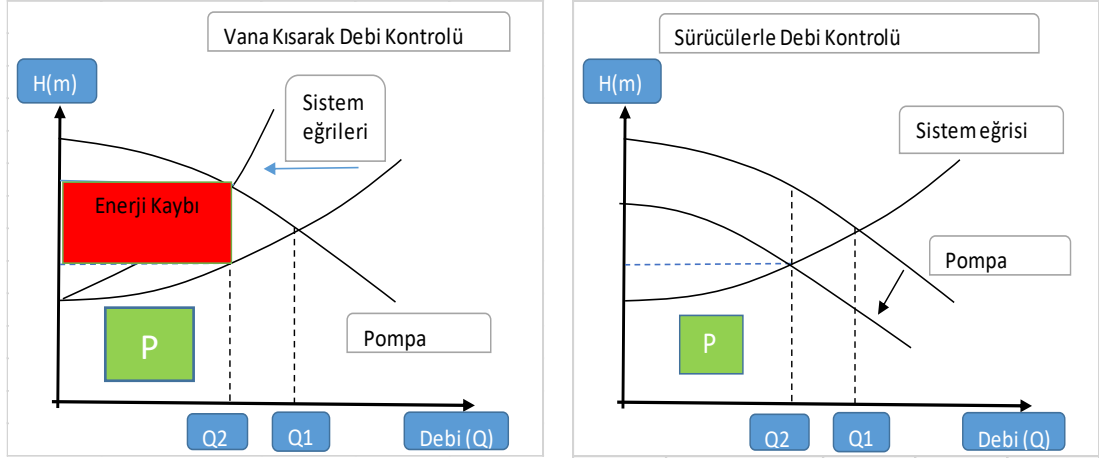


şekil 7.3. Pompa ve sistem karakteristik eğrisi

Pompalarda verim debiye göre değişir. Pompa verimi debi arttıkça artar ve bir noktada maksimum olur. Pompaların en az kayıp ve titreşimle çalıştığı, verimin yüksek arıza sayısının az olduğu yer en yüksek debinin elde edildiği bu noktadır. Pompalar seçilirken bu noktaya yakın seçilmeli ve pompa karakteristik verilerinin 20 C suya göre hesaplanmış olduğu unutulmamalıdır.[32]

Pompalar sürekli aynı debide çalıştırılmazlar. Sistem gereği değişken debilerde akışkan talep edilebilir. Başlıca debi değiştirme yolları; Pompayı ihtiyaç olduğua çalıştırmak, kayış kasnak kullanarak devri değiştirmek, by-pass hattı yapılarak ürünün bir kısmının depoya göndermek, vana kısmak ve sürücü kullanımı ile pompayı ihtiyaç duyulan devirde döndürmektir.

En verimli seçenek sürücü kullanılması olup diğer seçeneklerde ya pompa sistem eğrisi değişmekte ya da pompa gereksiz çalışma yapmak zorunda kalmaktadır. Gübre sanayinde sıkça karşılaşılan hat, filtre ve ısı değiştiricilerindeki tıkanıklıkları da sistem karakteristiğini etkileyerek pompanın verimli çalışma noktasından uzaklaşmasına neden olur. Pompa debi kontrolü sonucu oluşan eğriler şekil 7.4'te gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Pompalarda debi kontrolü

Pompa karakteristikleri hızın değişimi ile değişmektedir. Bu değişim şu şekildedir;

Debi hız ile doğru orantılıdır :  $Q_2/Q_1 = n_2/n_1$

Basma yüksekliği hızın karesiyle orantılıdır :  $H_2/H_1 = (n_2/n_1)^2$

Güç ise hızın küpüyle orantılıdır :  $P_2/P_1 = (n_2/n_1)^3$

Pompalarda verim ( $\eta$ ) :  $P(\text{çıkan}) / P(\text{giren})$   $P=\text{Güç}$

### 7.2.1 Kaviteasyon

Kaviteasyon pompa sistemlerinde görülen en ciddi problemlerden olup sistemde gürültü ve titreşime, enerji sarfiyatına, pompa çarklarında hasara ve aşınmalara yol açıp verim düşüklüğüne sebep olur. Kaviteasyon; pompa emişindeki basıncın akışkan buhar basıncının altına düşmesiyle oluşan kabarcıkların yüksek basınçlı çark bölgesinde patlaması sonucu oluşur ve darbe etkisi yapar.

Kaviteasyon; emme hattının uzun, yüksek dirençli, vanasının kapalı ya da filtresinin tıkalı olması sonucu görülebilir. Düşük atmosfer basıncı(yüksek rakım), akışkan konsantrasyonu ve emiş hattında kaçaklar da kaviteasyonu tetikler. Ayrıca gübre sanayinde katı partiküllerin emiş ağzında birikmesi ya da emiş filtrelerini tıkaması sonucu kaviteasyon oluşabilir. Pompa emişinde pozitif emme yüksekliği (NPSH) olarak tanımlanan bir minimum basınç bulunması gerekir. Bu minimum basınç sayesinde kaviteasyon oluşumu önlenmektedir. Gübre sanayinde pompaların eş yaşlandırma yapılarak emiş hat ve filtrelerinin temizlenmesi kaviteasyonun önlenmesi

ve pompa veriminin düşmemesi açısından önemlidir. Pompa emiş ağızı tıkanıklığına ait görsel Şekil 7.5'te paylaşılmıştır.



Şekil 7.5. Pompa emiş ağızı tıkanıklığı

### 7.3. Fanlarda Enerji Verimliliği

Fanlar; bir basınç farkı meydana getirmek suretiyle hava akışı sağlayan cihazlardır. Fanlar kullanım yerine göre emme fanı, basma fanı, egzoz fanı ya da sirkülasyon fanı şeklinde adlandırılırlar. Gübre sanayinde son dönemde çıkan çevre kanunlarına bağlı olarak baca emisyon değerleri kontrol altında tutulmak zorundadır ve teknolojik olarak sürekli izlenmektedir. Bu durum baca yıkama kademelerinin çoğalmasına; dolayısıyla kullanılan fan ve pompaların hem sayısının hem de kapasitesinin artıp en fazla enerji tüketen ekipmanlar durumuna gelmesine yol açmıştır.

Fanlar pompalar gibi değişken yüklerde kullanılabilirler, enerji tasarruf potansiyelleri yüksektir. Fan verimliliğinde en önemli husus doğru fan seçimidir. Fan seçiminde fanın kullanım ömrü boyunca harcayacağı enerji hesap edilip çıkan maliyetler karşılaştırılarak seçim yapılmalıdır. Fanların tahriki sistemi kaplin bağlantılı ya da kayış kasnak bağlantılı olabilir. Kayış kasnak sisteminde kayıplar nedeniyle %5 verim düşüklüğü yaşanacağından zorunluluk yoksa kaplinli bağlantı tercih edilmelidir. Yüksek verimli motor kullanımının yanında, tesisler farklı kapasitelerde çalıştırılıyorsa frekans invertörü (sürücü) ya da çift devirli motor tercihi verimlilik açısından önemlidir. [39]

Yılda 330 saat çalışan 55 Kw'lık bir fanın tahrik sistemi kayış kasnak yerine kaplinli bağlantı yapıldığında ve ayrıca standart verimli(IE1) motor yerine, yüksek verimli(IE2) bir motorla tercihinde elde edilecek kazanç aşağıda hesaplanmıştır.

Çalışma saati : 24 \* 330 = 7920 saat                      Yük Faktörü : %75  
IE1 Verim : 92,1              IE2 Verim : 93,5      Elektrik Fiyatı:0,614 TL/Kwh  
Tasarruf Miktarı: (55 \* 7920\* 0,05)+55Kw\*0,75\*7920\*((1/0,921)-1/0,935))  
=21780 + 5311=27091 Kwh/yıl; 27091 \* 0,614 =16633,8TL/yıl

Verimi etkileyen en önemli faktörlerden biri de temizlik ve bakım çalışmalarıdır. Gübre tesislerinde fanlardan geçen akışkan üretim gereği tozlu ve nemlidir. Fanların buldukları ortamdaki gübre tozları da fan içerisinden geçen toz miktarını arttırmaktadır. Bu tozlar fan kanatlarına yapışarak balanssızlığa ve fan veriminin düşmesine neden olurlar. Verimli çalışma için temizlik, titreşim kontrolü, kayış kasnak kontrolü ve yağlama, planlı bir şekilde yapılmalıdır.

#### **7.4 Buhar Sistemlerinde Enerji Verimliliği**

Tüm kimya sanayinin önemli girdilerinden olan buhar enerjisi gübre sanayi içinde önemli olup hem proses gereği üretimde, hem de ısı değiştirgeçlerinde kullanılmaktadır. Bir kompoze gübre fabrikasında tüketilen doğalgazın yaklaşık %30'u buhar üretimi için kullanılmaktadır. Buhar kullanımı transfer kolaylığı, çevreci oluşu, yüksek yatırım gerektirmemesi ve kondensin geri döndürülüp enerji tasarrufu sağlanması sebebiyle avantajlıdır. Buhar sistemlerinde yapılacak verim artırıcı çalışmalar neticesinde ortalama % 20 enerji tasarrufu sağlanabilir.

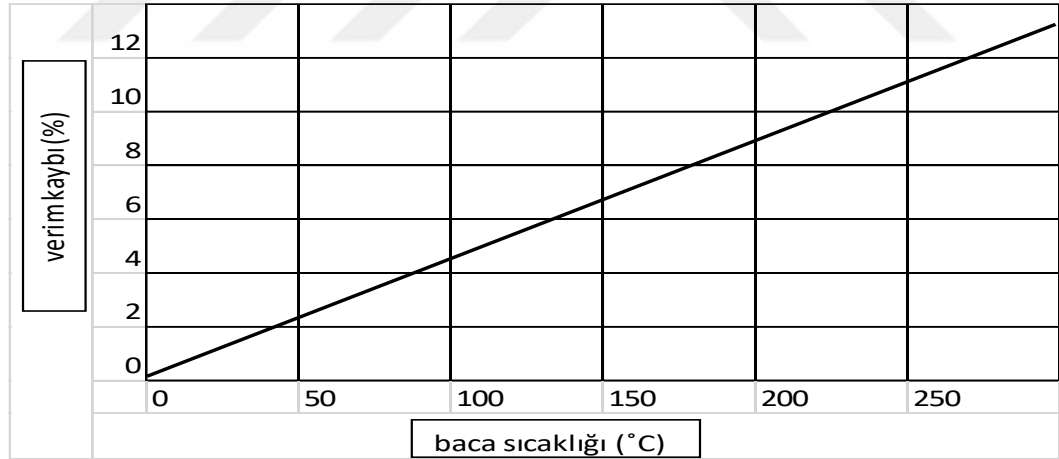
##### **7.4.1 Kazan dairesinde verimlilik**

Buhar üretiminde kullanılan kazanın istenen basınç, sıcaklık, kalite(kuruluk) ve debide buhar sağlanması beklenir. Buhar kazanı seçimi ve kazan yeri tayini ilk yatırım maliyeti ve işletme sırasındaki enerji tüketimi açısından önemlidir. Tesislerde buhar ihtiyacının iyi belirlenerek kazan seçimi yapılmalıdır aksi takdirde, kazan düşük ya da yüksek yükte çalıştırılmak zorunda kalına bilinir. Yük çekimi %50'nin altına düştüğünde ısı kayıp yüzdesi artarak verim eğrisi düşer. Kazandan aşırı yük çekilmesi durumunda ise yanma verimi düşüp baca gazı sıcaklıkları artış gösterir. İdeal verim; kazanın kapasitesinin %70'inin üstünde ve tam yüke yakın çalıştırılarak elde edilir [40].

Kazanın eski ve yeni kazan olma durumuna göre yanma sistemi, kazan izolasyonu, blöf sistemi ve baca gazına yapılacak dokunuşlar sonucu %5 ile %25 oranında verim artışı sağlanabilir. Bunun için; oransal brülör kullanımı, atık ısılar kullanılarak brülör yakma havasının ısıtılması, kazan su beslemesinin oransal yapılması, otomatik blöf sistemiyle köpük ve kireç taşı oluşumunun engellenmesi, kazan yüzey blöfünden atılan enerjinin geri kazanımı ve izolasyon yenileme çalışmaları yapılmalıdır.

Isı transferinin olabilmesi için kazanlarda yanma sonucu bacaya gönderilen duman gazlarının sıcaklığı buhar sıcaklığından fazla olmalıdır. Doğal gaz kazanlarında baca gazı sıcaklığı doymuş buhar sıcaklığından 50 °C ile 75 °C arasında daha yüksek olup bu sıcaklığın her 20 °C düşüşü %1 verim artışına karşılık gelmektedir. Doğalgaz kazanlarında korozyona sebep olan asit gazlarının yoğunlaşmaması için baca gazı sıcaklığının 110 °C olması yeterlidir.

Ekonomizer ve reküperatör kullanımı ile bacadan atılan atık ısı geri kazanılabilir. Böylece hem kazan verim ve kapasitesi artırılmış hem de çevre korunmuş olur. Baca gazı sıcaklığının verime etkisini gösteren grafik Şekil 7.6'da paylaşılmıştır.

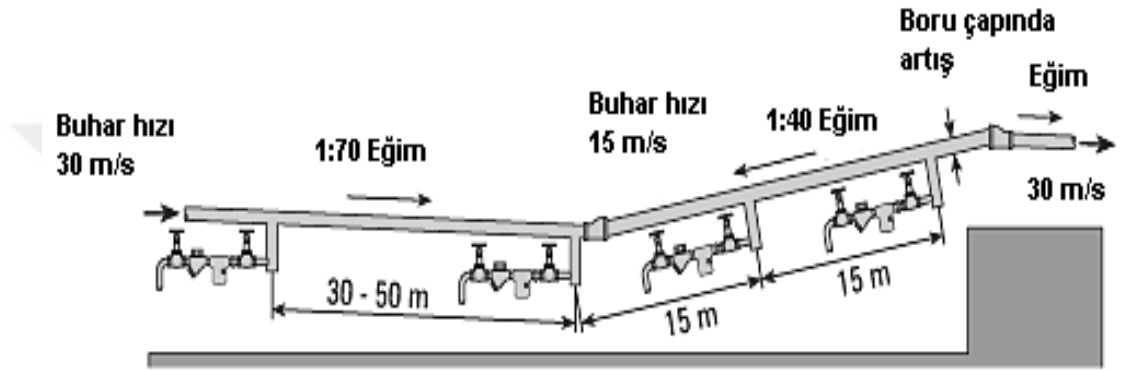


Şekil 7.6. Baca gazı sıcaklığının verime etkisi[41]

#### 7.4.2 Buhar tesisatında verimlilik

Buhar tesisatlarının tasarruf potansiyeli yüksektir. Buhar hat tayininin iyi yapılması, hattın ve hat üzerindeki buhar cihazlarının yalıtımı, uygun buhar kapağı seçimi ve montajı, kondensin tamamen geri döndürülmesi, kondenzen flaş buhar elde edilip kullanılmasıyla %11 ile %32 arasında verim artışı sağlanabilir. [42]

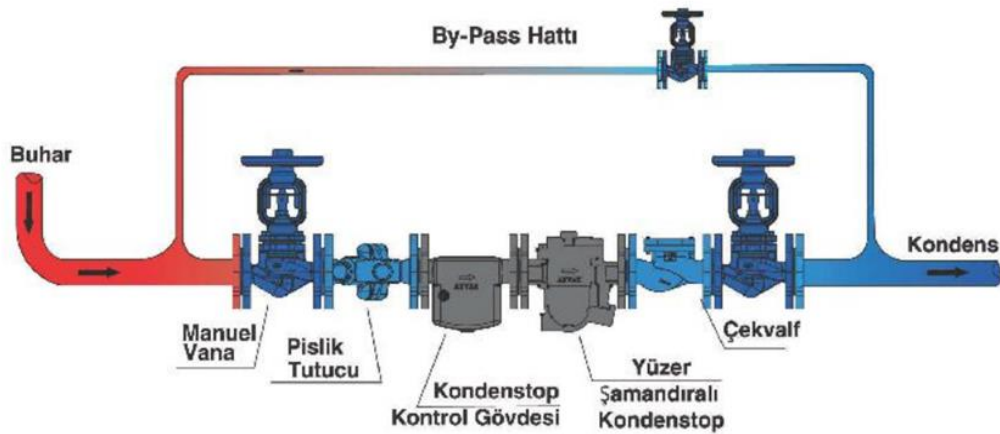
Buhar hatlarının çap tayini buhar hız ve basınç düşümüne göre yapılmalıdır. Buhar; kazan çıkışına konulacak separatör yardımıyla kondenssten mümkün olduğu kadar arındırılmalıdır. Buhar hatlarında koç darbesi olarak adlandırılan kondensin sürüklenerek dirsek ve hat elemanlarına zarar vermesi problemiyle sıkça karşılaşmaktadır. Buhar hatlarının belli bir eğimle çekilmesi, konsantrik redüksiyon yerine eksantrik redüksiyon tercihi ve kondens cebi uygulaması yapılarak biriken kondensin alınmasıyla koç darbesi problemi önlenmektedir. Uygun hat dizaynı Şekil 7.7’de paylaşılmıştır.



Şekil 7.7. Buhar hattı dizaynı[42]

#### a) Kondenstoplar (Buhar kapanları)

Kondenstoplar; buharı tutup tesisattaki hava, gaz ve kondensi tahliye eden cihazlardır. Buhar hatlarında ısı kaybına bağlı yoğuşan buharın tahliyesini ve tesislere giden buharın kondense dönüşümünü sağlarlar. Böylece buharın buharlaşma enerjisinden faydalanılması ve kazan besisi suyu olarak tekrar kullanımı sağlanır. Tekniğine uygun montaj önemli olup örnek montaj şeması Şekil 7.8’de paylaşılmıştır.



Şekil 7.8. Kondenstop Montaj Şeması

Kondenstoplar kullanılacak hat, buhar yükü ve ekipmana uygun seçilmelidir. Buhar kullanan cihazların grup olarak kondensoplanması hat tıkanıklığına sebep olacağından mutlaka her bir cihazın ayrı kondensopu olmalıdır. Sisteme vakum kırıcı ve hava atıcısı montajı emniyetli çalışması açısından önemlidir..

Geri döndürülmeyen kondens ve kondensopların kaçırması sebebiyle atmosfere atılan buhar; enerji ve yakıt kaybı, su kaybı ve suyun saflaştırılması için kullanılan kimyasal madde kaybına karşılık gelmektedir. Kondensop performansı optimum buhar sistem verimini belirler. Gübre sanayinde 6 bar buhar girişi olan, haftada 6 gün yılda 50 hafta çalışan bir akışkan yatak eşanjöründe kullanılan 3/4" bir kondensopun kaçırması durumunda gerçekleşen yıllık kayıp aşağıda hesaplanmıştır. (Doğalgaz: 1,81TL/Sm<sup>3</sup>)  
1 kg buhar için yaklaşık 0,081 Sm<sup>3</sup> doğal gaz kullanılmaktadır.

3/4" kondensop kaçak miktarı: 50kg/h (buhar tablolarından alınmıştır)

Toplam kayıp :50\*24\*6\*50 =360.000kg/yıl

Toplam kayıp(TL) :360.000\*0,081\*1,81 =52779 TL/yıl

### **7.5 Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği**

Havanın belirli bir oranda kompresörlerde sıkıştırılması ile elde edilen basınçlı hava; gübre sanayinde kantar pistonlarında, silo patlanaçlarında, kontrol valflerinde, temizlik için kullanılan hava tabancalarında ve havalı diyaframlı pompalarda kullanılmaktadır. Basınçlı hava sistemlerinin enerji tasarruf potansiyeli yüksek olup yapılacak sistem iyileştirmeleri, düzenli kontrol ve bakımla %33'e varan verim artışı sağlanabilmektedir. Basınçlı hava sistemi; üretim(kompresörler), hazırlık(kurutucu ve hava tankı) dağıtım hatları ve kullanım (Pnömatik elemanlar) olmak üzere dört aşamalıdır. Kompresör seçiminde; spesifik güç tüketimi ve boşa çalışma güç tüketimi en düşük kompresörler, işletme şartlarına uygun bir şekilde tercih edilmelidir.

Üretilen havanın basınçlı hava tanklarında su ve yağ zerrecilerinden arındırılması ve biriken suyun tank dibinden hava kondensopu ile alınması gerekmektedir. Filtre ve kurutucular hava kalitesinin yükseltilmesi amacıyla sisteme eklenmişlerdir. Dışarıdan alınan havanın kuru ve soğuk olması ve emiş havasının oda içi yerine dış ortamdan alınması önemlidir. Emiş hava sıcaklığının her 3 °C düşüşü %1 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Hava kaçak miktarları basınç ve delik çapıyla orantılı olup bu durum Tablo 7.2'de sunulmuştur.

Tablo 7.2. Basınç ve delik çapına göre hava kaçak miktarları [43]

Basınç/ çap	Basıncılı hava kaçakları l/ dk					
	0.5mm	1.0mm	1.5mm	2.0mm	2.5mm	3.0mm
3 Bar	9	36	81	145	226	325
4Bar	11	45	102	181	282	407
5 Bar	14	54	122	217	339	488
6 Bar	16	63	142	253	395	569
7 Bar	18	72	163	289	452	651
8 Bar	20	81	183	325	508	732

Hava dağıtım hat dizaynında boru çapı tayini, hatların akış yönünde yaklaşık %1 eğimli olması, basınç düşümü hat sonuna kadar 0,3 bar 'ı geçmemeli, basınçlı hava çıkışlarının boru üstünden olması ve hatta birikecek suyun tahliyesi için drenaj noktası konması hem işleyiş hem de enerji verimliliği açısından önemlidir. Gübre sanayinde korozif ortamın da etkisiyle en fazla enerji kaybı hava kaçakları kaynaklıdır. Pnömatik alet bağlantıları, boru ve hortum bağlantı noktaları, kaplinler ve emniyet valfleri gerektiğinde ultrasonik cihazlarla periyodik olarak kontrol edilmeli, hortum boyları mümkün olduğu kadar kısa tutulmalı ve kaçaklar giderilmelidir.

6 bar basınçta spesifik güç tüketimi 0,45 Kw/(lt/s) kompresörle beslenen hava hattında 2mm delik olması durumunda oluşacak kayıp maliyeti aşağıda hesaplanmıştır.  
(253/60)lt/s \* 0,45 Kw/(lt/s) \* 7200 saat/yıl=13662 kWh/yıl \*0,614=8388 TL/Yıl

## 7.6 Bakımda Verimlilik

Tesislerin verimli çalışıp enerji yoğunluk düzeylerini minimum seviyede tutabilmeleri için önem vermeleri gereken konuların başında bakım çalışmaları gelmelidir. Bakım; proses elemanlarının ve tüm sistemin en yüksek performansla çalışmasını sağlamak amacıyla yapılan düzenli ve planlı çalışmalardır. Gübre üretim tesisleri ağır mekanik ekipmanların yoğun kullanıldığı, hammadde kalitesinden üretimdeki operatör performansına kadar her bir işlevin tesisteki ekipman verimliliklerini etkilediği ve bir ekipmanda yaşanacak arızanın tüm üretimi durma noktasına getirebileceği tesislerdir. Dolayısıyla gübre sanayi bakım çalışmaları yoğun iş gücü, tecrübe ve dikkat gerektiren, sadece belli bir ekibin çalışmasıyla değil üretim, bakım ve diğer bölümlerin birlikte hareket etmeleriyle başarılı olunabilecek işlerden oluşmaktadır.



Bakım çalışmaları; emniyetli çalışmanın sağlanması, kullanılan ekipmanlardan üst seviye verim alınması, arıza sayı ve sıklığının azaltılarak üretim kaybının, yedek parça ve işçilik maliyetinin azaltılması ve enerjinin verimli kullanılması amacıyla yapılan önemli çalışmalardır. Bu çalışmaların modern teknik ve metotlarla yapılması başarıya ulaşılmasını sağlar.

### **7.7 Toplam Üretken Bakım(TPM)**

TPM; bakım kalitesini üst seviyelere çıkartıp hız, esneklik ve proses güvenliğini yükseltmeyi amaçlayan; öğrenmeyi, öğretmeyi ve sürekli iyileştirmeyi (Kaizen) benimsemiş bir metottur. Toplam üretken bakım tüm çalışanların katılımıyla ve proaktif yaklaşımla kayıpları ortadan kaldırıp kalıcı çözümler bulmayı ve 5S(Sınıflandırma, düzenleme, temizlik, standartlaştırma, disiplin) uygulamalarıyla düzenli ve temiz işyerleri oluşturmayı hedefler. TPM sıfır arıza, sıfır kayıp, sıfır iş kazası ve sıfır hurda amaçladığından doğru uygulandığında işinde uzman çalışan sayısını ve üretim kalitesini arttırarak enerji tasarrufu sağlar, maliyetleri aşağı çeker ve toplam verimin artmasını sağlar. Böylece tesisler daha rekabet edici kalitede, kârlılığı yüksek ve ekonomik ürünler üretilip gelişimlerini sürdürebilirler.

## **8. VERİMLİLİK ARTTIRICI PROJELER(VAP)**

Verimlilik arttırıcı projeler; proses düzenleme, etkin kaynak kullanımı, verimli ekipman ve sistem yatırımları ile gereksiz enerji kullanımının, kaçakların ve atık enerjinin minimize edilip enerjinin verimli kullanılması amacıyla hazırlanmış projelerdir. Projeler enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yapılan bilgi toplama, ölçme, analiz, değerlendirme ve rapor hazırlama çalışmalarıyla belirlenir.

Verimlilik arttırıcı proje ekipleri kurulup 6 Sigma, Kaizen ve 5S metodolojileri kullanılarak tesislere önemli seviyede enerji tasarrufu sağlayacak çalışmalar yapılabilir. Bu projeler için devletin sağlamış olduğu birtakım teşviklerden de faydalanılabilir. Bu kapsamda projesinde belirlenmiş yatırım bedeli en fazla 5.000.000 TL olan VAP'lar, en fazla % 30 oranında hibe olarak desteklenmektedir. Bu bölümde kaizen ve altı sigma metodolojileri kullanılarak yapılan verimlilik arttırıcı projelere yer verilmiştir.

### **a) Kaizen Metodolojisi**

Kısaca sürekli iyileştirme olarak tanımlanan kaizen; temel olarak tüm işletme süreçlerini, maliyetleri, işçilik ve enerji kullanımını yavaş ama sürekli iyileştirerek verim artışı sağlamayı amaçlar. Kaizen felsefesinde çalışmalar tüm çalışanların katılımıyla bireysel değil takım oluşturularak yapılmalı ve çalışanlar ödüllendirilmelidir. Kaizen; çalışmanın planlaması, uygulaması, sürdürülebilirliği ve genişletilmesi şeklinde üç bölümden oluşur.

### **b) Altı Sigma Metodolojisi**

Altı Sigma, tüm operasyonlarda mükemmelliği amaçlayan, işletmelerde süreçlerin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve kontrolü için etkili istatistik araçları kullanan bir yönetim metodolojisidir. Altı Sigma metodolojisi, büyük yatırımlar yapılmadan istenen başarıya ulaşmak için çeşitli yol ve yöntemler sağlar. Başarıyla uygulanmış altı sigma metodolojisi şirketlerin zorlu problemlerine çözüm, verimlilik, kalite, müşteri memnuniyetlerinde artış ve geri ödeme süresi kısa yüksek getirili yatırımlar sağlar.

## 8.1. Proje 1 (Asit Transferinde Enerji Tasarrufu)

Tesis içerisinde fosforik asit transferinde enerji tasarrufu sağlamak için proje çalışması yapılmış olup proje beyanı Tablo 8.1’de paylaşılmıştır.

Tablo 8.1. 1 No’lu proje beyanı

<b>Proje Liderleri:</b> Şuayp KARAKAŞ, .....																		
<b>Ekip Üyeleri :</b> .....																		
<b>PROJE NO:</b>	<b>PROJE ADI: ASTET</b>																	
<b>PROJE BİLGİLERİ</b>	<b>TANIMLAMA</b>	<b>ÖLÇME</b>																
Başlangıç Tarihi : 04.05.2019 Bitiş Tarihi : 04.07.2019 Lider : Şuayp Karakaş-..... Üyeler : .....	Ne: Asit transferinde enerji maliyeti Nerede: Asit tank sahası Ne zaman: 2019 Ne kadar: 0,56kw/ton	Proje kapsamında elde edilecek veriler projeye eklenecektir.																
Proje Tanımı : Asit tank sahası fosforik asit transferinde pompa kullanımının azaltılması Proje Göstergesi : KW/h- Pompa : 0,56KW/TON Proje Maliyeti :3.200 TL Proje Kazancı: 25242 TL/YIL																		
<b>ANALİZ</b>	<b>İYİLEŞTİRME</b>	<b>KONTROL</b>																
BALIK KILÇIĞI ANALİZ YAPILDI	<b>ÇÖZÜMÜN DEĞERLENDİRİLMESİ:</b> Yeni ayarlama sonrası pompa daha az kullanılacağından enerji tasarrufu sağlanacaktır. Ayrıca 2. hattımız pompa hattına alternatif oluşturacak olup tıkanma, kırılma ve vana bozulması gibi problemlerde kullanılabilir.	İzleme KPI'ları: Aylık olarak tüketim değerleri kontrol edilecektir Dokümantasyon: Pompa çalışma ve kontrol çizelgesi																
	<table border="1"><thead><tr><th>No</th><th>Aksiyon</th><th>Sorumlu</th><th>Tarih</th></tr></thead><tbody><tr><td>1-</td><td>Proje-Talep</td><td>Ş.Karakaş</td><td>10/06/19</td></tr><tr><td>2-</td><td>Planlama-ölçme</td><td>.....</td><td>5 /07/19</td></tr><tr><td>3-</td><td>Uygulama(montaj)</td><td>.....</td><td>10/07/19</td></tr></tbody></table>	No	Aksiyon	Sorumlu	Tarih	1-	Proje-Talep	Ş.Karakaş	10/06/19	2-	Planlama-ölçme	.....	5 /07/19	3-	Uygulama(montaj)	.....	10/07/19	
No	Aksiyon	Sorumlu	Tarih															
1-	Proje-Talep	Ş.Karakaş	10/06/19															
2-	Planlama-ölçme	.....	5 /07/19															
3-	Uygulama(montaj)	.....	10/07/19															

Proje kapsamında yapılan çalışmalardan ağaç diyagramı çalışması Tablo 8.2’de, balık kılıçığı analizi Şekil 8.1’de ve taslak proje Şekil 8.2’de gösterilmiştir.

Tablo 8.2. 1 No’lu proje ağaç diyagramı

• ihtiyaç	Anahtar	CTQ	Spekt
• İlk yatırım maliyeti düşük olsun Harcanan:2750TL	Düşük maliyet	TL	Hedef :3200 TL,
Asit transfer maliyeti	Asit transferinde enerji	Kw/ton	0,56Kw/ton (Hedef:0,14Kw/ton)

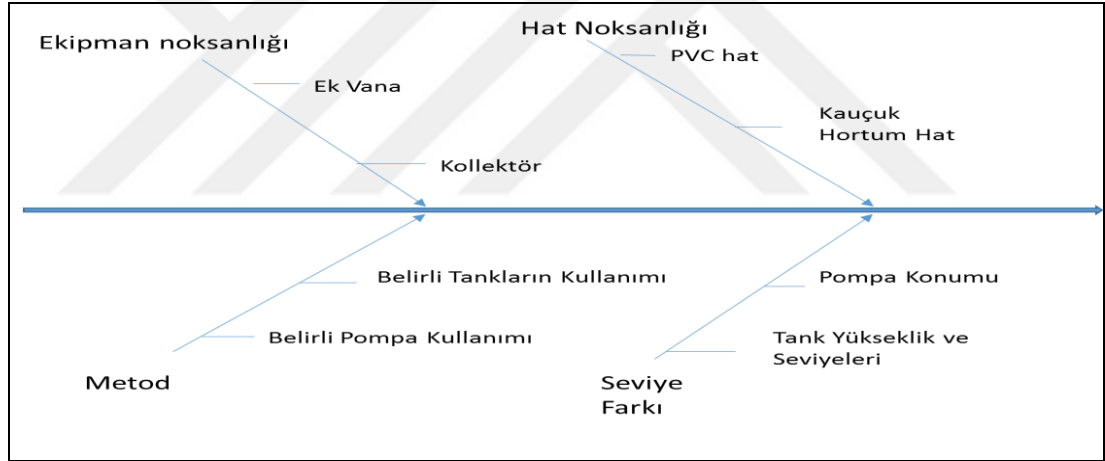
Transfer edilmesi öngörülen asit miktarı:100.000 ton/yıl

Proje sonrası pompa kullanılmadan transfer edilmesi öngörülen miktar: 75.000 ton

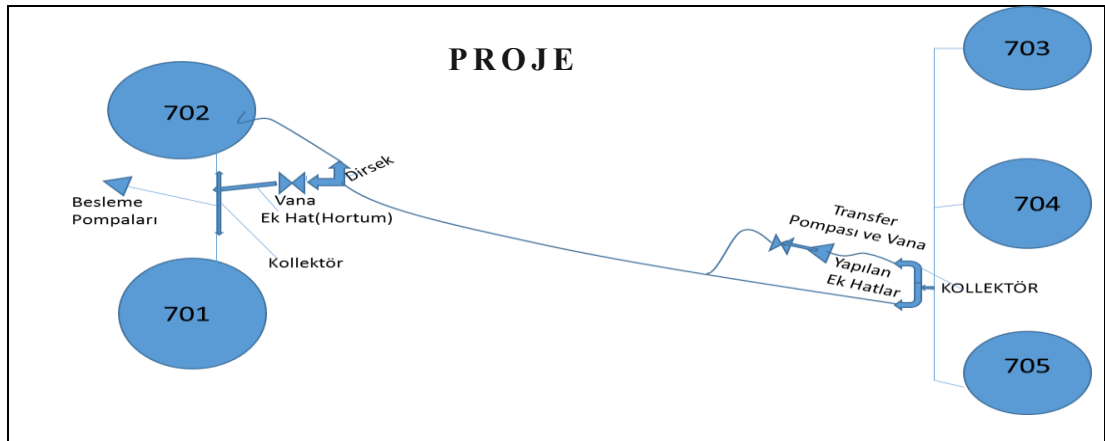
Tüketilen enerji:  $100.000 * 0,56 = 56.000$  Kw

Proje sonrası enerji tüketimi:  $100.000 * 0,14 = 14.000$  Kw

Tasarruf Miktarı:  $42.000 * 0,601\text{TL/Kw} = 25.242$  TL



Şekil 8.1. Balık kılıçığı analizi



Şekil 8.2. Proje taslağı

Proje öncesi ve sonrası durum Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'te gösterilmiştir.



Şekil 8.3. Proje Öncesi Durum



Şekil 8.4. Proje Sonrası Durum

Yapılan çalışmalar sonrasında asit transfer miktarları ve pompa kullanım süresi hesaplanmıştır. Hesaplamalar Tablo 8.3'te paylaşılmıştır. Ayrıca asit pompası ve hatlar için kontrol çizelgesi hazırlanmış olup çizelge, Tablo 8.4'te paylaşılmıştır.

Tablo 8.3. Aylık kazanç tablosu

AYLAR	MİKTAR(TON)	POMPASIZ TRANSFER MİKTARI (TON)	POMPA KULLANILARAK TRANSFER MİKTARI (TON)	KAZANÇ (%)
AĞOSTOS(2019)	4600	3700	900	80%
EYLÜL	2800	2200	600	79%
EKİM	8900	7000	1900	79%
KASIM	6500	4500	2000	69%
ARALIK	8000	6800	1200	85%
OCAK	7200	5600	1600	78%
ŞUBAT	10200	7800	2400	76%
MART	5600	5200	400	93%
NİSAN	9000	7300	1700	81%
MAYIS	7500	6200	1300	83%
HAZİRAN	1500	1500	0	100%
TEMMUZ	6500	5000	1500	77%
AĞUSTOS	3000	2400	600	80%
EYLÜL	8000	7000	1000	88%
EKİM	7600	6500	1100	86%
KASIM	6000	5000	1000	83%
ARALIK	7300	6500	800	89%
TOPLAM	110200	90200	20000	Ortalama : % 82

Tablo 8.4. Kontrol Çizelgesi

.... AYI ASİT POMPASI VE HAT KONTROL ÇİZELGESİ									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
					KONTROL	İmza		ONAY	İmza
					Asit Alım İşçisi			....Şefi	

Poroje öncesi maliyet: 110200 (Ton) \* 0,56 \* 0,601(TL/KW-2020 ) = 37.089

TL Poroje sonrası maliyet: 20000 (Ton) \* 0,56 \* 0,601(TL/KW-2020 ) = 6.731 TL

Toplam Kazanç: 37.089 - 6.731 = 30358 TL + Yedek Parça ve Bakımdan Tasarruf

Pompa üretim çeşit ve yoğunluğuna göre farklı sıklıklarda kullanılabilmekte olup ortalama % 80 tasarruf sağlayacağı görülmüştür. Pompanın % 80 oranında daha az çalışmasıyla birlikte mil ve salmastra aşınmalarından kaynaklı yıllık yaklaşık 3500 TL' lik bakım ve yedek parça harcamalarının, 300 TL civarına düşeceği öngörülmektedir. Ayrıca işçilikten tasarruf edilmektedir.

## 8.2. Proje 2 (NPK İşletmelerinde Enerji Tüketimlerinin Azaltılması)



Proje Liderleri ....., Şuayp Karakaş

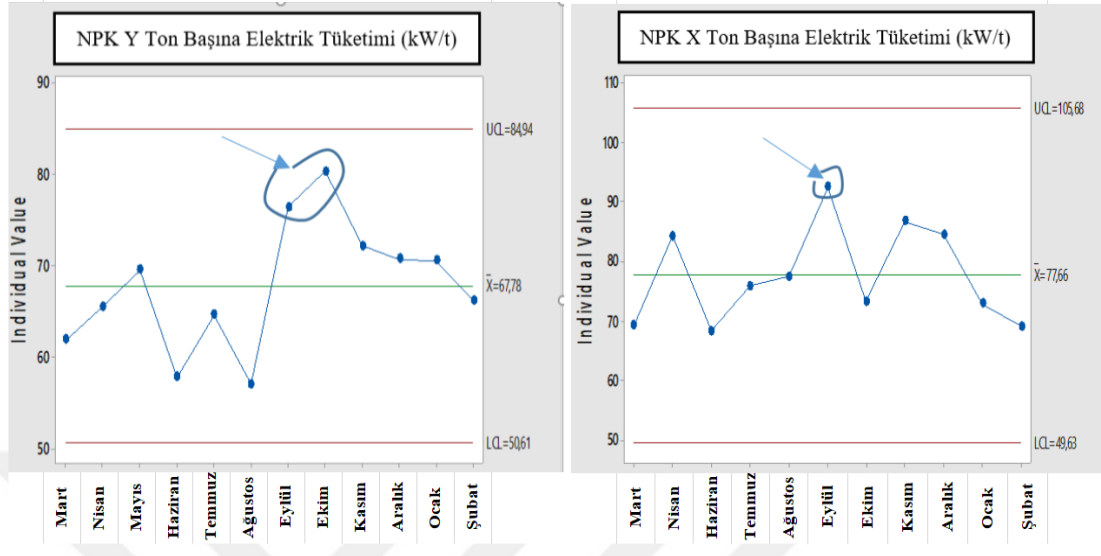
Ekip üyeleri ....., ....., .....

Elektrik ve doğalgaz tüketiminin üretim miktar ve kalitesinden ödün vermeden azaltılmasını amaçlayan 2 no'lu projeye ait beyan Tablo 8.5'te paylaşılmıştır.

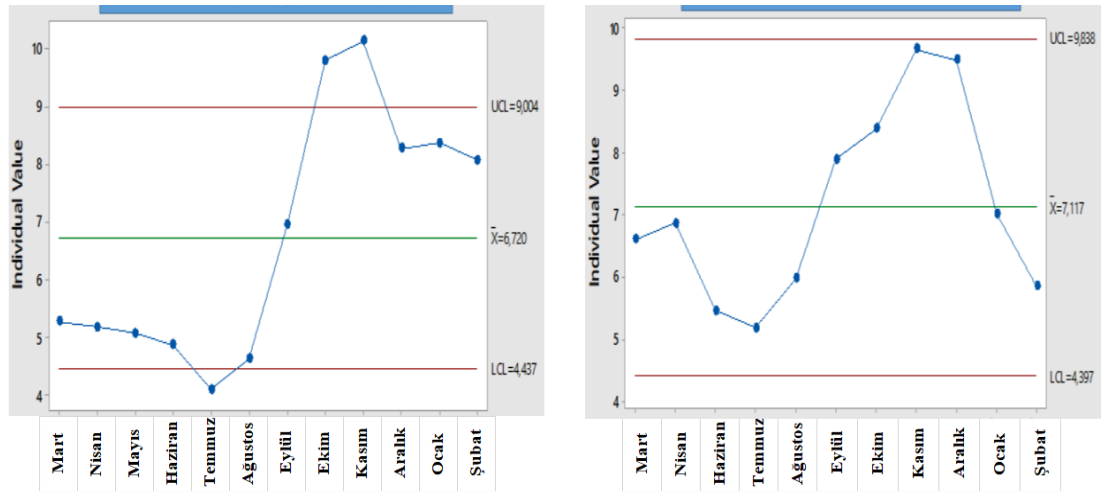
Tablo 8.5. 2 No'lu proje beyanı

Proje Tanımı (Ne?)		Kazanımlar (Nasıl?)	
NPK işletmelerinde üretim ve kaliteden ödün vermeden ürün ton başına elektrik enerjisi tüketiminin %10, doğalgaz tüketiminin %5 azaltılması.		Ürün ton başına enerji tüketimlerinin düşürülerek enerji maliyetlerinin azaltılması, karlılığın ve rekabet gücünün artırılması. Ayrıca tüm çalışanlarda ülke ve şirket menfaatlerini düşünerek verimli çalışma bilincinin oluşturulması. Bu hedefleri tutturarak toplamda 535.000 TL/Yıl kazanç sağlanması.	
Proje Tanımı (Ne?)		Ekip Üyeleri (Kim)	
		Şampiyon: .....	
		Liderler : ....., ....., .....	
		Şuayp KARAKAŞ	
		Üyeler : ....., ....., .....	
		....., .....	
Proje Sınırları (Nerede)			
Kapsam İçi : NPK X/Y İşletmeleri			
Kapsam Dışı : Diğer ve Yardımcı İşletmeler			
Zaman Planı (Ne Zaman)			
İZLEME			01.10.20..
KONTROL			01.09.20..
İYİLEŞTİRME			01.08.20..
ANALİZ			01.06.20..
ÖLÇME			01.05.20..
TANIMLAMA			24.03.20..

Başlangıç durumu enerji tüketim değerleri araştırılmış ve elde edilen veriler grafik şekline dönüştürülmüş olup Şekil 8.5 ve Şekil 8.6’da paylaşılmıştır.



Şekil 8.5. Başlangıç durumu elektrik tüketimi



Şekil 8.6. Başlangıç durumu doğalgaz tüketimi

► İdeal üretim şartlarında beklenen doğalgaz tüketim değeri 5 m³/ton olup grafiklerden de anlaşıldığı gibi kış aylarında doğalgaz tüketiminde ciddi bir artış olmaktadır.

► İdeal üretim şartlarındaki beklenen elektrik tüketim değeri 50 kW/Ton olup DAP üretimine bağlı olarak ton başına elektrik tüketimi diğer ürünlere göre daha yüksektir. İşaretli dönemde de DAP üretimi yapılmıştır.

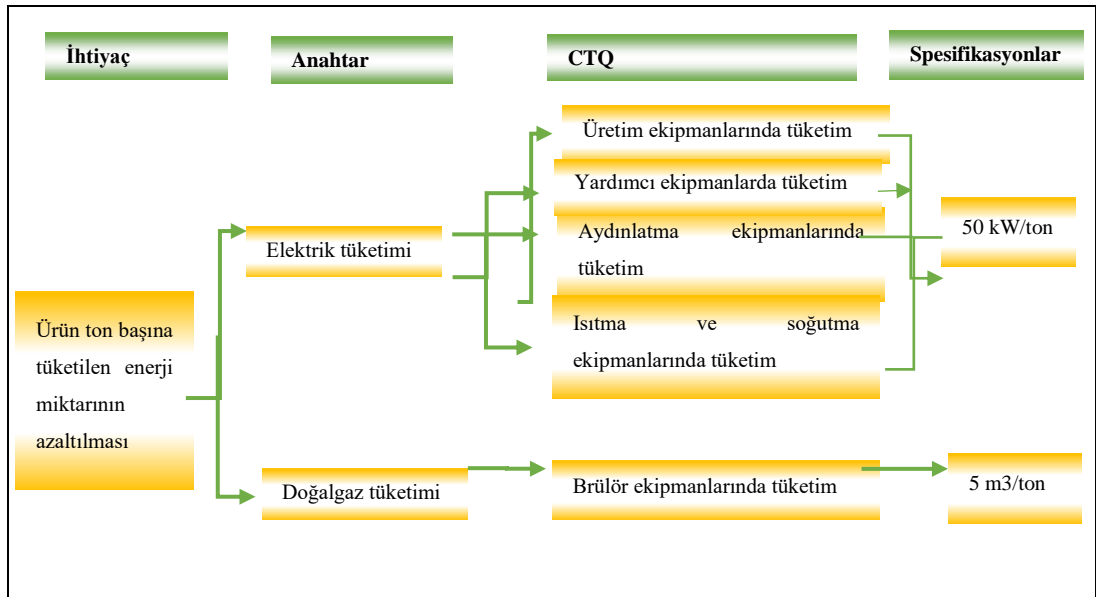


Proje kapsamında yapılan müşterinin sesi çalışması Tablo 8.6’da ve ağaç diyagramı çalışması Tablo 8.7’de paylaşılmıştır.

Tablo 8.6. Müşterinin sesi çalışması

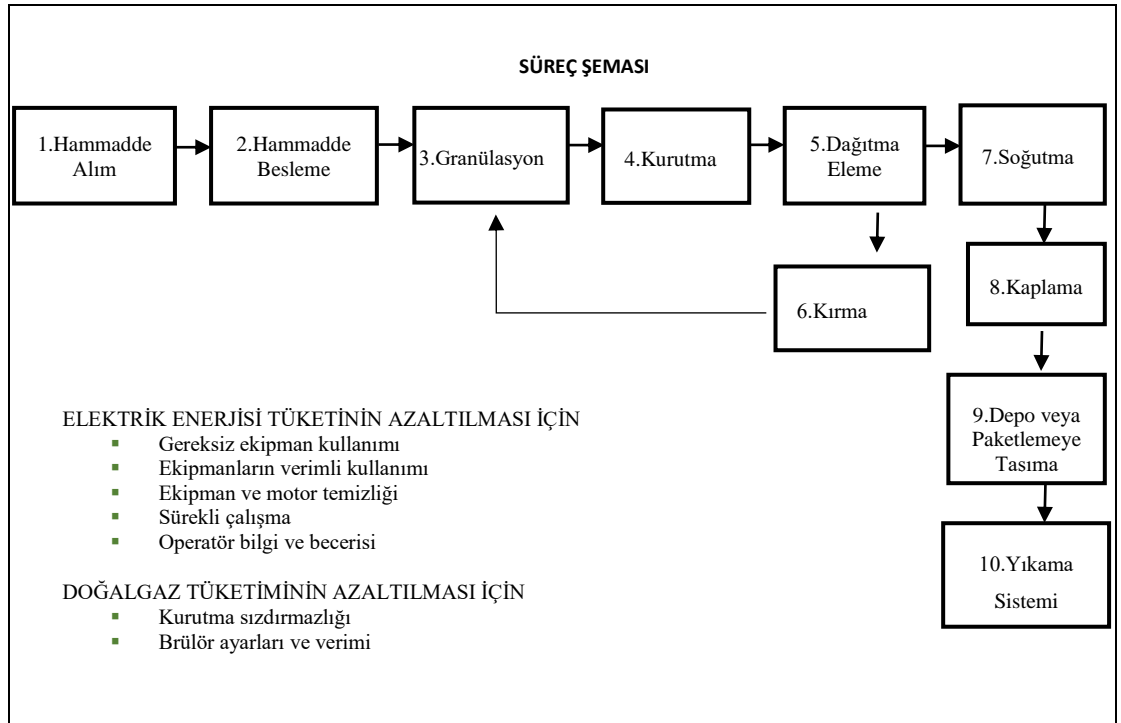
Müşterinin sesi çalışması	
Kim?	Ne & Niçin ?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Üst Yönetim</li> <li>Satış</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piyasa şartlarında rekabet gücünün artırılması ve giderlerin azaltılması için, üretilen ürünlerin ton başına enerji tüketimlerinin düşürülerek enerji maliyetlerinin azaltılması.</li> </ul>
Kaynaklar	
<b>PASİF KAYNAKLAR:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Üretim Planlama Departmanı</li> <li>..BS (... Bilgi Sistemi)</li> </ul>	<b>AKTİF KAYNAKLAR:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Enerji Etüd Firmaları</li> <li>Dış Kaynaklı Servis Hizmetleri</li> <li>Elektrik ve Enstruman Bakım Şefliği</li> <li>Makine Bakım Şefliği</li> <li>NPK1 X-Y İşletme Şeflikleri</li> <li>Enerji Sorumlusu</li> </ul>
Çalışma Planı - Özet	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ürün ton başına elektrik ve doğalgaz tüketimlerinin mevcut durumlarının tespiti, iyileştirme yapılabilecek noktaların belirlenmesi, aktif ve pasif kaynakların kullanılarak gerekli iyileştirmelerin yapılması ile enerji tüketimlerinin düşürülmesi.</li> <li>Düzenli olarak veriler toplanarak raporlanması, görüşülmesi ve sürekliliğin sağlanması.</li> </ul>	

Tablo 8.7. Proje 2 ağaç diyagramı



Proje S.I.P.O.C çalışması ile devam etmiş ve tesis proses akışı dikkate alınarak süreç şeması hazırlanmıştır. Yapılan çalışmalar Tablo 8.8 ve Şekil 8.7’de paylaşılmıştır.

Tablo 8.8. S.I.P.O.C çalışması



Şekil 8.7. Süreç şeması

Yapılan paydaş analizi çalışması Tablo 8.9'da paylaşılmıştır.

Tablo 8.9. Paydaş analizi

Müşteri için önem derecesi		10	8	8	6	6	6	4		
ÇIKTILAR		Üretim ekipman	Yard. ekipman elektrik tük.	Aydınlatmada Elektrik tük.	Isıtma ve soğut. elektrik	Tesis brülöründe	Kazan brülör. doğalgaz tük.	Tesis ekiman ve malz. ısıtma sistemlerinde		
Süreç Adımı	GİRDİLER	Çıktı-Girdi İlişki Puanı							TOP.	
1	Hepsi	Gereksiz ekipman kullanımı	9	9	0	9	9	0	270	
2	Soğutma	Soğutma sisteminin gereksiz kullanımı	9	9	0	0	0	0	162	
3	Hepsi	Operatör bilgi ve becerisi	5	1	5	1	5	1	160	
4	Kurutma	Hız kont. fan motorlarının verimli kul.	9	0	0	0	5	0	120	
5	Kurutma	Fan damper klape verimli kullanımı	9	0	0	0	5	0	120	
6	Kurutma	Brülör yanma ayarları	0	0	0	0	9	9	108	
7	Granülasyon	Gereksiz buhar kullanımı	1	0	0	0	5	5	106	
8	Kurutma	Enstruman cihazlarının kalibrasyonu	5	0	0	0	5	0	100	
9	Hepsi	Ekipman temizliği	5	5	1	0	0	0	98	
10	Hepsi	Formül tipi	1	0	0	0	9	3	94	
11	Dağıtma - Eleme	Hız kontrollü elek motor verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
12	Dağıtma - Eleme	Yüksek sirkülasyon miktarı	9	0	0	0	0	0	90	
13	Granülasyon	Hız kont. pompa motor verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
14	Granülasyon	Hız kont. fan motor verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
15	Granülasyon	Fan damper klapelelerinin verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
16	Kırma	Hız kont. kırıcı motor verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
17	Kırma	Yüksek sirkülasyon miktarı	9	0	0	0	0	0	90	
18	Soğutma	Hız kont. fan motor. verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
19	Soğutma	Fan damper klapelelerinin verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
20	Yıkama Sistemi	Hız kont. pompa motor. verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
21	Yıkama Sistemi	Hız kont. fan motorlarının verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
22	Yıkama Sistemi	Fan damper klapelelerinin verimli kul.	9	0	0	0	0	0	90	
23	Hepsi	Enerji kesintisi sıklığı	5	1	0	0	5	0	88	
24	Hepsi	Plansız duruşlar	5	1	0	0	5	0	88	
25	Hepsi	Yıllık toplam üretim miktarı	5	0	0	0	5	0	84	
26	Hepsi	Elekt. mot. uygun yer. hız kont. cih kul.	5	3	0	0	1	0	80	
27	Hepsi	Formül değişim sıklığı	5	0	0	0	3	1	78	
28	Hepsi	Elekt. motor. kayış kasnak ve kaplin ayar.	5	3	0	0	0	0	74	
29	Hepsi	Gereksiz aydınlatma	0	0	9	0	0	0	72	
30	Granülasyon	Yüksek sirkülasyon miktarı	5	0	0	0	3	0	68	
31	Kurutma	Yüksek sirkülasyon miktarı	5	0	0	0	3	0	68	
32	Kaplama	Kaplama yağının fazla ısıtılması	0	0	0	0	0	5	9	66
33	Kurutma	Kurutma sızdırmazlığı	1	0	0	0	9	0	0	64
34	Kurutma	Mevsim şartları	0	0	0	0	5	3	3	60
35	Hepsi	Elektrik motorlarının özellikleri	5	1	0	0	0	0	0	58
36	Granülasyon	Buhar hatlarındaki kondensatör arızaları	0	0	0	0	1	5	5	56
37	Kurutma	Buhar hatlarındaki kondensatör arızaları	0	0	0	0	1	5	5	56
38	Hepsi	Konv. sist. malz. seçimi ve özellikleri	5	0	0	0	0	0	0	50
39	Granülasyon	Pompaların periyodik kontrolü	5	0	0	0	0	0	0	50
40	Granülasyon	Sıvıların uygun yoğunlukta kullanılması	5	0	0	0	0	0	0	50
41	Yıkama Sistemi	Pompaların periyodik kontrolü	5	0	0	0	0	0	0	50
42	Yıkama Sistemi	Sıvıların uygun yoğunlukta kullanılması	5	0	0	0	0	0	0	50
43	Kurutma	Tambur kanatlarının mal sarması	3	1	0	0	1	0	0	44
44	Kurutma	Siklon ısıtma amaçlı gereksiz buhar kul.	0	0	0	0	0	1	9	42
45	Soğutma	Gereksiz buhar kullanımı	0	0	0	0	0	1	9	42
46	Kurutma	Giriş malının fazla nemli olması	1	0	0	0	5	0	0	40
47	Kaplama	Buhar geri kazanımının olmaması	0	0	0	0	0	3	5	38
48	Kurutma	Gereğinden fazla ısı üretilmesi	0	0	0	0	5	0	0	30
49	Kurutma	Çıkış ürün nem. ideal seviyede tutma	0	0	0	0	5	0	0	30
50	Kurutma	Ekipman izolasyon. verimi	0	0	0	0	5	0	0	30
51	Kurutma	Brülör emiş havasının sıcaklığı	0	0	0	0	5	0	0	30
52	Granülasyon	Buhar kaçakları	0	0	0	0	0	1	5	26
53	Kaplama	Buhar kaçakları	0	0	0	0	0	1	5	26
54	Hepsi	Kullanılan hammaddeler	1	0	0	0	1	0	1	20
55	Kırma	Mekanik sorunlar	1	0	0	0	0	0	0	10
56	Kurutma	Ortam şartları	0	0	0	0	1	0	0	6
Çıktılar için Toplam			238	34	15	10	121	44	80	

Proje kapsamında hazırlanan iletişim planı ve 5N analizi Tablo 8.10 ve Tablo 8.11’de paylaşılmıştır.

Tablo 8.10. İletişim planı

Proje Adı: NPK X/Y İşletmeleri Ürün Ton Başına Enerji Tüketimlerinin Azaltılması					
PAYDAŞLAR	Projede İstenilen Etkisi (3-5 arası)	Şu anki Etkisi (1-5 arası)	Fark	Destek İhtiyacı Var mı? (Fark < 2 olmalı.)	Yapılacak Faaliyet
İşletme	5	3	2	Var	Proje gelişmelerinden haberdar etmek ve eğitim vermek
Elektrik ve Enstrüman Bakım	5	4	1	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek
Mekanik Bakım	5	4	1	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek
Müteahhit Kontrol Şefliği	3	3	0	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek
Bilgi İşlem	4	3	1	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek
Enerji Sorumlusu	5	4	1	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek
Satış Pazarlama	4	3	1	Yok	Proje gelişmelerinden haberdar etmek

1 – Kesinlikle Karşı 2 – Karşı 3 – Doğal 4 – Yardımcı 5 – Çok Yardımcı

Tablo 8.11. 5N analizi

Proje Adı: NPK X/Y İşletmeleri ürün ton başına enerji tüketimlerinin azaltılması.				
Kim?	Niçin?	Ne Zaman?	Nasıl?	Nerede?
Danışman	Gözden Geçirme	Aylık	Toplantı	Fabrika
Danışman	Eğitim	Aylık	Toplantı	Fabrika
NPK1 X/Y grubu	Ekip Toplantısı	Haftalık	Toplantı	Fabrika
Şampiyon	Ekip Toplantısı	Haftalık	Toplantı	Fabrika

### 8.2.1 Yapılan Çalışmalar

#### A-Elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması

- Üretim sırasındaki duruş miktarlarının azaltılması ve sürelerinin kısaltılmasıyla kesintisiz üretimin faydası görüldü.
- Elektrik enerjisi tüketiminin azaltılmasında, ekipmanlarda temizlik yapılmasının önemi test edildi. NPKX İşletmesinde CV-A konveyörünün kirli ve temiz durumlardaki enerji tüketimleri incelenip analiz edildi. Enerji tüketiminde %14 azalma olduğu görüldü.
- Yardımcı ekipmanlarda hava kaçakları giderilerek kompresörlerin gereksiz çalışması engellendi ve enerji tüketimi azaltıldı.
- Personele enerji verimliliği konularında eğitim verildi.
- Üretim sırasında yapılan duruşlarda gereksiz ve gereğinden fazla çalışan ekipmanların tespit edilerek durdurulması ile elektrik enerjisi tüketiminde azalma sağlandı.

#### B-Doğalgaz tüketiminin azaltılması

- Doğalgaz tüketimini düşürmek için kurutma tamburları giriş bölgelerinde sıcak havanın kaçabileceği kısımlar onarıldı.
- Kondenstop ölçüm, değişim ve buhar hat tadilat çalışmaları yapıldı.

Enerji kaybının yaşandığı bölgelerin bir kısmı Şekil 8.8 ve Şekil 8.9’da gösterilmiştir.



Şekil 8.8. Sıcak havanın kaçtığı bölgeler

Konveyörlerden dökülen mallar ekipman dönüşlerinde dirence sebep olmakta ve fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Ayrıca bant ekleme ve bant-tambur ayarı kaynaklı arızalar döküntü ve arıza duruşlara sebep olmaktadır.



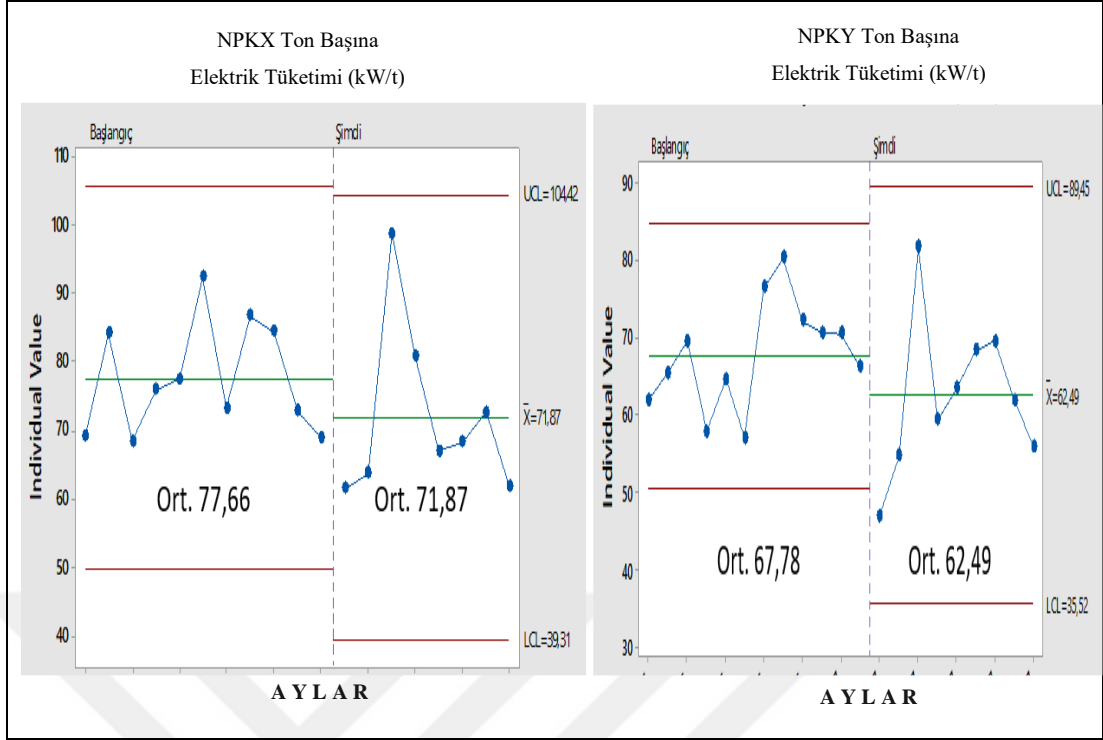
Şekil 8.9. Döküntü kaynaklı enerji kayıpları

Üretim esnasında NPKX ve NPK Y tesislerinde çalışan 119 adet ekipman vardır. Bu ekipmanların üretim dışındaki çalışmalarda veya duruşlarda çalışma durumlarının takibi için tablo oluşturulmuştur. Bu tabloya uyularak gereksiz ekipman kullanımının en aza indirilmesi ve önlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma Tablo 8.12’de paylaşılmıştır.

Tablo 8.12. Çalışma takip tablosu

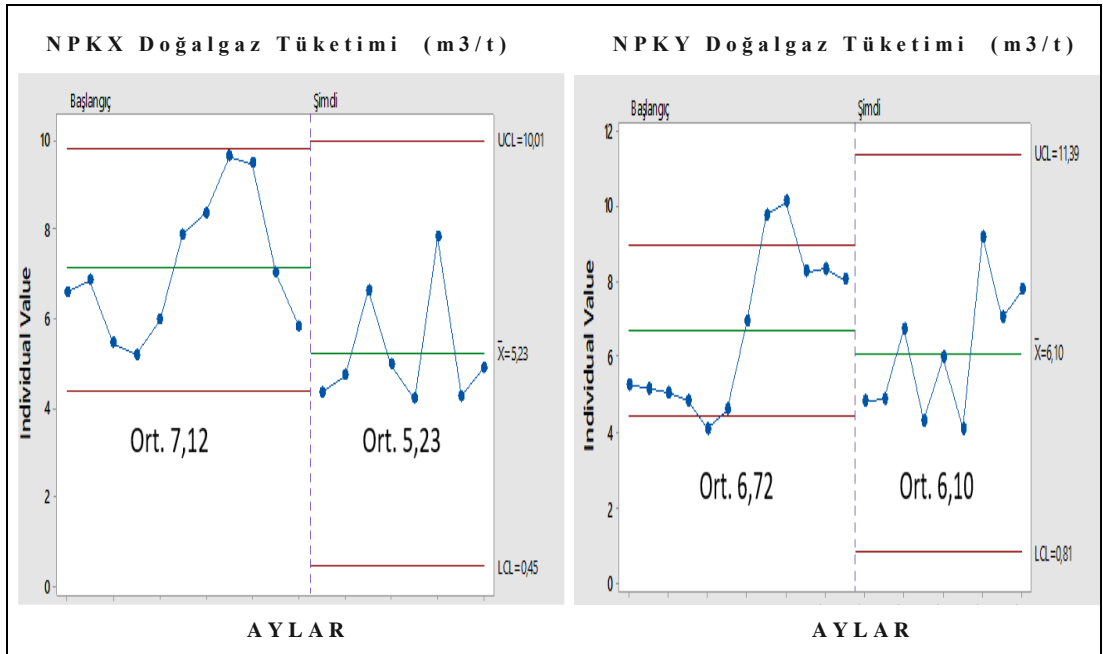
GRUP ADI	EKİP. KODU	ÜRETİM VARKEN	ARIZA < 30 DAKİKA	30 DAKİKA < ARIZA < 2 SAAT	2 SAAT < ARIZA	BAKIM - TEMİZLİK	TESİS ÖN İSITMA	SİRKÜLASYON	HAMMADDE ALIM YOKKEN	RENK KODU	ÇALIŞMA DURUMU
										RENK KODU	ÇALIŞMA DURUMU
HAMMADDE	H 1									RENK KODU	Kesinlikle Duracak
HAMMADDE	H 2									RENK KODU	İhtiyaç durumuna göre çalışacak
ÜRETİM	Ü 1									RENK KODU	Mümkün olan en düşük hızda çalışacak
ÜRETİM	Ü 2									RENK KODU	Çalışacak
ÜRETİM	Ü 3									RENK KODU	Yedek ekipman
SOĞUTMA ve KAPLAMA	SOĞ 1									RENK KODU	
ÜRÜN SEVK	SEVK 1									RENK KODU	
YIKAMA SİS	Y 1									RENK KODU	

Enerji tüketimi karşılaştırma grafikleri Şekil 8.10 ve Şekil 8.11’de paylaşılmıştır.



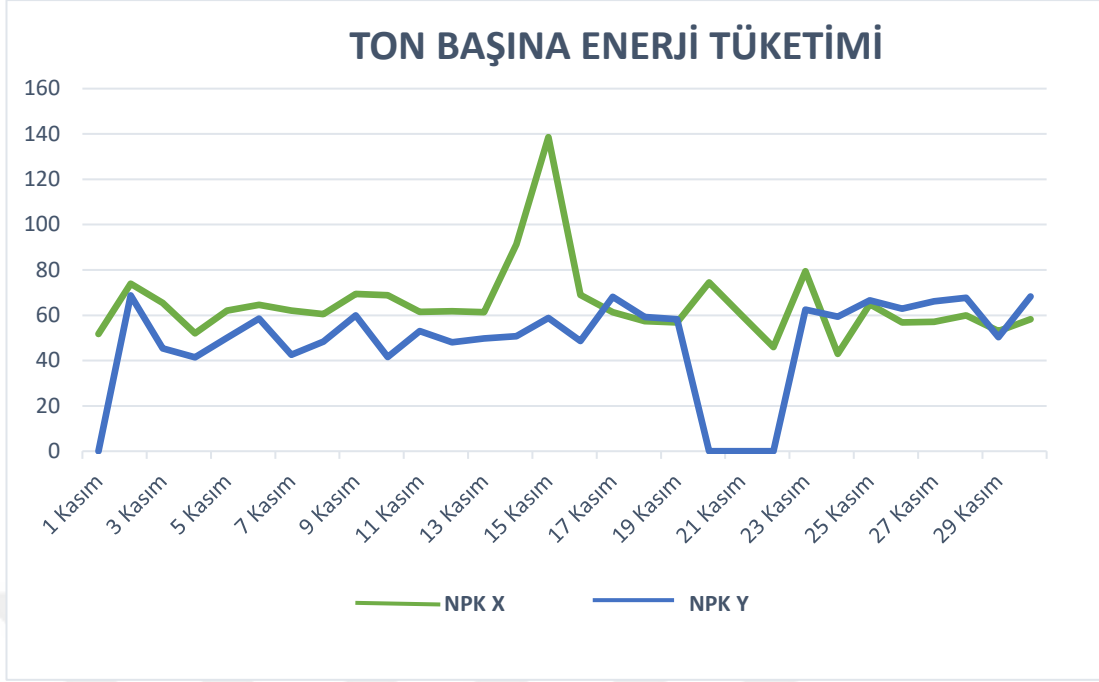
Şekil 8.10. Yıllık elektrik tüketimlerinin karşılaştırılması

Ton başına tüketim NPK X Tesisinde 5,79 kW ve NPK Y Tesisinde ise 5,29 kW azalmıştır.



Şekil 8.11. Dönemsel tüketimlerin karşılaştırılması

Ton başına tüketim NPK X Tesisinin 1,89 m<sup>3</sup> ve NPK Y Tesisinin ise 0,62 m<sup>3</sup> azalmıştır. Elektrik enerjisi takip grafiği Şekil 8.12’de paylaşılmıştır.



Şekil 8.12. Elektrik enerjisi takibi

Mevcut durumda tesisler bazında bireysel olarak yapılan elektrik enerjisi tüketimi takibinin, bilgi toplama sistemi üzerinden yapılabilir hale getirilmesi için çalışma başlatılmıştır. Daha sonra bu çalışma tüm kaynakları kapsayacak şekilde genişletilerek geliştirilebilir. Bu çalışma ile amaçlanan; konu ile ilgili tüm birimlerin günlük kaynak kullanımı ve buna bağlı olarak yaşanan enerji tüketimlerindeki değişimleri görmek gerekli aksiyonları alabilmelerini sağlamaktır. Proje öncesi ve sonrası finansal analiz raporu tablo 8.13'te ve dönemsel finansal karşılaştırma raporu Tablo 8.14'te paylaşılmıştır.

Tablo 8.13. Proje öncesi-sonrası finansal analiz

YILLIK KARŞILAŞTIRMA								
İŞLETME ADI	KAYNAK TÜRÜ	TON BAŞINA TÜKETİMLER			PROJE SONRASI ÜRETİMİ (Ton)	TON BAŞINA KAZANÇ	TÜKETİM KAZANCI	MASRAF KAZANCI
		PROJE ÖNCESİ	HEDEF	PROJE SONRASI				
NPK X	Elektrik (kW/t)	77,66	69,89	71,87	136.110,00	5,79	788.076,90kW	£194.481,62
	Doğalgaz (m3/t)	7,12	6,76	5,23		1,89	257.247,90m3	£195.696,19
NPK1A TOPLAM								£390.177,81
NPK Y	Elektrik (kW/t)	67,78	61,00	62,49	126.604,00	5,29	669.735,16kW	£165.277,24
	Doğalgaz (m3/t)	6,72	6,38	6,10		0,62	78.494,48m3	£59.713,11
NPK1B TOPLAM								£224.990,35
GENEL TOPLAM								£615.168,16



Tablo 8.14. Dönemsel finansal karşılaştırma

DÖNEMSEL KARŞILAŞTIRMA (MART-KASIM)								
İŞLETME ADI	KAYNAK TÜRÜ	TON BAŞINA TÜKETİMLER			PROJE SONRASI ÜRETİM (Ton)	TON BAŞINA KAZANÇ	TÜKETİM KAZANCI	MASRAF KAZANCI
		PROJE ÖNCESİ	HEDEF	PROJE SONRASI				
NPK X	Elektrik (kW/t)	78,48		71,87	136.110,00	6,61	899.687,10kW	₺222.024,78
	Doğalgaz (m3/t)	6,99		5,23		1,76	239.553,60m3	₺182.235,61
NPK1A TOPLAM								₺404.260,39
NPK Y	Elektrik (kW/t)	67,31		62,49	126.604,00	4,82	610.231,28kW	₺150.592,88
	Doğalgaz (m3/t)	6,22		6,10		0,12	15.192,48m3	₺11.557,38
NPK1B TOPLAM								₺162.150,25
GENEL TOPLAM								₺566.410,64

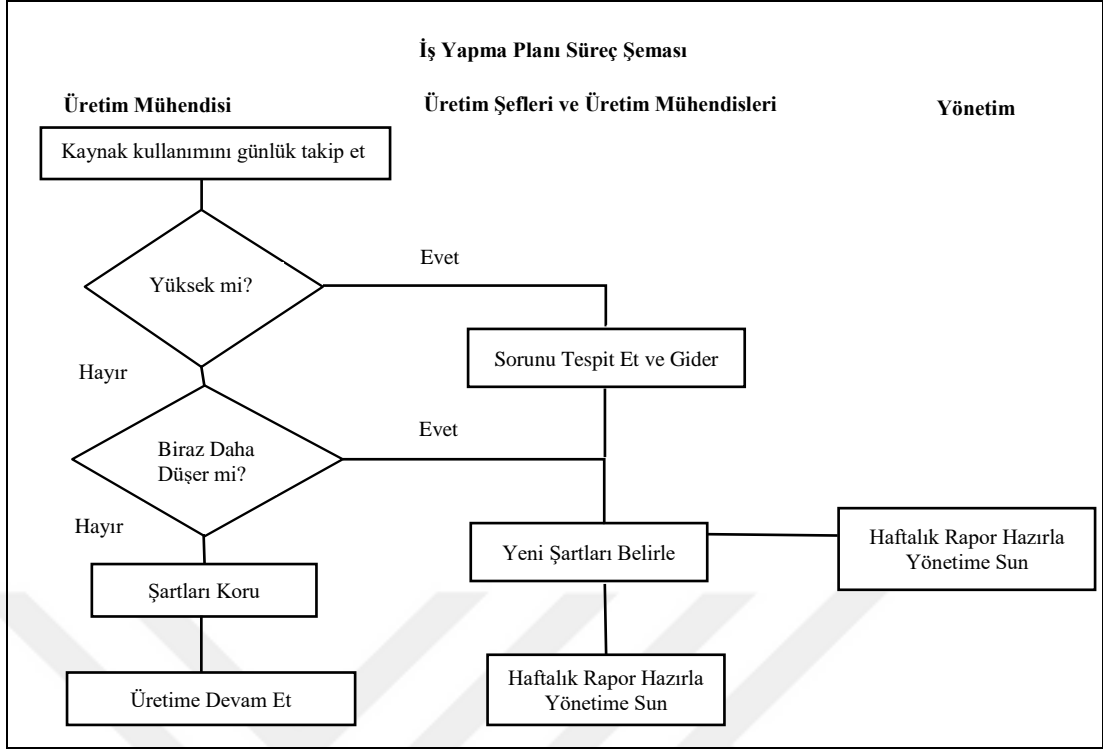
Proje öncesi 12 aylık ve proje sonrası 9 aylık dönemlerin karşılaştırılmasında mevcut son durum ve üretime göre toplamda 615.000 TL tasarruf yapılmıştır. Proje öncesi ve sonrası aynı dönemlerin karşılaştırılmasında ise dönemsel olarak 566.000 TL tasarruf yapılmıştır.

11 aylık dönem baz alınıp fiili üretim olarak çalışma saatlerine göre hesaplama yapılmıştır. Ortalama %10 enerji tasarrufu yapılması öngörülmüş olup sadece konveyörlerden yıllık 37.000 TL tasarruf yapılabileceği görülmüştür. Yapılan 11 aylık çalışmaya ait analiz Tablo 8.15'te paylaşılmıştır.

Tablo 8.15. Finansal analiz

İşletme adı	Konveyör miktarı (Adet)	Konveyör motorlarının toplam gücü (kW)	İyileştirme oranı (%)	Tasarruf yapılabilecek saatlik tüketim (kW)	Toplam üretim için çalışma süresi (saat)	Tasarruf yapılabilecek toplam tüketim (kW)	Tasarruf yapılabilecek toplam tüketim bedeli (TL)
NPK X	26	205	0,10	20,50	5.061,00	103.750,50	24.381,37
NPK Y	13	80	0,10	8,00	5.040,00	40.320,00	9.475,20
							33.856,57

Yapılan çalışmaların başarıya ulaşması ve sürekliliği için iyi planlama yapılması ve kontrol önem arz etmektedir. Bu amaçla hazırlanan süreç kontrol şeması Şekil 8.13'te paylaşılmıştır.



Şekil 8.13. Süreç kontrolü

Üretim Şefi; sorun işletme kaynaklı ise giderir, düzeltmeleri çalışanlar ile tartışır ve eğer gerekli ise eğitim verir. Sorun teknik ise arıza kaydı açılarak bakım birimine iletir. Üretim mühendisi; son duruma veya yeni hedeflere göre yeni şartları belirler

### 8.2.2 Yapılacak çalışmalar

- Ekipman temizliklerinin düzenli ve sürekli olarak yapılması için bir sistem kurulması.
- Tesis bazında elektrik, doğalgaz ve su tüketimlerinin günlük olarak bilgi sistemi entegre edilerek takibinin sağlanması.
- Debi uyarı yapılan fanlarda klape ile ayar sisteminden motor hızı ayarlama sistemine geçilmesi. (Bu konuda incelemeler yapılmış olup, pilot bir çalışma için maliyet ve teknik değerlendirme yapılmaktadır.)
- Süreç kontrol şemasına göre süreci sürekli olarak takip etmek.
- Doğalgaz tüketimini daha da düşürmek için kurutucu primer fanı önüne emiş havasının ısıtılması için sistem kurulması. Bu sistem için atık ısı kaynağı araştırılması. Kondensatör ölçümlerinin periyodik olarak yaptırılıp önlem alınmalıdır

### 8.3 Gübre Sanayi Dünyadan Verimlilik Arttırıcı Proje Örnekleri

Gübre sanayinin en önemli girdilerinden olan enerjinin verimli kullanılması, enerjide dışa bağımlılığın düşürülmesi, rekabet gücünün arttırılması ve çevreye karbon salınımının düşürülmesi için dünya genelinde önemli gübre üreticileri verimlilik arttırıcı proje yatırımları yapmaktadır. Bu bölümde yapılan bazı iyi uygulama örneklerine yer verilmiştir.

#### 8.3.1 Örnek uygulama-1

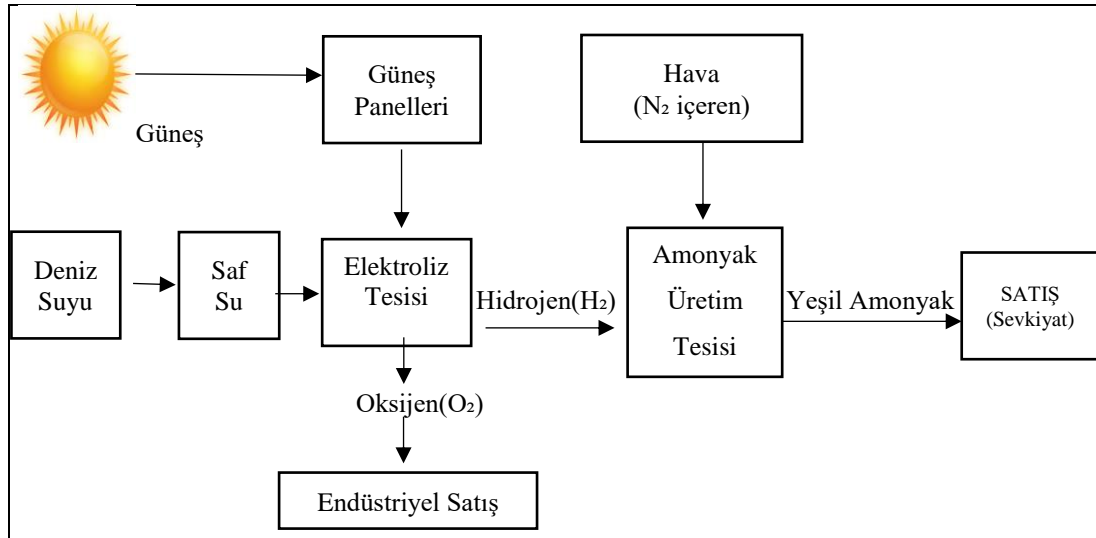
Proje Adı : Solar Amonyak Tesisi Projesi

Firma Adı : Yara International Asa

Ülke : Avustralya

Kazanım : Enerji verimliliği

Dünyada önde gelen amonyak üreticilerinden biri olan Yara International batı Avustralya bölgesinde yer alan sıcak, kuru bir iklime sahip Pilbara'da bulunan tesislerinde güneş enerjisi kullanılan ve karbon emisyonu oluşturmayan üretim tesisi çalışması yapmıştır. Çalışma kapsamında hidrojen ile nitrojen birleştirilerek "yeşil" amonyak üretimi gerçekleştirilecektir. Çalışmanın özellikle çöl iklimine sahip ülkelerde maliyeti düşürerek rekabet gücünü arttırması beklenmektedir. [44] Yenilenebilir amonyak prosesi Şekil 8.14'te paylaşılmıştır.



Şekil 8.14. Yenilenebilir amonyak prosesi

### 8.3.2 Örnek uygulama-2

Proje Adı : Temiz Hava

Firma Adı : Ha Bac Nitrogenous Fertiliser & Chemicals

Ülke : Çin

Kazanımlar : Sera gazı emisyonu azalımı ve enerji verimliliğinin artırılması

Sıvı amonyak (NH<sub>3</sub>) ve Üre üretimi yapan Çin'in HA BAC gübre fabrikasında enerji tüketiminin düşürülerek enerji maliyetlerinin azaltılması ve sera gazı emisyonunun düşürülmesi için verimlilik artırıcı proje uygulamaları yapılmıştır.[45] Yapılan uygulamalar ve elde edilen kazançlar Tablo 8.16'da gösterilmiştir.

Tablo 8.16. Ha Bac gübre fabrikası verim artırıcı proje uygulaması

İyileştirme	Fayda
Buhar borularının izolasyonlarının yenilenmesi	271 ton CO <sub>2</sub> /Yıl sera gaz emisyonu azalımı Enerji Tasarrufu
Yüksek basınçlı boruların yenilenmesi	Sera gazı emisyonu azalımı
Kayıp ve kaçakların bulunması	477 ton CO <sub>2</sub> /Yıl sera gazı emisyonu azalımı Enerji tasarrufu

Proje Maliyeti : 3.690 \$

Geri Dönüş Süresi : 6 Ay

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji özellikle sanayi devrimi ve akabinde hızla artan teknolojik gelişmelerle birlikte önemi giderek artan stratejik bir araç konumuna yerleşmiştir. Dünyada söz sahibi bir ülke olma ile enerjiye ve enerji nakil hatlarına hakim olma arasında çok yakın bir bağ vardır. Dünya ülkeleri enerji arz ve güvenliği konularında önemli politikalar geliştirmek için yoğun bir çalışma ve yarışma içerisindedirler. Ülkeler arasında yaşanan önemli siyasi kriz ve çatışmalar kalkınmadaki rolü büyük olan enerji ve enerji kaynaklarına hakim olma stratejisinden kaynaklanmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları açısından önemli seviyede dışa bağımlı olan Türkiye; dünyanın en önemli enerji kaynaklarına sahip ülkeler ile enerjiyi yoğun bir şekilde kullanan ülkeler arasında jeopolitik öneme sahip bir noktada yer almakta ve önemli enerji nakil hatları topraklarından geçmektedir. Bu durum Türkiye'yi enerjiyi uygun maliyetli ve güvenli bir şekilde alma konusunda avantajlı bir duruma getirmektedir. Bununla birlikte Türkiye enerji yoğunluğu dünya ortalamasının üstünde seyreden bir ülke olup aynı miktar katma değer üretimi için daha fazla enerji harcadığı istatistiki raporlarda görülmektedir. Bu durum Türkiye'nin enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğunu ve enerji verimliliği konusunda yapılacak çalışmaların önemli katma değer oluşturacağını göstermektedir.

Bu tez çalışmasında enerji kaynakları, enerji kaynak rezervi ve bu kaynakların kullanım oranı konuları incelenmiştir. Sanayinin GSYH'deki payının %20 civarında olduğu Türkiye'de; enerjinin sanayide kullanım oranı ve sanayi enerji tasarruf potansiyeli araştırılmıştır. Enerji yönetimi ve enerji verimliliğinin maliyetler açısından önemi vurgulanarak yapılacak verimlilik artırıcı projelerle enerji yoğunluğunun düşürülebileceği gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında Türkiye de kullanılan miktarın ortalama % 65'inin yurtdışından alınan hammaddelerle ülkedeki fabrikalarda üretildiği ve geri kalan kısmın ithal edildiği gübre sektörü incelenmiştir. Enerjide olduğu gibi gübre hammadde temini konusunda da dışa bağımlı bir ülkeyiz. En fazla kullanılan gübre ve hammaddelerinin (Amonyak, üre) üretiminde doğalgaz yoğun kullanılmaktadır. Bu çalışmada verimli

kaynak kullanımının gübre sanayinde hem üretim hem de enerji açısından önemli olduğuna vurgu yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında örnek bir kompoze-AS tesisinde gübre üretim süreci, proses akışı ve kullanılan ekipmanlar incelenmiştir. Yapılan etüt çalışmaları sonucu ekipman seçimi, gereksiz çalışma, yakma sistemi, hat kaçak ve izolasyon eksiklikleri, korozyon ve eksik bakım kaynaklı kayıpların var olduğu görülmüştür. Yoğun enerji kullanımına sahip ekipman ve sistemlerden elektrik motorları, pompalar, fanlar, buhar ve basınçlı hava sistemlerinin enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu ve bu ekipmanlarda yapılacak çalışmalar neticesinde birim üretim maliyetinin düşürülebileceği gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasında kaizen ve altı sigma metodolojileri kullanılarak iki adet verimlilik artırıcı proje yapılmıştır. Projeler sonucu elektrik ve doğalgaz kullanımı düşmüş olup önemli seviyede enerji tasarrufunun çok az ya da hiç para harcanmadan gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca enerji verimliliği konusunda yapılan çalışmaların bir diğer çıktısı olarak bakım maliyetlerinin düştüğü görülmüştür.

Sonuç olarak enerji verimliliği konusu bir ülke politikası olmalı ve en ucuz, en çevreci ve en kaliteli enerjinin tasarruf edilen enerji olduğu bilinmelidir. İyileştirme çalışmalarının birçoğu çok az ya da hiç para harcamadan farkındalık, dikkat, disiplin, standartlaşma ve sürekliliği sağlayarak yapılabilmektedir. Enerji tasarruf potansiyeli tespit edilerek yapılacak iyileştirmeler ile konfor, üretim ve kaliteden ödün vermeden yüksek miktarda enerji tasarruf edilebilmektedir. Enerjide verimlilik bakım harcamalarının da düşmesine katkıda bulunurken kaliteli bakım hem üretim hem de enerjide verim artışı anlamına gelmektedir. Bu çalışma verimlilik çalışmaları yapan gübre sanayi ile benzer prosese sahip diğer sanayi kolları için de örnek olabilecek bir çalışma olmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] <https://www.enerjiportali.com> (Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2020)
- [2] Çakar A.E., 3. Enerji Verimliliği Kongresi, Mühendis ve Makine Dergisi, 52(617), 20-21, 2011
- [3] <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf> (Ziyaret tarihi 10 Ocak 2021)
- [4] <https://www.tki.gov.tr/tr-TR/temiz-komur-teknolojileri> (Ziyaret tarihi 20 Ocak 2021)
- [5] [https://www.researchgate.net/publication/330397745\\_DUNYADA\\_VE\\_TURKIYE%27DE\\_KOMUR\\_MADENCILIGINE\\_GENEL\\_BIR\\_BAKIS](https://www.researchgate.net/publication/330397745_DUNYADA_VE_TURKIYE%27DE_KOMUR_MADENCILIGINE_GENEL_BIR_BAKIS) (Ziyaret tarihi 22 Ocak 2021)
- [6] <https://www.enerjiatlası.com/rezerv/dunya-dogalgaz-rezervi.html> (Ziyaret tarihi 22 Ocak 2021)
- [7] EC, Sustainable Industry: Going for Growth & Resouce Efficiency, EC, Rotterdam, Hollanda, 2011.
- [8] <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerjiler-2019-kuresel-durum-raporu/> (Ziyaret tarihi 24 Ocak 2021)
- [9] Statistical Review of World Energy, *British Petrol*, 2020.
- [10] [https://www.wwf.org.tr/ne\\_yapiyoruz/iklim\\_degisikligi\\_ve\\_enerji/yenilenebilir\\_enerji\\_ve\\_enerjiverimliliği/](https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilir_enerji_ve_enerjiverimliliği/) (Ziyaret tarihi 11 Ocak 2021)
- [11] <http://www.hanaenerji.com.tr/docs/TEP.pdf> (Ziyaret tarihi 15 Ocak 2021)
- [12] [www.inşaattedarik.com.tr](http://www.inşaattedarik.com.tr) (Ziyaret tarihi 30 Ocak 2021)
- [13] Faaliyet Raporu, *T.C Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı*, 2012.
- [14] Gübre Sektör Politika Belgesi 2018-2022, <https://tarimorman.gov.tr> (Ziyaret tarihi 2 Şubat 2021)
- [15] [https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/19\\_kimyasal-gubre-uretimi-20200103075114.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/19_kimyasal-gubre-uretimi-20200103075114.pdf) (Ziyaret tarihi 23 Şubat 2021)

- [16] ENERGY STAR, Energy Efficiency and Cost Saving Opportunities for Ammonia and Nitrogenous Fertilizer Production, *United States Environmental Protection Agency*, 2017.
- [17] <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Gubre%20Sektör%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf> (Ziyaret tarihi 23 Şubat 2021)
- [18] NPK Tesisi İşletme ve Bakım Klavuzu, *Gübre Fabrikaları Türk A.Ş.*, 2016.
- [19] <https://www.gea.com/tr/products/dryers-particle-processing/fluid-beds/fluid-bed-dryer.jsp> (Ziyaret tarihi 24 Şubat 2021)
- [20] <http://www.tkmmakina.com.tr/tr/siklon.html> (Ziyaret tarihi 26 Şubat 2021)
- [21] Kimyasal gübre ve azot bileşiklerinin imalatı sektörü kaynak verimliliği rehberi Yayın No: e-9, *Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü*, Aralık 2018.
- [22] Dağdeviren, M. *Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE*, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, 397-406, 2008.
- [23] ENERGY STAR, Energy Efficiency and Cost Saving Opportunities for Ammonia and Nitrogenous Fertilizer Production, *United States Environmental Protection Agency*, 2017.
- [24] IFA, Fertilizers, Climate Change and Enhancing Agricultural Productivity Sustainably, *International Fertilizer Industry Association*, Paris, 2009.
- [25] <http://www.eolss.net/ebooks/Sample%20Chapters/C08/E3-18-04-03.pdf> (Ziyaret tarihi: 5 Mart 2021).
- [26] [https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse\\_14/5947/DataGroup/turkish/bie\\_itotefe/](https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/serieMarket/collapse_14/5947/DataGroup/turkish/bie_itotefe/) (Ziyaret tarihi 14 Mart 2021).
- [27] <https://www.voltimum.com.tr/haberler/sanayide-enerji-verimlilik-yontemleri> (Ziyaret tarihi 21 Mart 2021).
- [28] <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yfk/icerikler//taslak-uk-brulor-ve-yakma-yonet-m-s-s-31.12.2018-20190610153948.pdf> (Ziyaret tarihi 25 Mart 2021).
- [29] [http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/6e6a3326dd7d868\\_ek.pdf?dergi=155](http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/6e6a3326dd7d868_ek.pdf?dergi=155) (Ziyaret tarihi 26 Mart 2021).
- [30] <https://malzemebilimi.net/korozyonun-neden-oldugu-mali-kayiplar.html> (Ziyaret tarihi 28 Mart 2021).
- [31] <https://www.stmcoatech.com/cukurcuk-korozyonu-pitting-corrosion> (Ziyaret tarihi 28 Mart 2021).



- [32] [http://www.sayicreduktor.com/Uploads/Files/Enerji\\_VerimliliYi\\_ve\\_YukseK\\_Verimli\\_Elektrik\\_MotorlarY.pdf](http://www.sayicreduktor.com/Uploads/Files/Enerji_VerimliliYi_ve_YukseK_Verimli_Elektrik_MotorlarY.pdf) (Ziyaret tarihi 30 Mart 2021).
- [33] <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/887569> (Ziyaret tarihi 30 Mart 2021).
- [34] <http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/143-yeni-yasa-ve-getirdikleri/> (Ziyaret tarihi 30 Mart 2021)
- [35] [https://jag.journalagent.com/jems/pdfs/JEMS\\_2\\_1\\_31\\_40.pdf](https://jag.journalagent.com/jems/pdfs/JEMS_2_1_31_40.pdf) (Ziyaret tarihi: 29 Mart 2021).
- [36] <http://www.empomotor.com/empo/Teknik%20bilgiler/Microsoft%20Word%20-%20motorbilgi.pdf>(Ziyaret tarihi:03.Nisan 2021)
- [37] [https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/98ed7d4ee7138d4\\_ek.pdf](https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/98ed7d4ee7138d4_ek.pdf) (Ziyaret tarihi:01 Nisan 2021)
- [38] [https://www.ksb.com/ksbtr/Products\\_and\\_Services/Training/TrainingVideos/KarakteristikEgriler/](https://www.ksb.com/ksbtr/Products_and_Services/Training/TrainingVideos/KarakteristikEgriler/) (Ziyaret tarihi:04 Nisan 2021)
- [39] <https://www.termodinamik.info/bilimsel/endustriyel-fanlar-enerji-verimliliği-ve-fan-secimi-2> (Ziyaret tarihi:05 Nisan 2021)
- [40] Sanayide Enerji Yönetimi Esasları. Cilt No:3, *EİEİ/UETM*, Ankara, 1997.
- [41] [http://deneysan.com/Content/images/documents/ey-06\\_8321397.pdf](http://deneysan.com/Content/images/documents/ey-06_8321397.pdf) (Ziyaret tarihi:05 Nisan 2021)
- [42] Buhar Tesisatları ve Buhar cihazları El Kitabı Genişletilmiş 10.Baskı. *Spiraxsarco*, 2008.
- [43] Unan L, *Saving Energy Course Book, Festo Didactic*, Germany, 2012
- [44] <https://www.yara.com.au/siteassets/about-yara/pilbara-documents-other/renewable-ammonia-factsheet-ver-01.pdf/> (Ziyaret tarihi:12 Nisan 2021)
- [45] <https://www.ahika.gov.tr/assets/upload/dosyalar/kimyasalgubrevezotbilesiklerininimalatirehberi.pdf> (Ziyaret tarihi:15 Nisan 2021)

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Karakaş Ş.** Altınay M. Kimyevi Gübre Fabrikalarında Enerji Verimliliği Uygulamaları, *Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi-Imascon 2021 Bahar*, Derince/Kocaeli, Türkiye, 21-22 Mayıs 2021



## ÖZGEÇMİŞ

Şuayp Karakaş ilkokul öğrenimini Erzincan Akşemsettin ilkokulunda tamamladı. Ortaokul ve lise öğrenimini sırasıyla Gölcük İlköğretim Okulu ve Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesinde tamamlayıp 1999 yılında üniversite öğrenimine başladı ve Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında askerlik görevini makine mühendisi (asteğmen) olarak yapmış olup görevini tesisat projelerinde yer alarak ve kalorifer ateşçisi eğitimleri vererek tamamlamıştır. Askerlik sonrası doğalgaz iç tesisat yetkili mühendisi ve Ford Otosan Gölcük Fabrikasında bakım ve çelik konstrüksiyon yenileme çalışmaları yapan Maksan firmasında Makine Mühendisi olarak çalıştı.

Şuayp Karakaş 2005 yılında Gübre Fabrikaları Türk A.Ş.'de çalışmaya başladı. Gübre Fabrikaları Türk A.Ş. Yarımca Tesislerinde mekanik bakım sorumlusu ve planlı bakım sorumlusu görevlerinde bulunmuş olup halen mekanik bakım şefi olarak çalışmaktadır. Aynı zamanda sanayi enerji yöneticisi eğitimini de almış ve bu kapsamda çeşitli iyileştirme çalışmalarında görev almaya devam etmektedir. 2018 yılında Kocaeli Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.