İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

İŞLETMELERDE BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN YAPILANDIRILMASI VE EÜAŞ İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİNE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağatay ARAZ

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

İŞLETMELERDE BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN YAPILANDIRILMASI VE EÜAŞ İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİNE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çağatay ARAZ

(301131039)

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Üner ÇOLAK

ARALIK 2016

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ ENERGY INSTITUTE

MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM CONFIGURATION IN PLANTS AND APPLICATION TO EUAS ISTANBUL A NATURAL GAS COMBINED CYCLE POWER PLANT

MASTER THESIS

Çağatay ARAZ

(301131039)

Energy Science and Technology Division

Energy Science and Technology Program

Thesis Advisor: Prof. Dr. Üner ÇOLAK

DECEMBER 2016

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301131039 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Çağatay ARAZ ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İŞLETMELERDE BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN YAPILANDIRILMASI VE EÜAŞ İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİNE UYGULANMASI " başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Üner ÇOLAK** İstanbul Teknik Üniversitesi	…….
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. Güzay Paşaoğlu** İstanbul Teknik Üniversitesi	…….....
	Prof. Dr. Hasan Alpay Heperkan Yıldız Teknik Üniversitesi	……

Teslim Tarihi : 02 Mayıs 2016
Savunma Tarihi : 16 Aralık 2016

ÖNSÖZ

Günümüzde İşletmelerin kendilerini rekabetçi piyasa koşullarında kabul ettirebilmelerini sağlayabilecek en önemli faktörlerden bir tanesi üretim devamlılığının sağlanabilmesidir. Yüksek oranlarda emreamadeliğin sağlanabilmesi ise işletmelerde uygulanan bakım yönetim sistemlerinin yeterliliği ile mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada kısaca bakım yönetim sistemlerin yapılandırılmasına giriş yapıp sonrasında örnek olarak EÜAŞ İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali İşletme Müdürlüğünde uygulanan Bakım Yönetim Sistemleri incelenmiştir.

Çalışmamda tüm desteği ile bana yardımcı olan ve yönlendiren çok değerli hocam Prof. Dr. Üner Çolak'a ; EÜAŞ İstanbul A Doğalgaz ve Kombine Çevrim Santrali İşletme Müdürlüğü çalışanlarına; hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme ve son olarak bu çalışma sırasındaki zorlu süreçte bana her türlü desteği veren sevgili eşim Nilay ve kızım Erva ARAZ' a da teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2016

Çağatay Araz
(Elektrik-Elektronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xiii**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xvii**
ÖZET ..... **xix**
SUMMARY ..... **xxi**
1. GİRİŞ **1**
2. BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE BAKIM YÖNETİM POLİTİKALARI **3**
2.1 Bakım Yönetim Sistemleri Temel Kavramları 3
2.2 Bakım Yönetim Politikalarının Amaçları 4
2.3 Bakım Politikalarının Belirlenmesindeki Etmenler 5
2.4 Bakım Politikaları Bileşenleri 5
3. BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİ **7**
3.1 Bakım Yönetim Sistemleri Yaklaşımının Tarihçesi 7
3.2 Bakım Yönetim Sistemlerinin Sınıflandırılması 9
3.3 Bakım Yönetiminin Seçimi 9
3.4 Plansız Bakım Yönetimi 10
3.5 Planlı Bakım Yönetimi 11
3.6 Periyodik Bakım 12
3.7 Küvet Eğrisi 14
3.8 Bakım Yönetim Sistemlerinde Ekonomik Analiz 15
3.9 Kestirimci Bakım 17
3.10 Kestirimci Bakım Uygulama Basamakları 18
3.11 Kestirimci Bakım Uygulamalarında İzlenecek Yöntem 19
3.12 Kestirimci Bakım Uygulama Yöntemleri 20
3.12.1 Titreşim analizi 20
3.12.2 Model bazlı arıza erken uyarı sistemi 21
3.12.3 Yağ analizi 22
3.12.4 Sıcaklık analizi 22
3.12.5 Akustik emisyon 23
3.12.6 Parçacık analiz 23
3.12.7 Performansın izlenmesi 23
3.12.8 Üretken bakım 23
3.12.9 Toplam üretken bakım 24
3.12.9.1 TPM'in temel amaçları 25
3.12.9.2 TPM başarı faktörleri 25
3.12.9.3 TPM evreleri 26
3.13 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemleri 28
3.13.1 Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin hedefleri 29

3.13.2 Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin işlevleri 29
3.13.3 CMMS uygulama yöntemleri 30
4. İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİ 31
4.1 Kombine Çevrim Santrallerinin Genel Yapısı 31
4.2 İşletme Tanıtımı 31
4.3 İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Su Buhar Çevrimi 33
4.4 Gas Türbinleri 35
4.5 Gas Türbinleri Hava Filtreleri 36
4.6 Gas Türbini Generatörü 37
4.7 Yanma Odaları 37
4.8 Yakıcı Sistem 39
4.9 By-Pass Bacaları 40
4.10 Atık Isı Kazanları 40
4.11 Buhar Türbinleri 41
4.12 Su Hazırlama Tesisleri 42
4.13 Soğutma Suyu Sistemleri 44
4.14 Elektrik Sistemleri 45
4.14.1 Şalt sahası 45
4.14.2 Ana trafolar 45
4.14.3 İç ihtiyaç trafoları 45
4.14.4 Start up trafoları 46
4.14.5 OG dağıtım sistemi 46
4.14.6 AG dağıtım sistemi 46
4.14.7 Doğru akım sistemi. 46
4.14.8 Acil besleme sistemi 46
4.14.9 Kontrol sistemi 46
4.15 EÜAŞ İstanbul A Santrali Teknik Kapasiteler 47
5. İSTANBUL A DG KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİ İŞLETME VERİLERİ 49
5.1 Yıllık Üretim 49
5.2 Kapasite Kullanma Faktörü 49
5.3 Emre Amadelik 50
5.4 Doğalgaz Tüketimi 51
5.5 Motorin Tüketimi 51
6. İSTANBUL A DGKÇ SANTRALİNDEKİ BAKIM UYGULAMALARI 53
6.1 Bakım Organizasyon Şeması 53
6.2 Bakım Servislerinin Görev Tanımlamalarının Yapılması 54
6.2.1 Ölçü kontrol servisi 54
6.2.2 Türbin bakım servisi 56
6.3 Plansız Bakımlar 56
6.4 Bakım Toplantıları 58
6.5 Bakım Servisleri Arıza Takip Tabloları 59
6.6 Periyodik Bakım Uygulamaları 60
6.6.1 Gas türbini periyodik bakım planı 60
6.6.2 Periyodik testler 60
6.6.3 Kalibrasyonlar 61
6.7 Kestirimci Bakım Uygulamaları 62
6.7.1 Termal ölçümler 62
6.7.2 Egzos gazı sıcaklık ölçümü 63
6.8 Bilgisayar Destekli Bakım Uygulamaları 64

6.8.1 AWOSC 64
6.8.2 EÜAŞ bys 65
6.9 Performans İzleme Sistemi 72
6.10 Revizyonlar 78
6.10.1 Gas türbini rehabilitasyonları 80
6.10.1.1 GT 11 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 80
6.10.1.2 GT 12 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 81
6.10.1.3 GT21 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 82
6.10.1.4 GT 22 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 83
6.10.1.5 GT 31 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 84
6.10.1.6 GT 32 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 84
6.10.2 Kazan revizyonları 85
6.10.3 Buhar türbini revizyonları 87
6.10.3.1 ST 10- revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 87
6.10.3.2 ST 20- revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 88
6.10.3.3 ST 30- revizyon çalışmaları ve önemli arızalar 89
6.11 Bakım Sistemindeki Yetersizlikler ve Problemler 90
6.11.1 Bakım yönetim sistemi yazılımının devreye alınmasında yaşanan gecikmeler 90
6.11.2 Planlı bakımların uygulanmasında yaşanan zorluklar 90
6.11.3 Kestirimci bakım uygulanmalarının yetersizliği 90
6.11.4 Prosedürlerden kaynaklanan gecikmeler 90
6.12 Bakım Sistemindeki Yeni Yaklaşımlar 91
6.13 İşletme Arızaları Sayısal Analizleri 91
6.13.1 Pareto analizi 91
6.13.2 Ishıkawa diyagramı 96
6.13.3 Üretilemeyen enerji analizi 97
6.13.4 Ünite duruş süreleri analizi 98
6.13.5 Arıza tekrar süreleri analizi 99
6.13.6 Temel bileşenler analizi(PCA) 101
6.13.7 Sayısal analiz sonuçları 107
6.13.7.1 Pareto analizi sonuçları 107
6.13.7.2 Ishıkawa diyagramı sonuçları 108
6.13.7.3 Principle component analizi sonuçları 108
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 109
KAYNAKLAR 111
ÖZGEÇMİŞ 113

KISALTMALAR

BYS : Bakım Yönetim Sistemi
CMMS : Computerized Maintenance Management System
DGKÇ : Doğal Gaz Kombine Çevrim
EÜAŞ : Elektrik Üretim Anonim Şirketi
İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği
JIPM : Japon Institute of Plant Maintenance
KBP : Kazan Besi Pompası
kV : Kilo Volt
kVA : Kilo Volt Amper
kWh : Kilo Watt Saat
MCM : Motor Condition Maintenance
MW : Mega Watt
OG : Orta Gerilim
RCM : Reliability Centered Maintenance
TPM : Total Productive Maintenance
VDU : Visual Display Unit
YG : Yüksek Gerilim

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1: Arıza kestirimci bakım yöntemleri 20
Çizelge 4.1: Gaz türbini teknik özellikleri 47
Çizelge 4.2: Kazan teknik özellikleri 47
Çizelge 4.3: Buhar türbini teknik özellikleri 47
Çizelge 5.1: İşletme yıllık üretimi 49
Çizelge 5.2: İşletme kapasite kullanım faktörü 50
Çizelge 5.3: İşletme emre amadelik oranları 50
Çizelge 6.1: Gaz türbini periyodik bakım planı 60
Çizelge 6.2: İşletme kalibrasyon tablosu 62
Çizelge 6.3: Termal durum izleme tablosu 63
Çizelge 6.4: Egzos gazı sıcaklık değerleri. 63
Çizelge 6.5: Awocs durum listesi 64
Çizelge 6.6: BYS ekipman tanımlamaları. 69
Çizelge 6.7: BYS arıza tanımlamaları. 69
Çizelge 6.8: Mussel filtre bakm talimatı 70
Çizelge 6.9: Transmitter bakm talimatı.. 71
Çizelge 6.10: Ekipman arıza geçmişi. 71
Çizelge 6.11: İşletme yol verme tarihleri. 79
Çizelge 6.12: İşletme revizyon tarihleri 80
Çizelge 6.13: Değiştirilen boru miktarı. 86
Çizelge 6.14: Buhar türbinleri revizyon tarihleri. 90
Çizelge 6.15: İşletme Arıza Frekansları. 94
Çizelge 6.16: Pareto Analizi Sayısal Verileri. 94
Çizelge 6.17: Arızaya Bağlı Üretilemeyen Enerji Miktarı 98
Çizelge 6.18: Arızaya Bağlı Duruş Süreleri 99
Çizelge 6.19: Arıza Tekrar Süreleri 100
Çizelge 6.20: PCA Kullanılan Database 101
Çizelge 6.21: PCA İstatiksel Özetler 102
Çizelge 6.22: Korelasyon Matrisi(Pearson(n)) 102
Çizelge 6.23: Özdeğerler 103
Çizelge 6.24: Özvektörler 103
Çizelge 6.25: Faktörler 104
Çizelge 6.26: Değişkenler ve Faktörler arasındaki Korelasyon 104
Çizelge 6.27: Değişkenlerin Yüzdelik Katkıları 105
Çizelge 6.28: Değişkenleri Kosinüs Kareleri 105
Çizelge 6.29: Faktör Sonuçlar 106
Çizelge 6.30: Gözlemlerin Katkıları 106
Çizelge 6.31: Gözlemlerin Kosinüs Kareleri 107

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Bakım sistemlerinin tarihsel gelişimi 7
Şekil 3.2: Bakım modelleri. 9
Şekil 3.3: Makine arızaları-bakım aralığı arasındaki ilişki 13
Şekil 3.4: Bozulma oranının zamana gore degisimi (Küvet Egrisi) 14
Şekil 3.5: Bakım maliyet ve duruş ilişki diyagramı 16
Şekil 3.6: Optimum bakım eğrisi 16
Şekil 3.7: Kestirimci bakım grafiği 17
Şekil 3.8: Model bazlı erken uyarı sistemi 22
Şekil 3.9: TPM başarı faktörleri 26
Şekil 4.1: İstanbul A doğalgaz kombine çevrim santrali 32
Şekil 4.2: İstanbul A doğalgaz kombine çevrim santrali 32
Şekil 4.3: İstanbul A dgkçs su-buhar çevrimi 34
Şekil 4.4: Gaz türbini yatakları 35
Şekil 4.5: Gas türbini hava filtreleri 36
Şekil 4.6: Gas türbini generatörü 37
Şekil 4.7: Yanma odaları. 38
Şekil 4.8: Yanma odaları üzerinde yer alan hibrit yakıcılar. 39
Şekil 4.9: By-pass bacaları. 40
Şekil 4.10: Atık ısı kazanları. 41
Şekil 4.11: Buhar türbini ve genaratör. 42
Şekil 4.12: Soğutma suyu pompaları. 44
Şekil 4.13: Şalt sahası. 45
Şekil 5.1: İşletme brüt üretim 49
Şekil 5.2: Doğalgaz tüketim oranı. 51
Şekil 5.3: Motorin tüketim oranı. 52
Şekil 6.1: Bakım organizasyon şeması. 53
Şekil 6.2: Plansız bakım iş emri 57
Şekil 6.3: Bakım toplantıları tutanağı. 58
Şekil 6.4: Ölçü-kontrol arıza takip tablosu 59
Şekil 6.5: Türbin bakım arıza takip tablosu 63
Şekil 6.6: PERİDSİS yazılımının genel görüntüsü 74
Şekil 6.7: Uzun vade ünite güç bozunumu 75
Şekil 6.8: Buhar türbini güç bozunumu 75
Şekil 6.9: Gaz türbini güç bozunumu 76
Şekil 6.10: KBP bozunumları 77
Şekil 6.11: Etki çözüm analizi 77
Şekil 6.12: Yenilenmiş atık ısı kazanı boruları 86
Şekil 6.13: Değiştirilen atık ısı kazanı boruları 87
Şekil 6.14: Minitab Yazılımı Genel Görünümü 92
Şekil 6.15: İşletme Arıza Pareto Analizi 95

Şekil 6.16: Kazan Boru Patlağı İshikawa Diyagramı 97
Şekil 6.17: Vibrasyon Arızası Ishıkawa Diyagramı 97
Şekil 6.18: Üretilemeyen Enerji Analizi 98
Şekil 6.19: Duruş Süreleri Analizi 99
Şekil 6.20: Arıza Tekrar Süreleri Analizi 100
Şekil 6.21: Kümülatif Değişken Grafiği 103
Şekil 6.22: Komponent PCA Dağılımı 105
Şekil 6.23: Arıza Modlarının PCA Dağılımı 106
Şekil 6.24: Biplot PCA Dağılımı 107

İŞLETMELERDE BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN YAPILANDIRILMASIVE EÜAŞ İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİNE UYGULANMASI

ÖZET

Günümüzde işletmelerin kar ederek ticari faaliyetlerini sağlam bir şekilde sürdürmek amacı doğrultusunda, hizmet verdiği kurumlara veya kişilere istedikleri ürün ve hizmeti sunabilmesi bakım yönetim sistemlerinin işletmeye uygulanabilirliği ile uyuşmaktadır. Bakım yönetim sistemlerinin işletmelerde uygulanabilmesi ile beraber işletmede üretilen ürünün birim maliyet fiyatı düşmekte ve bu gelişmeye bağlı olarak firmalar rekabet ortamında rakipleri arasında öne çıkma şansı yakalamakta, daha tercih edilebilir bir duruma gelmektedirler.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesine bağlı olarak bakıma verilen önem de gittikçe artmaya başlamıştır. Geçmişte işletmelerin arıza durumunda sisteme dahil olması durumu günümüzde yerini planlı bakımlara bırakmıştır. Ülkemizde daha popüler olan periyodik bakımlar belli periyotlarda üretici önerileri veya çalışanların tecrübeleri doğrultusunda yapılan yenileme işlemlerini, kestirimci bakım ise ölçümler ve analizler sonucunda arıza olasılığı olan ekipmanların bakım islerini içerir.

Çalışmaya konu olan İstanbul Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali İstanbul Avcılar ilçesinde yer alan ülkemizin en büyük kamu santrallerinden bir tanesidir. Son yılların verileri incelendiğinde yüksek emre amadelik oranı ile ülkemizin elektrik enerjisi talebinin büyük bir oranını karşılamaktadır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde kabul görmüş bakım sistemleri hakkında genel bilgi aktarılmış, daha sonra işletmeye ait teknik veriler belirtilerek bakım uygulamalarının işletmeye uygulanabilirliği incelenmiştir.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda bakımın son derece önem kazandığı endüstri dünyasında pek çok çeşidi olan bakım yaklaşımlarından en uygununun seçilerek endüstriye uyumu sağlanmalı ve uygulanmalıdır.

MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM CONFIGURATION IN PLANTS AND APPLICATION TO EUAS ISTANBUL A NATURAL GAS COMBINED CYCLE POWER PLANT

SUMMARY

Today, for the purpose of maintaining profits and steady continuity of commercial activities, providing desired products and services to institutions or individuals is consistent with applicability of maintenance management systems to businesses. Together with the implementation of maintenance management system to the businesses, unit costs of the products decrease with which the businesses get the chance to stand out among its competitors in a competitive environment and become more preferable.

The main purpose in production based enterprises is to present the requests to the customers in time within requested quality and to provide customer satisfaction.

In the past periods enterprises established with serious investments have been worked below the nominal working hours due to the insufficiency of the maintenance systems which result critical failures and cause financial losses. However the enterprise maintenance importance raised as a result of comparing expenses caused by maintenance defects and the damage caused by operations of critical failures with the maintenance costs

Today, competition environment is increasing due to technological developments and market share based on globalization. In this context, the enterprises apply the necessary investments in order to exist.

In the enterprises it is important to ensure continuity of the production, to provide the required quality, to reduce the unit costs and to apply the maintenance systems on the conditions suitable for the operation in order to continue of profitability. The main goal of the maintenance management system is to optimize operating resources to minimize unforeseen failures and to maximize efficiency

As mentioned throughout the study, maintenance management systems have importance especially in plants with manufacturing purposes, in terms of ensuring safe working conditions, production continuity and maximum performance at minimum cost.

However, in our country, the enterprises can’t see the necessity of the maintenance management systems. In order to ensure continuity of their daily production they keep maintenance plans on the second plan. In line with this development, there are production losses in the enterprises due to unscheduled failures.

Unlike other developed countries, in our country predictive and periodic maintenance applications that required in terms of maintenance systems can’t be implemented adequately and necessary investments can’t be made for AR-GE studies supporting planned maintenance applications. Besides, new trend maintenance methods started to be implemented worldwide also can’t be implemented in enterprises.

In recent years, the emphasis on maintenance is continuously increasing due to the development of technology. Planning of maintenance systems and turning them into business culture is becoming widespread especially in institutional enterprises and it

is being brought to performance criterion and monitored. In this context, some corporate enterprises in our country have been awarded worldwide.

In order to reduce the unit costs to the minimum and to ensure maximum profit margins in line with the above mentioned information, enterprises should make necessary investments in the maintenance systems in order to extend the life span of the equipment and increase the machine productivity. The return periods of the investments to be made with the maintenance systems should be calculated and reported to the top management.

Today, involvement of seller to the process only in case of failure is replaced with planned maintenance. Periodic maintenance that is more popular in our country, consists of renovations in accordance to the experiences of the staff or the recommendations of the manufacturer, while predictive maintenance consists of maintenance of equipment that are likely to malfunction determined with measurements and analyses.

Maintenance has become extremely important in the industry, therefore the most appropriate maintenance system among the others should be selected and implemented .The most important criterion here is the cost, and a maintenance policy that does not contradict the purpose of profit should be applied.

The subject of this study, Istanbul Natural Gas Combined Cycle Power Plant, located in Avcılar is one of the largest public power plants with respect to annual production amount about 8,000,000,000 kWh , %70 capacity factor and %90 availability in the country. The data of recent years showed that with a high availability rate, it provides a large proportion of the electricity demand of the country. Power plant consists of 3 combinations with the same characteristics and has a total installed power of 1350,9 MW. Each combination consists of two gas turbines, two waste heat boilers and one steam turbine.

In the first chapter of this study, general information on the well-established maintenance systems followed by feasibility study of maintenance systems to the plant including technical data of the plant is provided.

In the center section, the maintenance strategies of the operating subject are examined in detail; the application and results of conservative, predictive and corrective maintenance methods have been analyzed. When we analyzed in terms of failures, approximately %30 of failures constitute scheduled maintenance activities and %70 of failures constitute unscheduled maintenance activities which is originate because of momentary faults in plant.

In the last part, the numerical analysis of operational failure data was examined and numerical statistics were extracted. Pareto analysis, Ishikawa diagram and principle component analysis methods are applied in order to get numerical analysis.

The standings between the years 2013 and 2016 were examined and the following results were obtained. The most important reason why the units are stopped is due to boiler pipe breaks. So, the energy that cannot be produced due to boiler pipe failure between 2013-2016 is measured as 0,479 TWh. Again in the same period, this breakdown caused 3600 hour energy production stoppage in the power plant. In this context, it is observed that the most important fault that occurred operator is the boiler pipe boom. As the boiler pipe breaks are resolved in operation, the unit stops will reduce and the capacity of the plant will increase.

The problem of erosion especially seen in the environment and material sub-units shortens the life of the boiler, which causes the energy production capacity reduction in the plant. In this context, the maintenance team is required to record the causes that cause abrading and to carry out studies that can bring solutions and, if necessary, to obtain outsourced support. Nevertheless, it is necessary to increase the control frequency of pure water data which is important in order to prevent erosion inside boiler pipes.

It is seen that the most frequent faults and those causing the most production loss are boiler pipe breaks and failures caused by vibration. By minimizing these failures, a significant increase in the system's availability rate can lead to a more efficient system operation.

As there are vast varieties of maintenance systems and its importance became vital, most appropriate maintenance approach should be selected and implemented to the plant in accordance to the information obtained.

1.GİRİŞ

Üretim esasına dayalı işletmelerde temel amaç taleplerin zamanında ve talep edilen kalitede müşterilerine sunulması ve müşteri memnuniyetinin sağlanmasıdır. Günümüzde teknolojik gelişmelere ve globalleşmeye dayalı pazar payına bağlı olarak rekabet ortamı artmaktadır. Bu kapsamda işletmeler var olabilmek adına gerekli yatırımları uygulamaktadırlar.

İşletmelerde karlılığım devam edebilmesi için üretimin devamlılığının sağlanması, talep edilen kalitenin sağlanması, birim maliyetlerin düşürülmesi ve bakım sistemlerinin işletmeye uygun koşullarda uygulanması önem arz etmektedir.Bakım yönetim sisteminin temel hedefi işletme kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak öngörülemeyen arızaları minimize etmek ve verimi en üst seviyelere taşımaktır.

İşletmelerde yer alan ekipmanların karmaşıklıklarına bağlı olarak uygulanan bakım sistemleri de değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmanın konu başlığı olan "İşletmelerde Bakım Yönetim Sistemlerinin Yapılandırılmasıve EÜAŞ İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline Uygulanması" adı altında incelenebilecek alt başlıklar incelenmiştir. Çalışmanın birinci bölümünde bakım yönetim sistemleri ile ilgili temel kavramlar üzerinde durulmuş, literatür çalışmalarına yer verilmiş ve genel bakım politikalarından bahsedilmiştir. İkinci kısımda bu çalışmada bahse konu olan İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline ait teknik bilgiler verilmiştir.

Son bölümde çalışmaya konu olan işletmenin bakım stratejileri detaylı olarak incelenmiş; koruyucu, kestirimci ve düzeltici bakım yöntemlerinin uygulanışı ve sonuçları analiz edilmiştir.

Bakımın son derece önem kazandığı endüstri dünyasında pek çok çesidi olan bakımyaklasımlarından en uygununun seçilerek endüstriye uyumu saglanmalı veuygulanmalıdır.

2. BAKIM-YÖNETİM SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE BAKIM-YÖNETİM POLİTİKALARI

2.1 Bakım-Yönetim Sistemleri Temel Kavramları

İşletmelerde sistemde yer alan bir techizat veya ekipmanın plansız bir şekilde arızalanarak duruşlara sebeb olması ve bu duruşlara bağlı olarak üretim hızının veya üretim kalitesinin düşmesi durumuna arıza denmektedir. Bu arızalara bağlı olarak sistemde oluşan ve üretim akışını etkileyen olumsuzlukların giderilmesine yönelik olarak yapılan çalışmaların bütününe bakım denir. Bunun yanı sıra arızalan ve üretim hızında veya kalitesinde yavaşlamaya sebeb olan ekipmanların çalışır durumdaki standartlarına geri getirilmesi durumu ise onarım olarak adlandırılmaktadır.Bakım çeşitlerinden bir tanesi olan önleyici bakım arızanın ortaya çıkmasından ziyade arızanın kaynağında giderilmesini amaçlayan bakım yöntemidir. Diğer bir bakım çeşidi olan periyodik bakım ise imalatçı firmaların veya işletme çalışanlarının tecrübelerine dayanarak oluşturulan bakım programlarının belirlenen periyotlarda uygulanmasını amaçlayan bakım yöntemidir. Günümüzde gün geçtikçe önemini kazanan kestirimci bakım ekipmanlar üzerinden alınan veri trendlerinin izlenerek değerlendirilmesiyle arızanın oluşmasından önce giderilmesini amaçlayan bakım yöntemidir. Bununla beraber daha genel bir bakımı kapsayan revizyon ise işletmelerdeki belirlenen ekipmanların veya tesisatın periyodik olarak kapsamlı bir şekilde bakım ve onarımlarının yapılmasıdır. Günümüzde önemini kazanmaya başlayan bir diğer bakım yöntemi olan toplam üretken bakım üretim faaliyetleri sürecinde, çalışanların tamamının katılımını gerektiren ekipman etkinliğini en üst düzeye getiren bir bakım yaklaşımıdır.Otonom bakım ise en genel anlamıyla teknisyenlerin kendi ekipmanlarına yaptıkları bakımlardır. Bu bakımlar kullanıcıların yaptıkları günlük bakımları kapsamaktadır[1].

2.2 Bakım-Yönetim Politikalarının Amaçları

İşletmede yaşanılacak arızalar duruşların yaşanmasına, üretim hızında ve/veya kalitesinde azalmaya, müşteri odaklı işletmelerde üretim değerlerinin düşmesine ve bunlara bağlı olarak müşteri ve prestij kaybına neden olacaktır.

Bu kapsamda her İşletme yukarıda bahsedilen kayıpların önüne geçmek adına gerekli bakımları planlamak ve uygulamak zorundadır.

Bakım yönetim sistemlerinin amaçlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [1].

- Sistemde yer alan ekipmanların faydanılabilirlik ömrünü uzatmak
- Ekipmanların en verimli çalışma düzeylerine ulaşmasını sağlamak
- Makine yıpranmasını minumum seviyelere indirgemek
- Üretim kalitesinin devamlılığını sağlamak
- Emreamadelik seviyesinin yüksek seviyelerde tutmak
- Birim üretim maliyetini minimum seviyede tutmak
- Can ve mal güvenliliğini yüksek seviyelerde uygulayabilmek
- Kritik duruşlara engel olabilecek arızaların önüne geçmek

Bakım yönetim sistemlerinin gereklilikleri yerine getirilmediği takdirde ise üretim akışı,verimlilik ve maliyetler üzerinde aşağıdaki sorunların yaşanması muhtemeldir [2].

- Plansız duruşlardan dolayı kaynaklanan maliyetlerin artması
- Müşteri odaklı işletmelerde üretim hızına bağlı olarak teslimatlarda yaşanan sıkıntıların artması
- Verimsiz çalışan ekipmanlara bağlı olarak ürün kalitesinde düzensizliklerin görülmesi, işletmede kayıpların artması
- Arızalı makinanın zincirleme olarak bütün sistemi etkilemesi
- Iskarta oranının artması ve kalitenin düşmesi

2.3 Bakım Politikalarının Belirlenmesindeki Etmenler

İşletmenin yapısına uygun bir bakım politikası aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması sonucunda oluşturulabilir [1].

- Bakım yapılandırılmasının kurulabilmesi için gerekli teknolojinin maliyeti, proje fizibilitesi ve kurulacak sistemin yarar/maliyet analizi
- Bakım planlaması kapsamında gerekli is gücü, malzeme ve donanım maliyetleri
- İşletmede yer alan makinaların bakım sistemindeki büyüklüğü
- Bakımın yapılamasından olusabilecek tüm kayıplar ve maliyetler

2.4 Bakım Politikaları Bileşenleri

İşletmede yer alan bakım politikaları bileşenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [1].

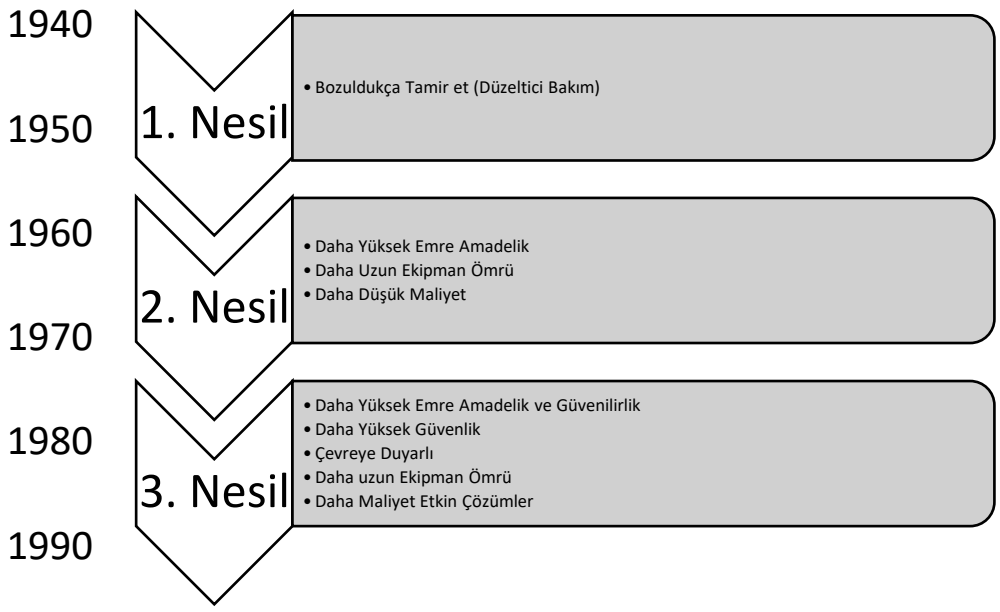
- Bakımı yapacak ekibin belirlenmesi;
  Bakım maliyetlerinin fizibilitesi yapılarak işletmede gerçekleşen arıza işletme personeli tarafından yapılabileceği gibi konusunda uzmanlaşmış firmalara da yaptırılabilir.
- Bakım aralıklarının belirlenmesi;
  Bakım aralığının belirlenmesini bakım maliyetlerini doğrudan etkilemktedir. Bakım aralıkları sistemde yer alan ekipmanların üreticilerinin önerileri ve işletme mühendis ve teknisyenlerinin tecrübeleri doğrultusunda şekillendirilir.
- Önleyici bakım faaliyetlerinin tüm bakım faaliyetleri içerisindeki yeri;
  Önleyici bakım faaliyetleri temelinde arızanın giderilmesinden ziyade arızanın ortaya çıkmasını önlemeyi hedeflediği için bakım planlamalarında önemli bir bileşendir.
- Bakım-Onarım biriminin organizasyonu;İşletmelerde sabit bir bakım-onarım biriminin olması ve görev dağılımlarının belirlenerek bölümlere bildirilmesi organizasyonun sağlıklı işlemesi bakımından önem arz etmektedir.

3. BAKIM-YÖNETİM SİSTEMLERİ

3.1 Bakım-Yönetim Sistemleri Yaklaşımının Tarihçesi

Kurulu İşletmelerde bakım-onarım sistemleri, ilk olarak 19. Yüzyılda sanayi devrimiyle plansız bakım olarak ortaya çıkmış,sürecin devamında I.ve II. Dünya savaşları esnasında savaş teçhizatlarının koruyucu bakımları olarak uygulanmaya başlanmış, 1960'larda elektronik sanayisinin gelişimiyle birlikte kestirimci bakım uygulanarak arızaları önceden bulmak ve önleyici bakım ile arızaların önüne geçmek suretiyle gelişimini sürdürmüştür [3].

Geçmiş dönemlerde ciddi yatırımlar yapılarak kurulan işletmeler bakım sistemlerinin yetersizliklerinden dolayı nominal çalışma sürelerinin altında çalışmış buna bağlı olarak kritik duruşlara sebep olunmuş ve bu duruşlarda işletmelerde maddi kayıplara sebeb olmuştur. Ancak işletmelerin maliyet analizlerine önem vererek bakımsızlıktan kaynaklanan onarım ve cihaz değişim giderlerini ve kritik duruşların İşletmeleri uğrattığı zararları, bu giderlerin yapılacak bakım giderleri ile karşılaştırmaları sonucu bakım süreçlerine verdikleri önem katlanmıştır. Şekil 3.1 de bakım sistemlerinin yıllara göre gelişimi görülmektedir.



Şekil 3.1 : Bakım sistemlerinin tarihsel gelişimi.

Yukarıda yer alan dönemleri özetle inceleyecek olursak;

Birinci nesil II. Dünya savaşına kadar olan yani endüstrinin henüz yeterli derecede gelişmediği dönemi kapsamaktadır. Endüstriyel gelişimin yetersizliğine bağlı olarak duruş süreleri yeterli derecede önem kazanmamıştır.Bu kapsamda mevcut makinalarda genel temizlik ve rutin bakımların haricinde kurgulanmış bir bakıma ihtiyaç duyulmamıştır.

İkinci nesil II. Dünya savaşı ile beraber endüstriyel ürünlere olan taleplerde artış yaşanmaya başlamıştır. Bu ürünlere oluşan bağımlılık üretim sürekliliğini ve bu sürekliliğe bağlı olarak bakım gerekliliğini doğurmaya başlamıştır.

1950 sonrasında kullanılan sistemlerin ve sistemlerde yer alan ekipmanların daha komplike hale gelmeye başlamıştır. Bu gelişmeye bağlı olarak genel temel bakımlar yerini bakım planlamasına bırakmıştır.

II. Neslin en belirgin özellikleri şunlardır;

- Daha karışık ve fazla ekipman kullanılmaya başlanması
- Daha uzun ekipman ömrü
- Daha düşük bakım maliyetleri
- Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması

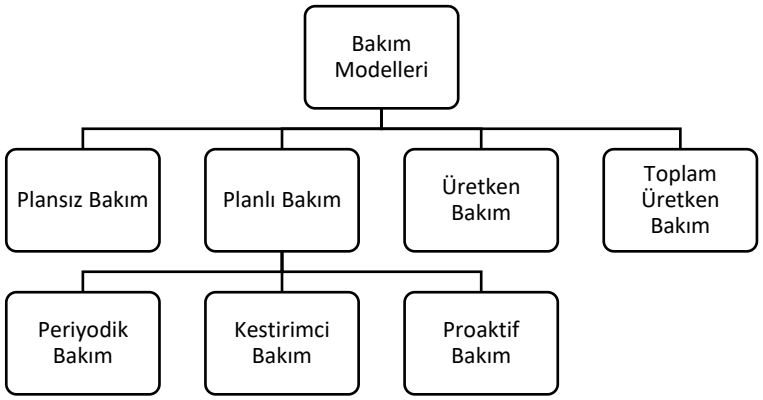
Üçüncü nesil üretken bakım olgusu ile beraber mühendislik ekonomisi olgularının da gündeme geldiği dönemdir. Ayrıca tüm çalısanların toplu ve bireysel katkıları ile üretken bakıma katılımını öngören Toplam Üretken Bakım (TPM) kavramı da bu dönemde oluşmaya başlamıştır [3].

III. Neslin belirgin özellikleri ise aşağıda yer almaktadır [3].

- Daha güvenilir parça ve donanım kullanımı
- Daha çevreci planlamaların yapılması
- Kalite düzeylerinde görülen artışlar
- Daha uzun parça ömrü
- Trend izleme tekniklerinin gelişmesi
- Bakımı daha kolay tasarımların ön plana çıkması
- Daha hızlı bilgisayarların sürece dahil edilmesi

3.2 Bakım-Yönetim Sistemlerinin Sınıflandırılması

Bakım yöntemleri esasta Planlı Bakım ve Plansız Bakım olmak üzere 2 ana başlık altında toplanır. Bakım yöntemlerini ana başlıklar ve alt başlıklar olarak Şekil-3.2'dekigibi gruplandırabiliriz [1]. Şekil 3.2 de bakım modelleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Bakım modelleri.

Şekil-3.2'de yer alan bakım modelleri ortak hedefler doğrultusunda işletmeye katkı sağlamaktadır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [3].

- Üretim başına düşen maliyetleri minumuma indirgemek
- Ürün kalitesini korumak ve üretim emre amadeliğini sağlamak
- Tesis ömrünü uzatmak
- Ekipman arızalarını, bakım işçilik ve yedek parça maliyetlerini azaltmak
- Bakım yönetimi konusunda öngörülen kalite koşullarını saglayabilmek
- Bakım maliyetlerini izleyebilmek
- Etkin bakım planlaması ile ödenen yüksek mesai ücretlerini azaltabilmek

3.3 Bakım Yönetiminin Seçimi

İşletmelerde makine ve techizatların durumuna göre şekil-3.2'de yer alan bakım modellerinden maliyet fayda analizine göre en uygun olanı uygulanmalıdır. Bu seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken kriterler aşağıda yer almaktadır [1].

- Makinenin üretim açısından kritikliği
- Makinenin çalışma prensibi
- Makinenin tipi
- Sürekli veya aralıklı çalışma durumu

- Arıza veya problemin oluşum sıklığı
- Makinenin çalışma ve çevre şartları
- Proje bilgileri
- Makinenin yükü
- Makinenin özellikler

3.4 Plansız (Düzeltici) Bakım Yönetimi

Plansız bakım diğer adıyla düzeltici bakım en temel anlamıyla işletmelerde makine veya techizatın bozulduğunda ya da arıza çıkardığında başvurulan arıza giderme yöntemidir. Bu yöntemde işletmede ansızın ortaya çıkan arızanın giderilmesi yöntemi uygulanır.Bu yöntemde arızanın olacağı zaman bilinemediğinden planlı bir bakım programı oluşturulamamasıdır.

İşletmelerde Plansız Bakım da arıza zamanı bakım yapıldığından onarım esnasında üretim kaybı oldukça fazla olmaktadır. Bu sebebten dolayı işletmelerde Plansız Bakım önemini kaybetmektedir. Ayrıca plansız bakım yönteminde ortaya çıkabilecek bir arıza makinanın diğer parçalarının da zarar görmesine sebeb olabilmektedir. Ayrıca arızanın ortaya çıkmasıyla beraber çözüme kavuşturulması arasındaki süre de oldukça uzun olması da bu yöntemin işletmeler tarafından olumsuz karşılanmasına sebeb olmaktadır.

Bu bakım yöntemi genellikle çok sayıda yedekleri bulunan ve pahalı olmayan makinalarla üretim yapan işletmelerde uygulanmaktadır.

Özet olarak plansız bakım istem dışı olaylar sonucunda oluşan mecburi bakımlardır.

Dezavantajları aşağıdaki gibi sunulmuştur [4].

- Yüksek bakım maliyetine neden olur.
- Planlama yapılmasına olanak sağlamaz
- İstenmeyen duruşlara neden olabilir.
- Geç fark edilmesi durumunda sistemde kalıcı zararlara neden olabilir.
- Etkisini azaltmak için yedek parça stoğu gereklidir.
- Üretim kaybı veya üretim gecikmesine neden olabilir.

3.5 Planlı (Önleyici) Bakım Yönetimi

Planli bakım sistemi, bir işletmede yer alan tüm mekaniksel veya elektriksel ekipmanların günlük haftalık aylık veya yıllık olmak üzere bakım onarım çizelgesinin olusturulması,sistemlerden veri alarak gerekli bakım programının planlanması, bu bakim planlaması çizelgesine göre ihtiyaç duyulabilecek yedek parça temininin yapılması kritik ekipman listesi hazırlanması ve tüm bu maddelere bağlı kalarak bakım onarım islemlerinin gerçeklestirilip kayıt altına alınmasıdır [1].

Planlı bakımlarda plansız bakımın aksine arıza oluşma koşulu yoktur. Yani olay esaslı değildir.

Önleyici (planlı) bakım, üç faaliyeti gerektirir [3].

- Kötüye gidisi önlemek için günlük bakım (temizlik, kontrol, yağlama, sıkma vb.).
- Kötüye gidisi önlemek için periyodik muayeneler ve ekipman tanıları.
- Kötüye gidisi önlemek için onarma.

Planlı Bakım Sistemleri 3 ana başlık altında toplanabilir [4].

- Periyodik Bakım (Koruyucu Bakım)
- Kestirimci Bakım (Uyarıcı Bakım)
- Proaktif Bakım (Önleyici Bakım)

Planlı bakımın avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [5].

- Ani gerçekleşen duruşları en aza indirir, olası arızaların azalmasını sağlar.
- Üretim maliyetinin azaltılmasını sağlar.
- Öngörülen üretim programlarının gerçekleşmesini sağlar
- İşletme verimini yükseltir ve bakım maliyetlerini düşürür.
- Enerji giderlerini ve iç ihtiyaç değerlerini düşürür.
- Güvenli bir çalışma ortamını sağlar.
- Makina ömrünün uzamasına yardımcı olur.
- Plansız bakımda ihtiyaç duyulan malzeme ve yedek parça stoklarını en aza indirir.
- Eleman ihtiyacını düşürür.

3.6 Periyodik (Koruyucu) Bakım

Periyodik Bakım üretici önerileri veya çalışan tecrübeleri sonucunda oluşmuş bakım programına uygun aralık ve nitelikte profesyonel firma veya işletme personelleri tarafından yapılan planlı bakım yöntemidir.

Periyodik bakım yönteminde amaç belirlenen süreler içerisinde öngörülen parçaların değiştirilmesi ve bu değişimlere bağlı olarak arızaların önüne geçilmesidir.

Koruyucu bakım asagıdaki faaliyetleri içermektedir [1,5].

- Arızayı önlemek için makina ve ekipmanların periyodik muayenesi
- Makina ve ekipmanın izlenmesi ve önleyici önlemlerin alınması
- Makina ve ekipmanın uygun sekilde yaglanması, temizlenmesi ve boyanması
- Makina ve ekipmanda gerekli kalibrasyonların ve ayarların yapılması
- Gerekli görülen yerlerde programlı revizyonların ve programlı parça degisimlerinin yapılması

Koruyucu bakımın avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir [1,3,6].

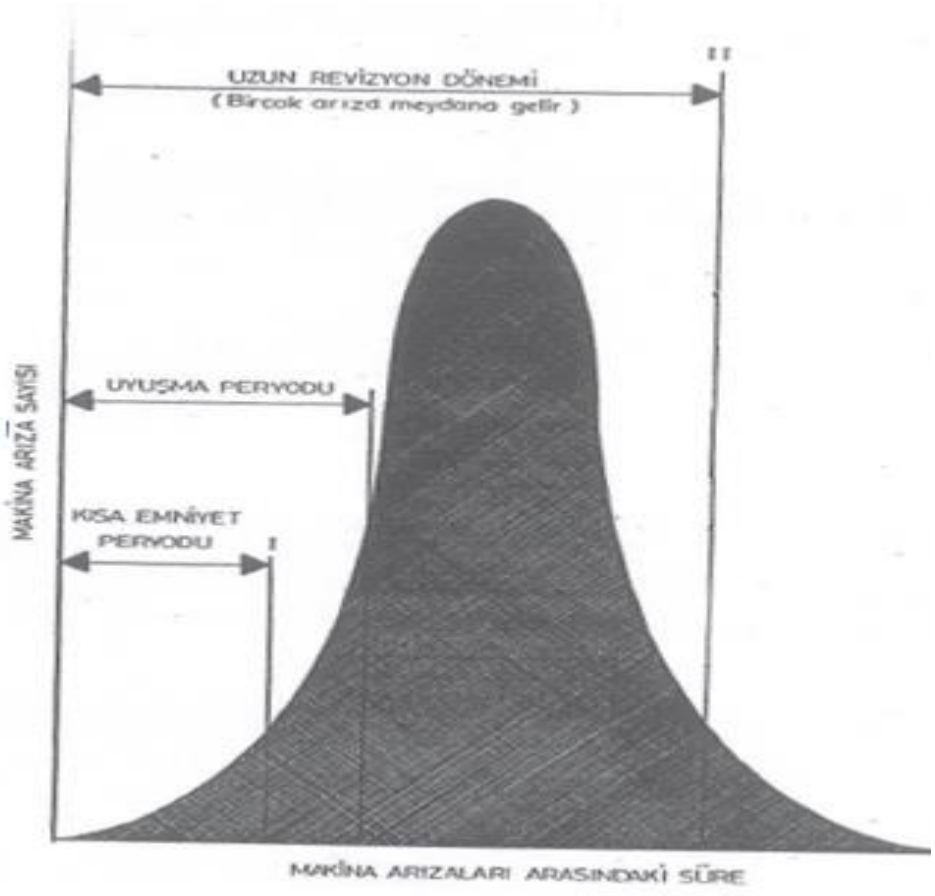
- Makine bakımlarına bağlı olarak makinaların kullanılabilirlik oranı artacaktır.
- Arızalara bağlı olarak plansız duruş sayısı azalır ve buna bağlı olarak üretim miktarı artar.
- Planlı bakım programları oluşturulabilir.
- Zamanında yapılacak bakımlara bağlı olarak verim ve üretim kalitesi artar.
- Verimin artışına bağlı olarak birim maliyet azalır.
- Daha büyük çapta bir arızanın önüne geçildiği için bakım onarım arıza maliyeti azalacaktır.
- Yedek parça stoğu kontrolü daha rahat yapılabilecektir.
- Bakımda iş güvenliği düzeyi yükselir.
- Gerçek değerlere yakın bakım bütçesi oluşturulabilir.
- Sabit kıymetlerin değeri artar.

Koruyucu bakımın dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir [1,3,6].

- İşletmede yer alan ancak henüz arıza yapmamış ekipmanın periyodik bakım sürecinde yer almasından dolayı değiştirilmesi ve bu değişime bağlı olarak duruşun gerçekleştirilmesi

- Sürekli tekrarlanan değişimlere bağlı olarak yedek parça maliyetinin yüksek olması
- Programa dahil edilmiş ancak bazen gerekmeyen bakımlardan dolayı gereğinden fazla bakım personelinin istihdamı gerekmektedir.
- Yeni değişime uğramış ekipmanın sisteme uyum sağlaması sürecinde sistemde karşılaşılabilecek gecikme veya üretim kalitesinde değişikliklerolarak tanımlanabilir.

Periyodik bakım zaman esaslı bir bakımdır ve bu kapsamda periyodik bakım yönteminde bakım periyotlarının planlanması yüksek önem arz etmektedir. Çünkü bakım aralığı ile makine arıza sayısı arasında aşağıda yer alan şekil 3.3' deki ilişki mevcuttur.



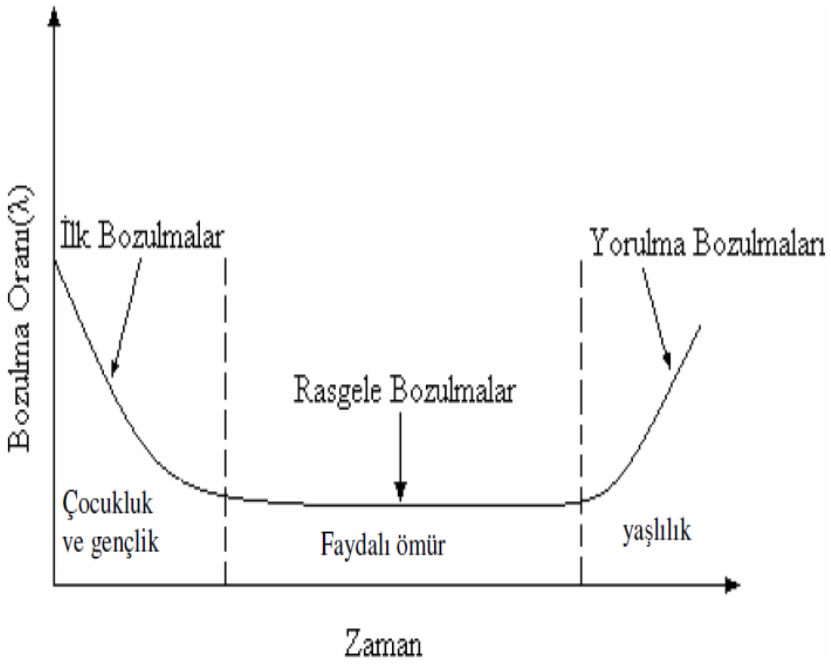
Şekil 3.3 : Makine arızaları-bakım aralığı arasındaki ilişki.

Periyodik bakım periyodunu kısa dönemli ve uzun dönemli periyodik bakım olarak ikiye ayırabiliriz.

Kısa dönemli periyodik bakım üretim kaybına sebeb olabilir ve insan hatalarından kaynaklı riskleri arttırabilir. Uzun dönemli periyodik bakım belirlenen dönem içerisinde plansız arıza sayısı artabilir bu da bu yöntemin planlı bakımdan daha çok plansız bakım olarak değerlendirilmesine neden olabilir [1].

3.7 Küvet Eğrisi

Çalışan bir ekipmanın bozulma oranı fonksiyonu küvet eğrisi ile ifade edilir. Küvet eğrisi 3 evreden oluşmaktadır. Bunlar şekil 3.4'de görülen alışma (çocukluk ve gençlik), olgunluk (yararlı ömür) ile aşınma ve yıpranma (yaşlılık) evreleridir [3].



Şekil 3.4 : Bozulma oranının zamana göre degisimi (Küvet Eğrisi).

Sistemde yer alan ekipmanın arızalanma olasılığı başlangıçta yüksek değerlerdedir. Zamanla sistemin rejime ulaşması ile beraber arıza olasılığı düşer ve sabit bir trend izlemeye başlar.Sistem bu dönemde en yüksek çalışma verimine sahip olur. Son evrede ise sistem yaşlanmasına bağlı olarak arıza oranlarında artış görünür. Küvet eğrisinde her dönem farklı olarak değerlendirilmeli ve her dönem için farklı önlemler alınmalıdır.

3.8 Bakım Yönetim Sistemlerinde Ekonomik Analiz

Bakım maliyetlerinin boyutlarını ortaya koymak için çok sayıda indeks ve oranlar mevcut olmasına rağmen, ekonomik trendleri tam olarak sayısal değerlerle analiz eden bir optimum metod bulunmamaktadır.Bakım maliyetlerinin analizinde hangi ekonomik analiz kullanılmak istenirse istensin daha doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşabilmek için uzun bir periyodik analizin yapılması gerekmektedir.İşletmeler kendi içerisinde başvurduğu iki temel bakım ekonomiklik analizi bulunmaktadır.Bunlar bakım verimlilik indeksi ve Bakım maliyeti ve duruş ilişki diyagramıdır [1].

Bakım Verimlilik İndeksi verimlilik genel anlamıyla çıktının girdiye olan oranıdır. Bakım verimliliği değerinin yüksek olması yani bakım maliyetlerinin üretim çıktısına göre düşük kalması seçilen bakım metodunun işletme için doğru olduğunun göstergesidir.

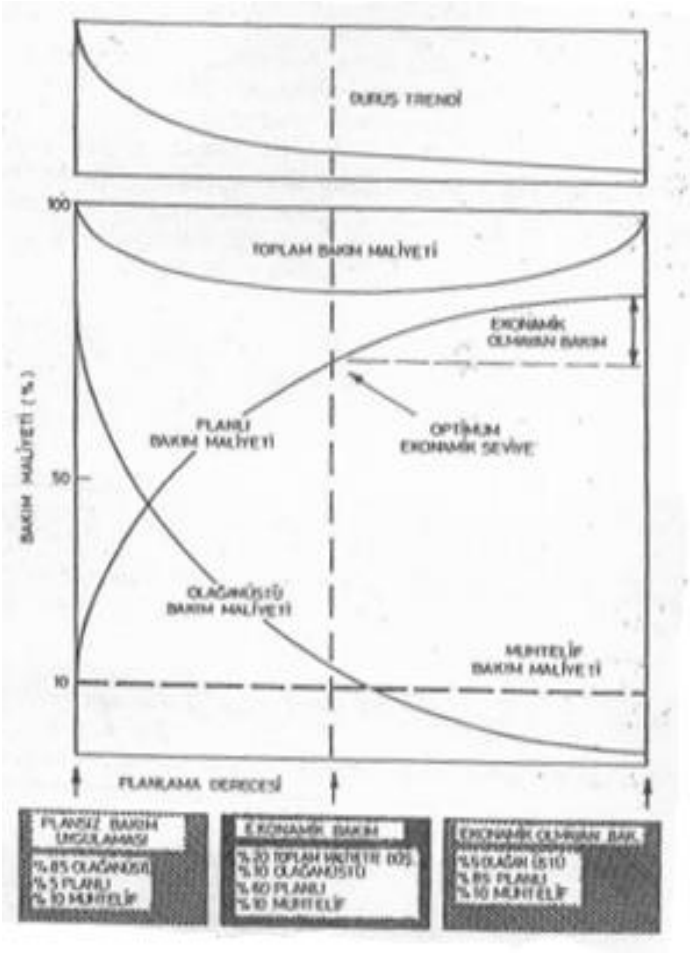
İşletmelerdeki üretim çıktısını etkileyebilecek faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [1].

- Arıza Süresinin uzunluğu
- Hatalı veya düşük kalitede elde edilen üretim çıktısı
- Duruşların süresi
- Düşük kapasitede çalışma süresi

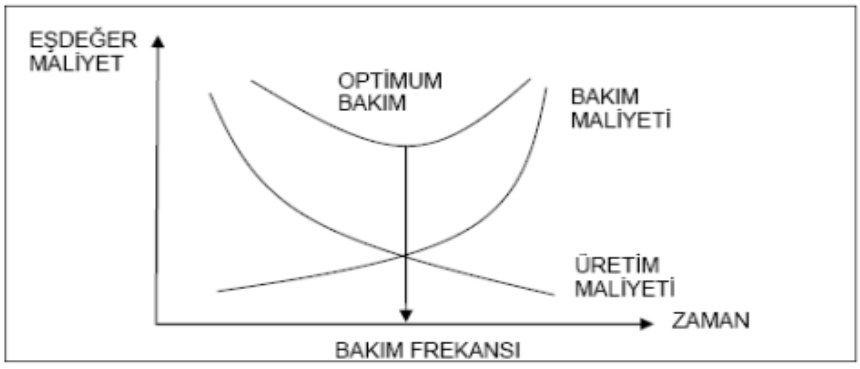
Verimi paydada yer alarak zıt yönde etkileyen bakım maliyetini etkileyen faktörler ise aşağıdaki gibi belirtilmiştir [1].

- Fazla mesai ücretleri
- Bakım için rezerve edilen yedek parça stoğu
- Bakımda ekonomik olmayan malzeme kullanılmaması
- Bakımı gerçekleştiren işçilerin performans ve tecrübeleri
- Tesisde kullanılan makine ve techizatların yaşı

Şekil 3.5’de yer alan Bakım Maliyet ve Duruş İlişki Diyagramının amacı minimum duruş düzeyinde optimum bakım hacmini tespit etmektedir.



Şekil 3.5 : Bakım maliyet ve duruş ilişki diyagramı.



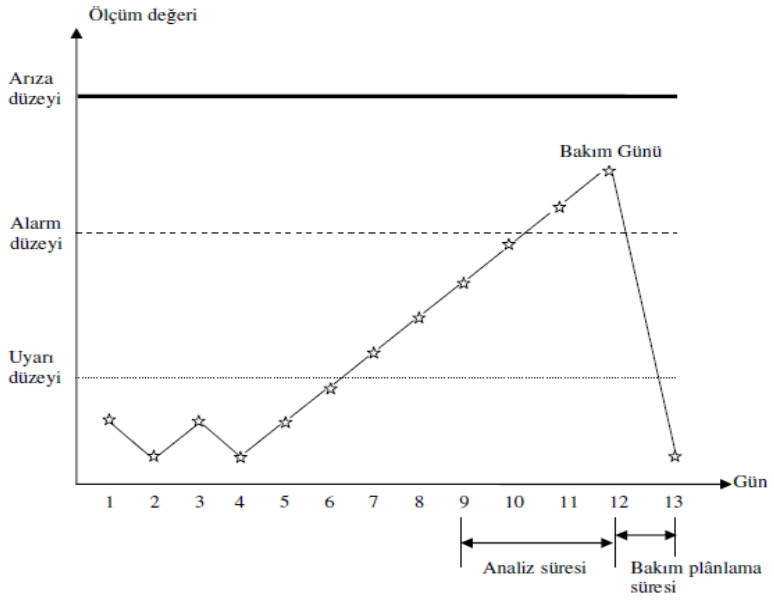
Şekil 3.6 : Optimum bakım eğrisi.

Şekil-3.6'den de inceleneceği üzere bakımlı planlama derecesinin artışına bağlı olarak planlı bakım maliyeti artmaktadır ancak bu yatırıma bağlı olarak duruş trendi azalmaktadır. Diyagramda belirlenmiş bir optimum bakım ekonomik seviyesi vardır. Bu noktadan itibaren duruş seviyesindeki daha düşük seviyelerdeki azalışa rağmen toplam bakım maliyetleri artmaktadır. İşletmelerde bu şekilde kendi tecrübe ve

izledikleri trendlere bağlı olarak bir optimum diyagram çizelgesinde kendi bakım maliyet duru diyagramlarını oluşturabilirler [7].

3.9 Kestirimci (Uyarıcı) Bakım

Kestirimci bakım yöntemi sistem ve ekipmanlar çalışırken üzerlerinden alınan ölçüm değerlerinin, tüm performans bilgilerinin tecrübe ile birlikte, üretici firmaların koyduğu sınırlar dahilinde trend analizlerinin izlenmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilerek önlem alınması ilkesine dayanır.Kestirimci bakımda sistemde yer alan sensör, transmitterler vs. gibi ekipmanlar vasıtasıyla elde edilen trendler incelenerek makinanın arızalanmadan sorunları tespit edilir.Bu yöntem ile çalışan sistem takip edilerek olası arızalar tespit edildiği için işletmenin plansız duruşlarına ve gereksiz parça değişimlerine engel olmaktadır.Kestirimci bakımda elde edilen ölçüm değerlerinin eğilimleri değerlendirilerek planlı bakım programı hazırlanır ve sistem program dahilinde bakıma alınır [8].



Şekil 3.7 : Kestirimci bakım grafiği.

Şekil 3.7' den de inceleneceği üzere kestirimci bakımda problem belirlenen arıza düzeyine ulaşmadan önce müdahale edilir. Potansiyel arıza tespit edildiğinde düzeltici faaliyetlere önem verilerek ölçüm değeri uyarı düzeyinin de altına düşürülür.

Kestirimci bakımın avantajları aşağıda belirtilmiştir [4].

- Tedbir alınmayan arızalardan dolayı meydana gelebilecek plansız duruşları en aza indirir.
- Makinaların kullanım ömürlerini uzatır.
- Plansız bakımın aksine yedek parça stoklama gereksimini azaltır.
- Arızalardan dolayı oluşabilecek kalitesiz ürün üretimini azaltır.
- Planlanmış üretim programına uyulma olasılığını arttırır.
- İşletmede duruşlardan dolayı oluşabilecek üretim aksamasını önler.
- Zaman zaman oluşabilecek küçük arızaların daha büyük arızalara sebeb olmasının önüne geçilir.
- İhtimal dahilinde oluşabilecek iş kazalarının önüne geçilir.
- Sistemden elde edilen veriler ile cihazların AR-GE' lerine destek sağlanabilir.

3.10 Kestirimci Bakım Uygulama Basamakları

Kestirimci bakım yöntemi 4 ana basamakta gerçekleştirilmektedir [1]. Bunlar;

- Ölçme ve Tespit
- Analiz ve Teşhis
- Bakım Planlama
- Bakım- Onarım

Ölçme bir sistemde yer alan makine veya techizatların çalışma durumunun incelenebilmesi için sistem üzerinden veri elde edilmesidir.

Tespit ise makinada meydana gelebilecek bir değişikliğin mümkün olan en kısa sürede tespit edilmesi aşamasıdır.

Ölçme işlemi 3 farklı şekilde yapılabilir [6].

- Manuel Sistem ölçme araçları ile elde edilen verilerin manuel olarak hazırlanmış bir forma girilmesi işlemidir.
- Taşınabilir Aygıtlı Sistem sistemden elde edilen verilen ölçme aletinin üzerine kayıt edilir. Daha sonra elde edilen veriler bilgisayar üzerindeki programlar aracılığı ile okunarak gerekli değerlendirmeler yapılır.DataLogger cihazları bu yöntemin en tipik örneklerdir.

- Sabit Sensörler sistemde yer alan sensörlerden doğrudan işletme arayüzüne alarm gönderilerek yapılan ölçüm sistemidir.

Analiz ve Teşhis değişikliğe neden olan hasarın teşhisi için makinanın karakteristiğinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi aşamasıdır. Bu aşamada elde edilen verilen bilgisayar programları vasıtasıyla zamana bağlı olarak grafiksel hale getirilir. Elde edilen grafiklere göre makinanın durumu hakkında değerlendirmeler yapılır [1].

Analiz ve Değerlendirme 3 şekilde yapılır [1].

- Manuel olarak sistemden elde edilen veriler manuel olarak bir grafiğe işlenerek makinanın durumu izlenir. Grafiğinde olumsuz bir durum gözlemlenen makine ölçüm aletleri ile veriler alınarak incelenir ve gerekli bakımların planlaması yapılır.
- Bilgisayarlı olarak sistemden elde edilen veriler ölçüm aleti üzerinde doğrudan grafiğe dökülür ve bilgisayar üzerinden takip edilerek sorunlu olan ekipmana müdahele edilir.
- Sabit sensörler ile sensörlerden elde edilen veriler operatör izleme arayüzlerinde online olarak görüntülenir. Trendinde hata görülen ekipmana müdahale edilerek sorunun ortaya çıkmasından önce giderilmesi amaçlanır.

Planlama sistemden elde edilen verilerin analiz edilmesinden sonra belirlenen arızanın giderilmesi için en uygun zamana planlamaların yapılmasıdır. İzlenen trendlere bağlı olarak muhtemel arıza tarihinden önce bu bakım planlamasının yapılması gerekmektedir.

Bakım Onarım ise tespit ve teşhisler doğrultusunda gerekli bakım ve onarımların yapılarak işletmenin yeniden devreye alınması safhasıdır.

3.11 Kestirimci Bakım Uygulamalarında İzlenecek Yöntem

İşletmelerde uygulanacak kestirimci bakım uygulamalarında aşağıda yer alan sıralamanın uygulanması işletmelere fayda sağlayacaktır [1,9]. Çizelge 3.1 de parametrelere bağlı kestirimci bakım yöntemleri gösterilmektedir.

- İşletmede veri alınacak makinaların belirlenmesi ve kritik derecelerine göre önem sıralamalarının yapılması

- Makinaların İşletme standartlarına göre kodlanması ve yerleşim planlanlarının çıkarılması
- Kestirimci bakım kapsamında izlenecek makinaların geçmişinin incelenmesi ve teknik özelliklerinin belirlerek kayıt altına alınması
- Ekipmanlar için uyarı, alarm ve arıza limitlerinin belirlenmesi.
- Bakım ekiplerinin oluşturulması ve onların eğitilmesi

Çizelge 3.1 : Arıza-kestirimci bakım yöntemleri.

	Sıcaklık	Basınç	Sızdırmazlık	Yağ Analizi	Titreşim	Akım-Gerilim
Dengesizlik					√	√
Mil Eğriliği	√				√	√
Rulmanlı Yatakta Hasar	√			√	√	√
Kaymalı Yatakta Hasar	√	√	√	√	√	√
Dişlililerde Hasar				√	√	√
Mekanik Gevşeklik					√	√

3.12 Kestirimci Bakım Uygulama Yöntemleri

3.12.1 Titreşim analizi

Vibrasyon analizi dönen ekipmanların üzerinde titreşim ölçümü ile elde edilen verileri analiz ederek makinanın mevcuttaki mekaniksel yada elektriksel mevcudiyetini gözlemleyip arızanın meydana gelmesinden önce önlem alınır.

Titreşim analizi ile teşhis edilebilecek arızalar aşağıda ifade edilmiştir.

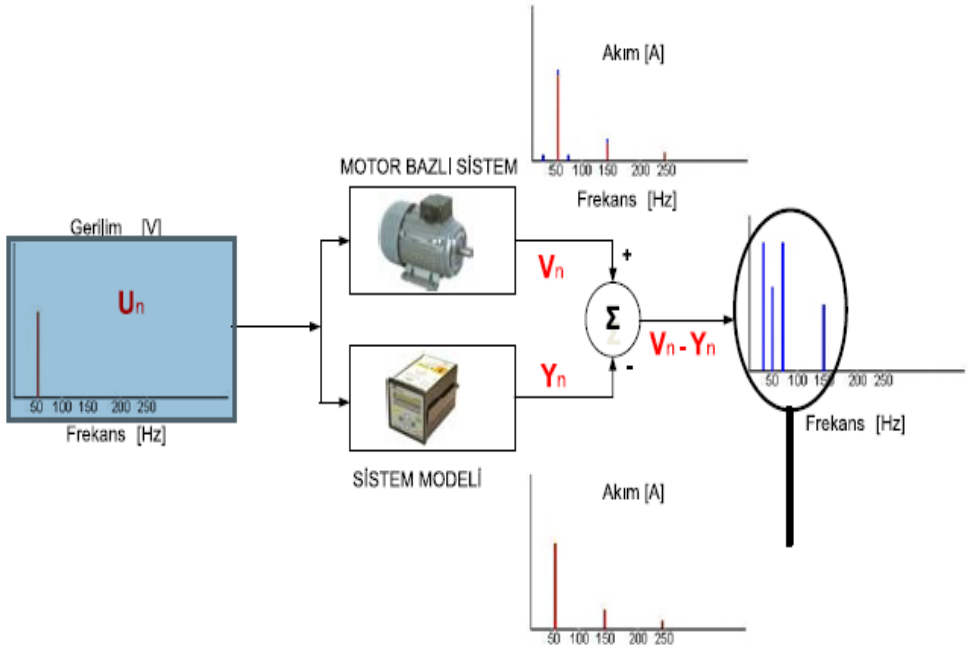
- Balans bozukluğu
- Mil eğriliği
- Şase zayıflığı
- Cıvata gevşekliği
- Kaplin ayarsızlığı
- Rulman boşluğu

- Sürtünme
- Rezonans
- Kaymalı yatak aşınması
- Rulman arızası
- Rulman ömrü
- Dişli arızaları
- Elektriksel arızalar
- Hidrodinamik titreşimler

3.12.2 Model bazlı arıza erken uyarı sistemi (Motor Condition Monitor)

MCM olarak adlandırılan bu sistemde, (Motor Condisyon Monitor) model bazlı izleme teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş, endüstrinin farklı kollarında süreç izleme, kestirimci ve proaktif bakım hizmetleri sağlayan bir yazılım ve donanım ürünüdür.Model bazlı arıza erken uyarı sistemi belirlenen dönem aralıklarında kullanıcı talebine göre sistemden gerçek zamanlı verileri toplayarak ekipmanın trendini izler ve kaydeder. Arıza erken uyarı sistemine girilen reel zamanlı değerler ile sistemin normal verileri karşılaştırarak birbirleri arasındaki farkı takip eder ve arıza meydana gelme olasılığı hakkında kullanıcıyı uyarır.

MCM işletmelerde süreçlerde kullanılan elektrik motor bazlı makine ve ekipmanları (fan, kompresör, pompa, pres, konveyor hattı vb.) yalnızca akım ve gerilim ölçümü yaparak sürekli olarak izleyen ve izlediği süreçlerde çıkabilecek çeşitli elektriksel ve mekanik arızaları (balansızlık, rulman ve mil arızaları,kaçak ve sızdırmalar,zincir gerginliği, klape ve vana ayarsızlıkları, yalıtım ve diğer elektriksel arızalar) henüz başlangıç aşamasında bulup ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır [10].



Şekil 3.8 : Model bazlı erken uyarı sistemi.

Şekil 3.8 model bazlı erken uyarı sisteminde yer alan U(n) matematiksel ve gerçek motor bazlı sisteme uygulanan giriş gerilimidir. V(n) motor motor bazlı sistemin çıkışında oluşan akım değeri iken Y(n) ise sistem tarafından hesaplanan akım değeridir. V(n)-Y(n) ise bu iki değer arasındaki farktır.

MCM motor bazlı sistemden aldığı verilerle modellenen verileri karşılaştırarak fark olan değerleri bildirerek muhtemel arıza bilgilerini kullanıcı arayüzünde belirtir.

3.12.3 Yağ analizi

Yağın analiz edilmesi sürecinde yağın belirli standartlara uygunluğu diğer bir deyişle kalitesi, alınan numunelerin filtreden geçirilmesi sonucu kalan partikül miktarı ve renk koku gibi fiziksel özelliklerine bakılarak makinanın verimi çalışabilirliliği hususlarında değerlendirme yapılır.

3.12.4 Sıcaklık analizi

Isınmaya bağlı olarak özellikle elektriksel problemlerin erkenden teşhisinde başvurulan analiz yöntemidir.Ayrıca temassız bir yöntem olması nedeniyle Yüksek Gerilim sistemi gibi İş sağlığı ve güvenliğine en yüksek derecelerde önem verilmesi gereken işletmelerde güvenle başvurulabilecek bir kestirimci bakım yöntemidir.Bu

yöntemde en verimli ekipman olan termal kameralar ile alınan görüntülerde soğuk bölgeler mor veya daha koyu renklerle simgelenirken, ısı arttıkça ise parlak sarıya yakın bir renk almaktadır. Termal kameralar maddenin iç ısısını göremez sadece dış yüzeydeki ısıyı algılayabilir ve dış çevre ile aynı ısıda olan bir cismin termal kamerada görüntüsü oluşmaz.

3.12.5 Akustik emisyon

Akustik emisyon kapsamında rulman veya dişli gibi makina ekipmanlarındaki bozulmalar ve boru üzerindeki basınçlı gaz kaçakları tespit edilebilir.İşletmelerde akustik emisyon kestirimci bakımları kapsamında uştrasonik ses dedökterleri kullanılmaktadır.Yine aynı şekilde rulmanları takip etmek için ise Rulman dinleme cihazları kullanılmaktadır.

3.12.6 Parçacık analizi

Temas eden yüzeyler arasında bağıl hareketler ve metal transferleri sonucunda aşınmaların oluşması muhtemeldir. Bu yüzeysel deformasyonlardan ortaya çıkan partiküllerin analizi işletmelerde durum izleme açısından önem arz etmektedir.

3.12.7 Performansın izlenmesi

Makina veya ekipmanların durumlarını incelemeye yönelik sistem üzerinden çekilen verilerin analiz edilmesi yöntemine dayanan kestirimci bakım yöntemidir. Ekipman üzerine yerleştirilmiş olan sensörlerden elde edilen veriler bir datalogger üzerinde toplanır, daha sonra bu veriler ekipman üzerinde veya bilgisayar ortamında bir arayüz programı üzerinde grafikselleştirerek ekipmanın durumu hakkında bilgi toplanır.

3.12.8 Üretken bakım

Üretken bakım karşılaşılan arızanın yenilenme ihtimalini azaltan, bakımı kolay ve daha iyi bir ekipman üretebilme amacına yönelik bir çaba ile tasarım aşamasını da bünyesine katan bir bakım yaklaşımıdır.

Üretken bakımda izlenecek yöntem genel hatlarıyla asagıdaki sekilde sıralanabilir [1,4].

- İşletmede incelenecek ekipmanların tespitini

- Ekipmanlar üzerinde çalışacak bakım rkibini belirleme
- Verilerin ekipmandan çekilmesi ve değerlendirilmesi
- Güvenilirligi ve bakım kolaylıgını arttıran,maliyetleri düşüren öneriler geliştirme
- Önerilerden uygun olanı belirleyerek önerinin tutarlılığını test etme
- Başarılı öneriyi işletme yöneticilerine sunma
- Uygulamadaki aksaklıkları giderme ve uygulamanın işletmede standart hale getirmerilmesini saglama

Üretken bakımın amaçları aşağıdaki gibidir [1,4].

- Bakım ekiplerinde sorumlulukları altındaki ekipmanları sahiplenme duygusunu oluşturmak
- İşletme içerisinde bakım işbirliğinin oluşturulmasını sağlamak
- İşletmeye alınacak yeni ekipman alımları için bakım temelli bilgi birikimioluşturmak
- Kalite ve verimliliği arttırırken ,birim maliyetlerin düşmesini sağlamak
- Sıfır arıza misyonunu oluşturmak

3.12.9 Toplam üretken bakım

Üretim faaliyetleri sürecinde , çalısanların tamamının katılımını gerektiren ekipman etkinliğini en üst düzeye getiren bir bakım yaklasımıdır. Sıfır kaybı, yüksek verimi ve yüksek kaliteyi aynı platformda sunmayı hedefleyen bir bakım sistemidir.Toplam üretken bakım bünyesinde sıfrı arıza, sıfır iş kazası, sıfrı kusurlu ürün, sıfır kayıp hedeflerini barındırmaktadır.

TPM , 1971 yılında koruyucu bakım prensiblerini temel alarak geliştirilmesi ile JIPM başkanı Seiichi NAKAJIMA tarafından ortaya çıkarılmıştır.

Yaklaşımın ilk defa Japon otomotiv devi Toyota'nın tedarikçisi Nippon Denso firması tarafından uygulanmıştır.Ülkemizde ise Pirelli fabrikası bu ödülü almaya hak kazanan ilk fabrikadır.Günümüzde ise birçok kurumsal firmada TPM sistemi başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

TPM uygulamalarını işletmelerine uygulayabilmiş ve ödül kazanmış 250 şirkette gözlemlenen faydalar sayısal veriler olarak asagıdaki gibi sıralanabilir [1,3,4].

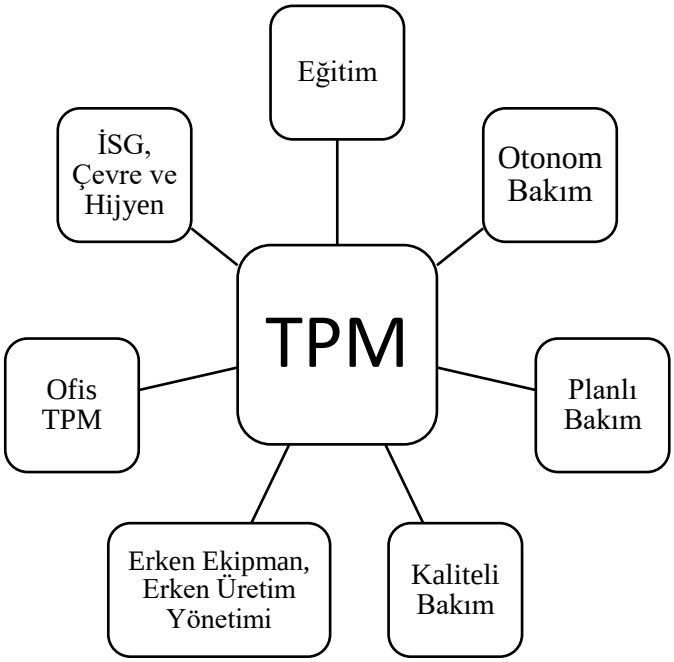
- %50 oranında üretim verimliliginde artıs
- Iskartalarda %90 oranında azalma
- İş kazalarında %100 oranında azalma (Sıfır Kaza)
- Bakım maliyetlerinde %30 oranında azalma
- Enerji kullanımında %30 oranında azalma
- Müşteri Şikayetlerinde %75 oranında azalma
- Çevre kirliliginin %100 oranında azaltılması (Sıfır Kirlilik)

3.12.9.1 TPM'in temel amaçları

- Toplam ekipman verimlililiğini maksimum hale getirebilmek
- TPM anlayışını yani bakımın sadece bakım biriminin değil üretim, satın alma, lojistik gibi birçok departmanın ortak görevi olduğu anlayışını benimsetmek
- Ekipman operatörlerinden yönetim kurulu üyelerine kadar tüm çalışanların katılımını sağlamak
- Çember ekip çalışmaları ile çalışanlarda sorumluluk bilinci oluşturarak koruyucu bakım işlemlerinin katkılarını arttırmak.
- Ekipmanların ömrünü içeren bir bakım sistemi kurmak.

3.12.9.2 TPM başarı faktörleri

Toplam Üretken Bakım (TPM) Sisteminin İşletmelerde başarılı sonuçlanması aşağıda yer alan faktörlerin uygulanabilmesi ile mümkün olmaktadır.



Şekil 3.9: TPM başarı faktörleri.

Tpm başarı faktörlerinden eğitim İşletme çalışanlarının bakım, İş Sağlığı ve Güvenliği, Kalite konularındaki bilgi ve becerilerinin arttırılması amacıyla verilen teorik veya pratik eğitimleri kapsamaktadır. Bir diğer önemli faktör olan otonom bakım ekipman operatörlerinin bakım departmanlarından bağımsız olarak kendi sorumluluklarındaki ekipmanların temel seviyelerdeki bakımında rol almalarını hedefleyen aktiviteler toplamıdır. Daha önce de bahsedilen arıza bakım maliyetlerinin minumuma indirgenmesi ve sıfır arıza mottosuna ulaşmak için yapılan zaman esaslı bakımların toplamıdır. İSG, Çevre ve Hijyen faktörü sıfır kaza hedefleri doğrultusunda güvenli ve aynı zamanda çevreye de duyarlı bir çalışma ortamının sağlanması hedefidir.

Erken Ekipman,erken üretim yönetimi sisteme yeni dahil edilen ekipmanların devreye alınması esnasında bakım kayıtları doğrultusunda hareket ederek kayıpların ortadan kaldırılmasının amaçlanmasıdır. Ofis TPM dediğimiz unsur sadece üretim alanlarında değil ofis ve endirekt çalışma alanlarında da gerekli çalışmaların yapılmasının öngörülmesidir.Kaliteli bakım ise üretim bantlarında sıfır kusurlu ürün çıktılarına ulaşmak demektir.

3.12.9.3 TPM evreleri

TPM metadolojisi hazırlık, geliştirme ve uygulma, yaygınlaştırma olmak üzere 3 evreden oluşmaktadır. Bunlarda kendi içerisinde adımlardan oluşmaktadır [1,4,6].

Hazırlık aşaması; TPM yaklaşımının şirket yapısına göre derlenmesi ve çalışanlara bu uygulamaların benimsetilmesi aşamalarını içerir.

Hazırlık aşamasının ilk adımı TPM uygulamaları kararlarının çalışanlara duyurulmasını sağlamaktır. TPM'in amaçlarını, kazandıracaklarını çalışanlara yönelik yapılacak sunumlarla aktarılması veya İşletme panolarına TPM ile ilgili dökümanların asılmasını içermektedir. İkinci adımı TPM ilk aşama eğitimlerinin yapılmasını yani çalışanlara yönelik TPM tanıtım eğitimlerinin yapılması, gerekli ise konferansların düzenlenmesi ve yönetici seminerlerinin yapılmasını sağlamaktır. Bu eğitim bilinçlendirme eğitimi olması nedeniyle sadece üretim ve bakım personeline değil tüm çalışanlara sağlanmalıdır. Uygulamanın üçüncü adımı TPM organizasyonun oluşturulmasıdır. TPM uygulamalarında sorumluluk alacak komitelerin belirlenmesi ve görev dağılımlarının yapılarak tebliğ edilmesini kapsamalıdır. Daha sonraki adım TPM temel hedef ve politikaların oluşturulmasıdır. Mevcut durumun değerlendirilmesi, hedefler konulması ve uygulamalar sonrasına ait tahminler oluşturulmasını kapsamaktadır.Hazırlık aşamasının son adımı ise TPM uygulamaları için ana plan oluşturulması yani temel faaliyetler için detaylı uygulama planlarının hazırlanması ve planlı bakım çizelgelerinin oluşturulmasıdır.

Geliştirme ve uygulama aşaması; TPM çerçevesinde şirket hedeflerinin belirlenmesi ve bu hedefler doğrultusunda uygulamaların yapılması aşamalarını içermektedir.Bu aşamanın ilk adımı ekipman etkinliğinin arttırılması ekipman problemlerini tanımlama ve analiz etme ve bu analizler neticesinde çözüm ve öneriler geliştirilmesini kapsamaktadır. Ardından gelen adım otonom bakım programlarının geliştirilmesi, operatörlerin bakıma katılımının sağlanması, otonom bakım adımlarının çalışanlara benimsetilmesidir.

Otonom Bakım Adımları (Jishu-Hozen)

- İlk Temizlik
- Problem Kaynağında Önlem Alma
- Geçici standartların oluştuurlması
- Eğitim ve Genel Kontrol
- Otonom Kontrol
- Standartlaşma
- Tam otonom bakım

Gelişim aşamasının diğer adımı bakım bölümü için bakım çizelgesinin hazırlanması yani periyodik, kestirimci bakım planlamalarının ve yedek parça planlama sistemlerinin kurulmasını kapsamaktır. Bakım çizelgelerinin oluşturulmasından sonraki adım çalışanların eğitimlerinin verilmesini sağlamaktır. Bu aşamada liderlerin bilgilerini grup üyeleri ile paylaşımının sağlanması gerekmektedir.Bilgi paylaşımlarının ardından yeni ekipman yönetim programı geliştirerek deneyimlerin makine tasarımına aktarılması sağlanmalıdır.

Yaygınlaştırma aşaması; TPM uygulamalarında yeni hedeflerin konulması ve bu hedefler doğrultusunda çalışmaların devamlılığın sağlanması amaçlanmaktadır. Bu aşamada TPM uygulamasını iyileştirme ve TPM düzeylerini yükseltme hedeflerini kapsamaktadır. Elde edilen sonuçların tahminlerle karşılaştırılması, ve daha büyük hedeflerin belirlenmesi.

3.13 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemleri

Günümüz gelişen teknolojileri doğrultusunda hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen bilgisayarlar özellikle verilerin depolanması, analiz edilmesi ve raporlanması hususunda kullanıcılarına büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu faydalar doğrultusunda bilgilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri (Computerized Maintenance Management System, CMMS) işletmelerde planlanan bakım işlemlerinin bilgisayarlar vasıtasıyla planlanması , süreclerinin yürütülmesi ve sonuçlarının takip edilmesini amaçlayan yazılımlardır [3].

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri işletmelerdeki verilerin kayıt altına alınmasını ve değerlendirilmesini fazlasıyla kolaylaştırmaktadır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerini girdiler, dosyalar ve çıktılar olmak üzere 3 ana bölümde inceleyebiliriz.

- Girdi kısmı iş emirlerini ve malzeme gereksinimlerini kapsayan rutin girdiler ve arıza süreleri, maliyet karşılaştırmaları gibi özel raporların oluşturulmasında kullanılan özel girdiler olmak üzere ikiye ayrılır.
- Dosyalar bölümü ambar hareketleri , planlı bakım faliyetleri veya günlük iş emirlerinin tutulduğu günlük hareket dosyalarından ve personel bilgileri, satınalma bilgileri, ekipman-stok bilgileri ve bunların alt bölümlerinin yer aldığı master dosyalardan oluşmaktadır.

- Çıktı ise elde edilen verilerin analiz edilmesi doğrultusunda geleceğe yönelik bakım programları oluşturulur, planlı bakımlar için maliyet grafiği çıkartılır, planlanan bakımlar ilgili departmanlara gönderilir.

3.13.1 Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin hedefleri

- Bakım ve techizatlarla alakalı her türlü bilgiye en kısa sürede ulaşmak.
- Bakım faaliyetlerinin verimli bir şekilde plnlanmasını sağlamak.
- Koruyucu ve kestirimci bakım hedeflerine destek sağlamak.
- Kullanılan ekipman yıpranmasını en aza indirgeyebilmek.
- Bakım ve stok maaliyetini en aza indirgeyebilmek.
- İşletmeye standartlaştırılmış bakım talimatları uygulamak.
- İş bildirimleri oluşturmak ve bunların önem sırasına göre iş emri oluşturmak.
- Bakım sürelerini ve maaliyetlerini takip edebilmek.
- Yapılan bakım performanslarını ölçülebilir bir hale getirmek.
- İşletmede yer alan techizatların ömrünü uzatmak.
- Bakım faaliyetlerine bağlı sürekli iyileştirmeyi şirket kültürü haline getirmek.
- Yedek parça kullanımını kolay şekilde takip edebilmek
- Ekipman kalibrasyonlarını takip edebilmek.

3.13.2 Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin işlevleri ve faydaları

CMMS'nin işletmelere saylayacağı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir [1,4].

- Bakım faaliyetleri bakımından işletmelerde bir standartlık sağlar.
- İşletme verilerine kolay ve hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlar.
- Üst yönetime anlık raporlar sunulmasında kolaylıklar sağlar.
- Daha hızlı müdahalelerle beraber bakım maliyetlerinde azalma gözlenir.
- Arıza ve duruşların veriler üzerinden analiz edilmesine olanak sağlar.
- Geçmişe dönük arıza ve bakım verilerine kolaylıkla ulaşılmasına bağlı olarak yeni arızalara müdahelede serilik sağlar.
- Bakım programlarının takip edilmesini kolaylaştırır.

CMMS bakım faaliyetlerinin çok daha kısa sürede ve çok daha ucuza gerçekleştirmek için veri sağlamayı ve gelişimi takip etmeyi amaçlayan bir araçtır.

CMMS arızanın geçmişinin araştırılmasından, yedek parça tedarikçilerinin takibine, maliyet çalışmaları yapmaya kadar işletmeye birçok açıdan fayda sağlar.

3.13.3 CMMS uygulama yöntemleri

İşletmelerin büyüklüklüklerine veya gereksinimlerine bağlı olarak CMMS gereksinimleri farklıdır. CMMS programlarının planlamaları yapılırken bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.Bilgisayar destekli bakım sistemleri üç ana başlık altında toplanmaktadır [4].

- Hızlı Uygulama
- Tipik Uygulama
- Tam Uygulama

Hızlı Uygulama özellikle işletmelerde uygulanacak modül sayısının az olduğu veya sisteme girilecek verinin az olduğu durumlarda başvurulan uygulamalardır. Bu uygulamanın en belirgin özelliği uygulamanın çabuk şekilde yaşama geçirilmesi ve kısa süre içerisinde işletmeye yararlı veriler oluşturmaya başlamasıdır. Bu uygulamada tek bir birim üzerinde uygulama yapılır ve diğer birimlerin etkilenmesinin önüne geçilir. Ancak ilerleyen dönemde diğer birimlere de uygulanması ile geliştirilmesi mümkündür.

Tipik Uygulama tipik uygulama hızlı uygulamanın aksine birden fazla birime sistemin uygulanması ile oluşturulan uygulama biçimidir. Tipik uygulamada işletmede daha büyük bir kitlenin katılımı ile gerçekleştirilir. Bu katılım birkaç anahtar kullanıcının diğer personelleri eğitmesi ile gerçekleştirilir. Ancak projenin başlangıç aşamasında hedef belirtilip herhangi bir analiz çalışmasının yapılmaması uygulamanın tam anlamıyla bir başarıya ulaşmasının önüne geçmektedir.

Tam Uygulama ise bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi kapsamındaki tam uygulama işletmeye fayda sağlayacak tüm modellerin belirlenerek hedeflerin belirlenmesi ve bu hedeflerin proje yönetimi doğrultusunda işletmede uygulanmasıdır.Tam uygulama faaliyetleri yönlendirme komitesi,proje grubu ve kullanıcı gruplarından oluşmaktadır. Yönlendirme komitesi uygulamanın genel amaçlarını belirler ve projeyi yönlendirir. Yönlendirme komitesi işletmenin üst düzey yöneticilerinden oluşmaktadır. Proje grubu işletme plan modelini oluşturur ve uygulamayı yönetirler. Çalışma grupları ise görev verilmesi durumunda projeye dahil olan gruptur.

4. İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİ

4.1 Kombine Çevrim Santrallerinin Genel Yapısı

Yenilemeyen diğer adıyla fosil yakıtlar enerji üretimindeki liderliğini halen sürdürmektedir. Özellikle yeni teknolojiler ışığında verimleri %60'lara kadar yükselen kombine çevrim santrallerinin yüksek verimlere ulaşması, düşük zararlı gaz salınımı ile çevreye olan olumsuz etkisinin az olması gibi sebepler kombine çevrim santrallerinin dünya genelinde kabul edilirliğini olumlu yönde desteklemektedir. Kombine çevrim santrali bir bütün olarak gözlemlendiğinde yapısında gaz türbin çevrimi ve buhar türbin çevrimini bulunduran sistemlerdir. Sistemden birincil olarak elektrik sağlanmakla beraber ara kademelerden alınacak buhar ile ısıtma amaçlı da kullanılabilmekte ve bu sayede daha yüksek verimlere ulaşılabilmektedir.

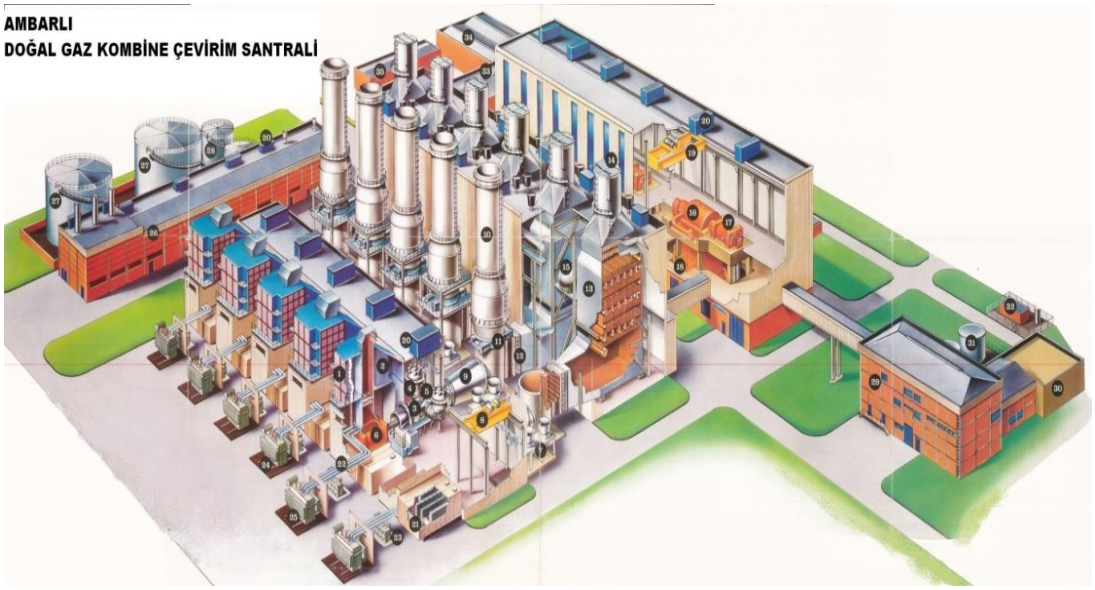
Diğer konvansiyonel santrallerle karşılaştırdığımızda kombine çevrim santrallerinin modüler yapısı daha asit olduğundan işletmesi daha kolaydır, personel ihtiyacı daha azdır. Ayrıca solo çalışmaya imkan sağladığından çok kısa sürede sistem devreye alınarak elektrik üretimine başlanabilir. Bununla birlikte gaz türbinleri sayesinde hızlı şekilde yük alabilirler.

4.2 İşletme Tanıtımı

İstanbul Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali İstanbul ili Avcılar ilçesi sınırlarında Marmara denizi sahilinde kurulu olup, birbirinin aynı özelliklerini taşıyan 3 kombineden oluşmaktadır ve toplamda 1350,9 MW kurulu güce sahiptir. Her bir kombine kendi içerisinde iki adet gaz türbini, iki adet atık ısı kazanı ve bir adet buhar türbininden oluşmaktadır. Santral bir kombine bloğunda 450,3 MW baz yük çıkışına sahip olmakla beraber 15 ^{o}C ortam sıcaklığında 442,3 MW kontraktör tarafından garanti edilmiştir [11]. Şekil 4.1 ve 4.2 de İstanbul A DGKÇS' a ait yerleşim planları bulunmaktadır.



Şekil 4.1 :İstanbul a doğalgaz kombine çevrim santrali.



Şekil 4.2 :İstanbul doğalgaz kombine çevrim santrali.

4.3 İstanbul A Doğalgaz Çevrim Santrali Su Buhar Çevrimi

İstanbul Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde gaz türbinleri Brayton çevrimi esaslarına, Buhar türbinleri ise Rankine çevrimi esaslarına göre çalışmaktadır.

Filtrelerden geçirilerek kompresörde sıkıştırılan hava ile belirli basınca düşürülen doğalgaz ile yanma odalarında hibrid yakıcılar vasıtasıyla yakılır. Yüksek sıcaklıkta ve basınçta gaz türbini kanatlarına ulaşan yanma gazları türbin basamakları boyunca ilerlerken genişlemekte ve türbin kanatlarının dönmesini sağlamaktadır. Türbin kanatlarının dönmesi ile elde edilen mekanik iş bir mil vasıtası ile gaz türbini jeneratörüne iletilmekte ve burada elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Yanma sonucu oluşan yüksek sıcaklıktaki gaz solo çalışma durumunda by-pass bacaları vasıtasıyla, kombine çalışmalarda ise by-pass bacasını geçerek ısı kazanına gelir. Solo çalışma durumunda işletmede mevcut koşullarda ulaşılabilen verim %32 derecelerindedir. Ancak bu çalışma şekli gerek özel gerekse kamu santrallerinde ekonomiklik olarak tercih edilmemektedir. Bu çalışma türü elektrik birim fiyatını yükseltmektedir. Bunun yerine atık ısının da sisteme dahil edildiği birleşik ısıl çevrimler tercih edilmektedir.

Atık ısı kazanlarında boru demetleri şeklinde ısı değiştiriciler ve bu ekipmanların bağlı olduğu domlar bulunmaktadır. Isı kazanına gelen sıcak gaz burada yükselme eğilimi gösterir. Yükselirken atık ısı kazanı içerisine yerleştirilmiş boruların yüzeylerine temas ederek ısı alış verişinde bulunarak , borular içerisinden geçen işlem görmüş suyun buharlaşmasını sağlar. Isı transferi ile ısısını veren yanmış gaz daha sonra kazan bacalarından atmosfere salınır. İşletme de buhar türbini binalarında yer alan domlar sayesinde iki farklı basınç seviyesi oluşturulmakta ve bunlar yüksek ve alçak basınç seviyesi olarak adlandırılmaktadır.

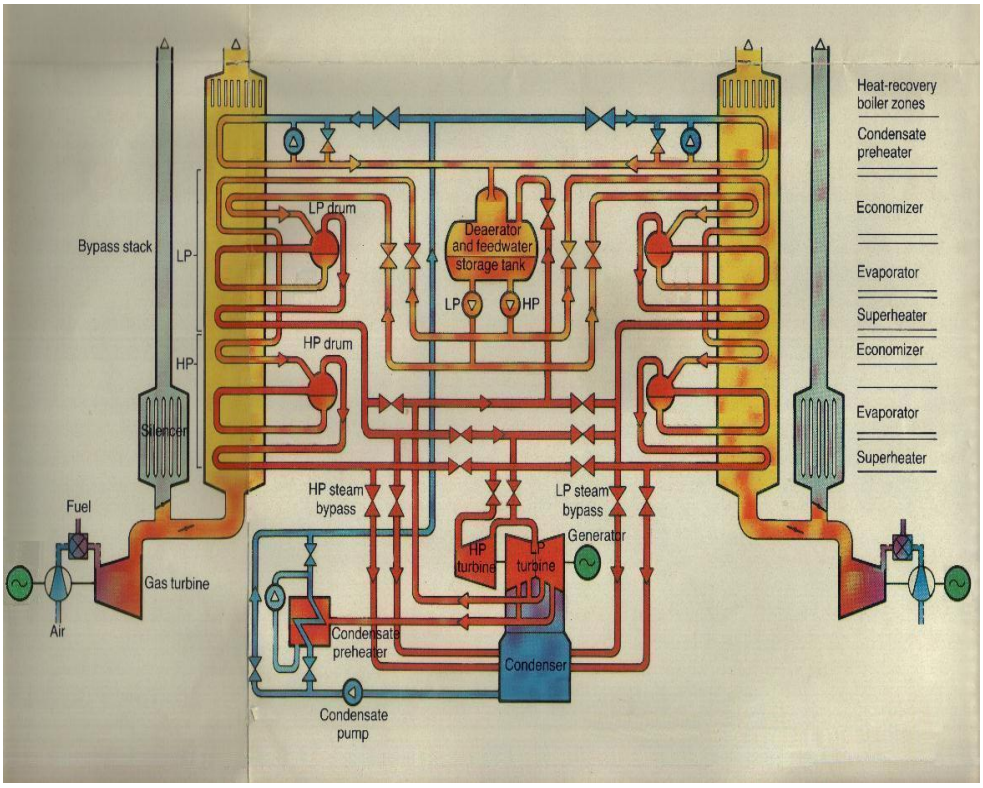
Buhar türbini kondenserinde yoğuşarak kondensat ismini alan demineralize su kondensat pompaları ile basılır ve atık ısı kazanının en üst kısmında bulunan kondensat ön ısıtıcısından geçerek kazan besleme suyu tankına dolar.

Kazan besleme suyu tankından yüksek basınç besleme suyu pompaları ile alınan demineralize su , kazana girerek ekonomizerden geçer ve yüksek basınç domuna dolar. Buradan evaporatore geçerek buharlaşmaya başlar ve buharlaşan su-buhar karışımı tekrar doma döner. Dom ile evaporator arasında doğal sirkülasyon ile su buharlaşma fazındadır. Domun içerisinde yer alan separatörler ile buhar ayrıştırılarak

kızdırıcıya gönderilir. Burada kızgın buhar haline gelen buhar , buhar türbini yüksek basınç kısmına iş yapmak üzere gönderilir.Besleme suyu tankından alçak basınç pompaları ile alınan demineralize su alçak basınç ekonomizerinden geçerek alçak basınç domuna dolar. Domdan alçak basınç evaporatörüne giden su buharlaştırılarak tekrar doma gönderilir. Dom ile evaporatör arasında doğal sirkülasyon vardır. Domun üst kısmında toplanan buhar alçak basınç kızdırıcısından geçerek alçak basınç buhar türbinine gönderilir. Alçak basınç kızdırıcısından gelen buhar, yüksek basınç buhar türbininden çıkan buhar ile birleşerek alçak basınç buhar türbinine girerek iş yapar ve yoğuşmak üzere kondensere dökülür.

Yüksek ve alçak basınç türbinlerinin milleri birbirlerine ve aynı zamanda buhar türbini jeneratörüne bağlı durumdadır. Bu sayede buhar türbini kanatlarının dönmesiyle oluşan mekanik iş mil vasıtasıyla jeneratöre iletilmekte ve burada da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.Şekil 4.3 de bu çevrim şematize edilmiştir.

Üretilen elektrik enerjileri 154 kV ve 380 kV şalt sistemleri ile enterkonnekte sistemine bağlanmaktadırlar. 4 gaz türbini ve 2 buhar türbini generatör çıkışı 154 kV'a bağlı iken 2 gaz türbini ve 1 buhar türbini 380 kV'a bağlanmaktadır [11].



Şekil 4.3 :İstanbul A DGKÇS su-buhar çevrimi.

4.4 Gas Türbinleri

Gaz veya sıvı yakıt türünde bir yakıtı yakarak aksiyel kompresöründe sıkıştırdığı hava ile sıkıştırılmış hava+yanma gazlarını türbinine sevk eden ve türbinden aldığı işi aynı mil üzerindeki generatöre aktaran bir enerji üretecidir.Gaz türbinlerinin çalışma prensibi yukarıda özetlenen tanımla belirtildiği üzere termodinamik esas olarak Jul-Brayton çevrimine dayanır. Gaz türbinleri enerji taleplerinin karşılanması bakımından tercih edilen sistemlerden bir tanesidir. Bunun nedeni Gaz türbinlerinin yol verme süresi çok kısadır , kuruluş maliyetleri düşüktür, soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaz, tesis montajı kolay ve çabuktur dolayısıyla erken üretim sağlayabilirler, az yer kaplarlar, işletme ve bakım personeli azdır, işletmesi kolaydır, revizyon ve planlı bakım süreleri düşüktür, iç ihtiyaç tüketimleri çok düşüktür, çevre mevzuatlarına uygun üreteçlerdir.

İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali genelinde her bir kombinede 2 adet olmak üzere toplamda 6 adet gaz türbini bulunmaktadır. Şekil 4.4' de gösterilen bir gaz türbini V94.2 model silo tip 2 adet yanma odası, havanın basınçlandırıldığı 16 adet kompresör ve elektrik üretimi için aynı shaft üzerinde yer alan 4 adet türbin kademesinden oluşmaktadır. Kurulu baz yük kapasitesi doğalgazın yakıt olarak kullanıldığı yanmalarda 138,8 iken motorinin yakıt olarak kullanıldığı durumlarda 115,6 MW'tır [11].



Şekil 4.4 : Gas türbin yatakları.

4.5 Gas Türbini Hava Filtreleri

Giriş havası filtreleri, başta kompresör ve gaz türbini elemanlarını aşındırıp paslandırarak veya elemanların üzerinde artıklar oluşturarak, verimlerini azaltan tozlardan ve diğer artıklardan korumak amacıyla kullanılırlar. Kullanılacak filtre, gaz türbininin gerektirdiği yüksek hava debisi için yeterli olmalıdır.

Kirli kompresör ve türbinler, tekrar eski performanslarını kazandırmak üzere, özel deterjanla yıkanarak veya yer fıstığı ve fındık kabuğu gibi hafif aşındırıcılar püskürtülerek temizlenirler. Filtre girişlerinde, kaba partiküllerin girişini önleyen tel kafes ve panjur yerleştirilmiştir. Çok kademeli hava filtresi ince ve kaba filtrelerden oluşmaktadır. Kompresör 381'er adet kaba ve ince filtreden oluşur.

Generatör şekil 4.5’ de gösterildiği üzere 55'er adet kaba ve ince filtreden oluşur. Kaba filtre malzemesi sentetik elyaf (polyester), ince filtre malzemesi cam elyaf kağıttır [11].



Şekil 4.5 : Gas türbini hava filtreleri.

4.6 Gas Türbini Generatörü

Elektriğin üretimi aynı shaft üzerinde yer alan generatör üzerinden sağlanmaktadır. Gaz türbini miline bağlı bulunan jeneratör gaz türbininde üretilen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir.3000 d/dk nominal hızda 160 MVA nominal güç üretmektedir. Şekil 4.6 da GT21 gaz türbini generatörü görülmektedir.



Şekil 4.6 : Gas türbini generatörü.

4.7 Yanma Odaları

Fuel-oil, doğal gaz yada ikisinin karışımı kompresör tarafından sıkıştırılan yanma havası ile birlikte yakıcıda ateşlenerek yanma sağlanır. Yanma odasındaki sıcak gaz türbin girişine doğru akar.Ünitenin her iki yanında karşılıklı olarak yanma odası mevcuttur.Kompresör çıkışından gelen basınçlı hava ,dış muhafaza ile içteki Flame tüpün dış cephesi arasındaki boşluktan geçerek yanma odasında birincil hava olarak yakıcılara gelir.Basınçlı havanın bir kısmı Flame tüpün alt kısmındaki pencereler den yanma odasına girer ve sekonder hava olarak adlandırılır.Havanın yanma odasına girişi elektriki olarak tahrik edilen sürgülü klepelerin pencereleri açıp kapaması ile kontrol edilir. Yükün artması ile sekonder hava girişi azalır.

Flame tüpün iç yüzeyi dış cephesindeki metale tuğla tutucular ile sabitlenen seramik tuğlalardan oluşmuştur.Basınçlı hava flame tüpün dış cephesini yalayarak geçerken,tuğlanın arka kısımlarının yaslandığı flame tüpün dış cephesindeki metal plakalardaki deliklerden içeriye doğru akar.Böylece tuğla tutucular ve tuğlalar aşırı ısınmaya karşı korunmuş olurlar.

Yanma odasının dış cephesi hem muhafazalık hemde sistemdeki aksamların yerleştirildiği gövde görevini yapar. Dış muhafaza içi boş bir silindir blok, üstte bir bombe ve alt kısımda da dirsek biçimli kanaldan oluşmuştur.Silindir blok flame tüpü çevreler, yakıcılar ise üst kısımda yer alır.

Yanma odası türbin gövdesine saplamalar vasıtası ile sabitlenmiştir. Yanma odasında iç kısmında flame tüp ve mixing chamber yer alır. Flame tüpün üst kısmında yakıcıların yerleştirildiği bölüm vardır. Mixing chamber konik bölümlemelerden oluşmuştur. Kamalar ile merkezlenen mixing chamberin pimler ile serbestçe hareketi sağlanır [11]. Şekil 4.7 revizyondan yeni çıkan yanma odasına aittir.



Şekil 4.7 : Yanma odaları.

4.8 Yakıcı Sistem

Yanma odaları üzerinde yer alan 16 adet hibrid yakıcılar vasıtasıyla solo gaz, solo motorin veya karışık yanma mümkün kılınabilmektedir. 50-60 bardan 17-20 bar basıncına düşürülen doğalgaz ince ve kalın filtreden geçerek gelen yanma havası ile birleşerek yanma odalarında yanmayı gerçekleştirirler. İdeal yanma koşullarında 138,8 MW baz yükte 500 kg/sn hava ile 10 kg/sn gaz yanması gerçekleşmektedir. Fuel-oil yakıcısı, doğal gaz yakıcısı, pilot yakıcı ve ateşleyici (buji) sistemleri yakıcı muhafaza sına monte edilmişlerdir.Yanma için gerekli olan primer hava yönlendiricilerin arasından yanma odasına girer. Premix yanma için giren doğalgaz dağıtıcı vasıtası ile nozullara dağılarak hava ile karışır.Difizyon yanmada ,doğalgaz o noktasından yakıcıya girer sıcak hava ile temas ederek aksiyal yönlendiriciler ile yanma bölgesine gelir. Premix yanmada, ani yük düşümleri esnasında alevi desteklemek amacı ile pilot yakıcılarda devrededir. Doğalgaz pilot yakıcıya girer, yakıcı içerisindeki dört adet borudan geçerek aksiyal yönlendiriciler ile yanma bölgesine gelir.Yanma moduna bağlı olarak, soğuk hava yada fuel-oil yakıcıya girer. Fuel-oil yakıcısı,geri dönüşteki akış miktarına göre çalıştığından, gelen fuel-oil in bir kısmı yüke bağlı olarak dönüş hattına transfer olur.Yakıcıda ilk alev, yardımcı yakıt olan propan gazının bujilerde ateşlenmesi ile oluşur.Propan gazı yakıcıya giriş yapar [11]. Şekil 4.8 de yanma odaları üzerinde yer alan hibrit yakıcılar gözükmektedir.



Şekil 4.8 : Yanma odaları üzerinde yer alan hibrit yakıcılar.

4.9 By-Pass Bacaları

Solo çalışmaya imkan sağlayan yani sadece gas türbinleri üzerinden elektrik üretmeyi olanaklı hale getiren by-pass bacaları birçok işletme tarafından ekonomik olarak kabul görmemektedir. İşletmede 47 metre yüksekliğinde 7,8 metre çapında Stober&Morlock marka 6 adet by-pass bacası bulunmaktadır. Tercih edilmemekle beraber yük talebini dengelemek amacıyla dönem dönem atık ısı kazanı yolunu kapayan damperlerle faaliyette kullanılmaktadır. Bu sistemin işletmede kullanılmasındaki amaç buhar üretimi yapılmayan atık ısı kazanlarında yer alan boru ve domlarının aşırı ısınması ve hasar görmesi önlenmektedir [11]. Şekil 4.9 GT11 ile atık ısı kazanı arasında yer alan by-pass bacası gözükmektedir.



Şekil 4.9 : By-pass bacaları.

4.10 Atık Isı Kazanları

İstanbul (A) DGKÇS açık tek çevrimli santrallerden ziyade ek güç üretmek amacıyla egzoz gazının atık ısı kazanlarına gönderilerek buhar türbinlerinde değerlendirildiği daha yüksek verimli kombine çevrim santrali sistemine göre çalışmaktadır. İşletmede altı adet birbirinin aynı iki basınçlı, doğal sirkülasyonlu ve domlu tip, atık gaz ısıtmalı kondensat ön ısıtıcılı atık ısı kazanı bulunmaktadır.

Her kombine blok için besleme suyu yüksek basınç ve alçak basınç kısımlarına pompalanır. İşletmede bazı elektrik santrallerinde bulunan orta basınç kademesi bulunmamaktadır.

Bununla beraber kombine çevrim santralinin kazandaki veya buhar türbinindeki bir arızadan dolayı çalıştırılmamasının önüne geçmek için gaz türbinleri egzoz çıkışlarında by-pass bacaları bulunmaktadır. Üzerinde bulunan K1- K2 adı verilen damperlerle yüksek sıcaklıktaki egzoz gazına yön verilmektedir. Baz yükte kazan girişi gaz sıcaklığı 538 ^{0}C, baca çıkışı gaz sıcaklığı ise 98 ^{0}C' dir. Simmering- Graz-Pauker üretimi kazanların verimi %93 'tür.

İşletmede yer alan atık ısı kazanlarında yüksek kalitede kızgın buhar elde etmek için ekonomizer, evaparatör ve kızdırıcı bulunmaktadır [11]. Şekil 4.10 da atık ısı kazanlarına ait baca çıkışları bulunmaktadır.



Şekil 4.10 : Atık ısı kazanları.

4.11 Buhar Türbinleri

İstanbul Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde üç adet buhar türbini bulunmaktadır. Santralde yer alan türbinler çift egzoslu, iki silindirli kondensasyon tip türbinlerdir. Buhar türbinlerinde alçak basınç ve yüksek basınç olmak üzere iki kademe

mevcuttur. Yüksek basınç kısmı tek akışlı olup, 26 kademeli reaksiyon tipli kanatlardan oluşmaktadır. Alçak basınç kısmı ise çift akışlı olup son kademe kanatları 1,05 metre uzunluğundadır. Siemens model buhar türbinlerinin kapasitesi 172,7 MW' tir.

Türbin ile aynı şaft üzerinde yer alan türbin generatorunun nominal hızı 3000 d/dk iken 3300 d/dk' da buhar türbinleri aşırı hızdan tribe girmektedir. Generatör Ganz marka ORG 587 modelindedir. Buhar türbinlerinde soğutma gaz türbinlerinin aksine hava ile değil yüksek saflıktaki (yaklaşık %97) hidrojen ile sağlanmaktadır.

Buhar türbinleri generatörleri 216 MVA (maksimum 35 derece soğutma suyu giriş sıcaklığı) güce ve 15,75 kV nominal gerilime sahiptir [11]. Şekil 4.11 de buhar revizyona giren buhar türbinine ait türbin kanatları ve generatör bulunmaktadır.



Şekil 4.11 : Buhar türbini ve generatörü.

4.12 Su Hazırlama Tesisleri

Su buhar çevrimli santrallerde kullanılan ham sularda santralin verimini olumsuz şekilde etkileyecek çözünmüş gazlar, katı bileşikler , çözünmüş katı maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler su-buhar çevriminde kullanılan türbinler, pompalar gibi

ekipmanlarla temas etmeleri durumunda sistemin verimliliğini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu ekipmanlarda korozyonun önüne geçerek verimi etkilememek için sistemde kullanılan suyun demineralize edilerek yumuşatılmış olması gerekmektedir.

Yumuşak su olarak da tabir edilen işlenmiş su ham sudaki bikarbonat sertliği olarak adlandırılan geçici sertliğin uzaklaştırılması ile elde edilmektedir. İşlenmemiş su kullanılması durumunda ısı transfer yüzeylerinde sıcaklığın etkisiyle ayrışan bu bileşikler bikarbonat formundan karbonat dönüşerek ısı transferinin azalmasına sebep olmaktadır. Açığa çıkan karbondioksit de korozif etki göstermektedir. İşte bu nedenlerle ham sulara dekarbonizayon işlemi uygulanmaktadır. Ham suyun ya da dekarbonize suyun, gerekli fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçirilerek minerallerinden arındırılması işlemine ise demineralizasyon denilmektedir.

İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim santralinde bu saflaştırma sisteminde İstanbul il sınırları içerisinde yer alan Azatlı kaynak suyundan çekilen ham su işletme içerisinde yer alan 800 m^3'lük iki adet beton tankta saflaştırma işlemlerine tabi tutulmak amacıyla toplanır. Bu tanklar aynı zamanda acil durumlarda yangın besleme suyu deposu olarak da kullanılmaktadır. Tanklardan alınan numuneler kum ve karbon filtrelerinden geçirildikten sonra flokulasyon yöntemi ile ön arıtma işlemiyle işletmede kullanma suyu ihtiyacı için hazır hale gelmektedir. Ön arıtma işlemine tabi tutulan su iki ayrı 50 m^3'lük Demineralizasyon sistemini besler. Sistemi besleyen hatlarda anyon-katyon filtreleri ile mixed-bed iyon değiştirici filtreleri bulunmaktadır. Su-buhar çevirimi sırasında sızdırmazlıklar gibi kayıpların yaşandığı katma suyu talebi de Demineralizasyon tanklarından karşılanır. Ayrıca sistemde sürekli olarak iletkenlik ölçümleri yapılmakta ve sınır değerin açılması durumunda demineralize su takviyesi yapılarak ortalama iletkenlik değeri düşürülmektedir.

Bunun yanı sıra işletmede iletkenliğe bağlı olarak da kullanılan Kondensat polishing sistemi de bulunmaktadır ve Demineralizasyon sistemi ile aynı binada bulunmaktadır. Kondensat polishing sistemi bünyesinde katyon ve mixed-bed iyon değiştirici filtrelerden oluşmaktadır.

Demineralizasyon ve polishing sisteminin atıkları ise işletmede yer alan 2 adet nötralizasyon havuzunda toplanır. Burada nötralize edilen su ise soğutma suyu dönüş hattına bağlanarak buradan denize boşaltılır [11].

4.13 Soğutma Suyu Sistemleri

İstanbul A Doğalgaz kombine çevrim santrali işletme müdürlüğünde soğutma suyu olarak Marmara Denizinden çekilen deniz suyu kullanılmaktadır. Deniz soğutma suyu sistemi türbin kondenselerine ve tesisat soğutma suyu sistemlerine temizlenmiş soğutma suyu sağlar. Yoğuşum suyu ve yardımcı tesisat soğutma suyu soğutucularına deniz suyu temin eden boru hatlarında gerekli basınç soğutma suyu pompaları ile sağlanmaktadır.

Soğutma suyu Ambarlı sahilinden 335 metre uzaklıktaki 3 adet su alma ağzından girmekte ve eviye farkı ile sirkülasyon suyu kontrol mahaline gelmektedir. Su toplama havuzundan her bir buhar türbini için 2 adet olmak üzere toplamda 6 adet 18000 m^3/saat debili sirkülasyon suyu pompası bulunmaktadır. Soğutma suyu pompalarının iki tane olmasının nedeni birbirleri ile yedekli çalışmasından dolayıdır.Ancak özellikle ortam sıcaklıklarının yükseldiği yaz aylarında ikinci sirkülasyon pompası da devreye alınarak gerekli soğutma sağlanmaktadır. Soğutma suyu yine seviye farkı kullanılarak Marmara Denizine üç ayrı beton boru hattı ve 235 m boşaltım borusu ile boşaltılmaktadır [11]. Şekil 4.12 de soğutma suyu pompaları gözükmektedir.



Şekil 4.12 : Soğutma suyu pompaları.

4.14 Elektrik Sistemleri

4.14.1 Şalt sahası

İşletmede üretilen elektrik enerjisinin enterkonnekte sisteme bağlanması için ve gerektiğinde bağlantının kesilmesi için sistemin şalt sahasına sahip olması gerekmektedir. Sistemde 154 kv ve 380 kv olmak üzere iki farklı gerilim çıkışı bulunmaktadır İlk iki bloktaki altı generatörün çıkışı 154 kV şalt sitemine, diğer iki gaz türbini ve bir buhar türbini generatörü çıkışı ise 380 kV şalt sistemine bağlıdır [11]. Şekil 4.13 İstanbul DGKÇS ‘na ait 154 kv ve 380 kv şalt sistemine aittir.



Şekil 4.13 :Şalt sahası.

4.14.2 Ana trafolar

Santralde 9 adet ana trafo bulunmaktadır. Ana trafoların 6 tanesi 10,5/154 kV, 3 tanesi ise 10,5/400 kV çevirme oranına sahiptir. Trafolardan 6 adedi 180, 3 adedi ise 200 MVA güce sahiptir.

4.14.3 İç ihtiyaç trafoları

Santralde bulunan ünite iç ihtiyaç transformatörlerinin 6 tanesi gaz türbin bölümünü, 3 tanesi ise buhar türbin bölümünü beslemektedir.

- Gaz türbini bölümü: 10,5 / 6,3 kV, 2.000 kVA
- Buhar türbini bölümü: 15,75 / 6,3 kV, 10.000 kVA

4.14.4 Start-up trafoları

Santralde iki adet yol verme transformatörü bulunmaktadır. Bu transformatörle ünitelere yol verilebilmekte ve santral iç ihtiyacı karşılanabilmektedir. AEG ETİ tasarımı olup, güçleri 20 MVA ve nominal gerilimi 154/6,3 kV'dir.

4.14.5 OG dağıtım sistemi

Orta Gerilim dağıtım sistemi gerilimi 6,3 kV olup, metal muhafazalı dahili tip hücrelere sahiptir. Santral OG dağıtım sisteminin enerji ihtiyacı buhar türbini iç ihtiyaç transformatörleri ve yol verme transformatörü tarafından sağlanmaktadır.

4.14.6 AG dağıtım sistemi

Alçak gerilim sisteminin nominal gerilimi 0,4 kV'tur. Buhar türbinlerinde 3,5 / 0,4 kV trafolarla gaz türbinlerinde ise 10,5 / 0,4 trafolarla beslenmektedir.

4.14.7 Doğru akım sistemi

Doğru akım sisteminin nominal gerilimi 220V'tur. Her bir ünitenin ve ortak sistemin kendine ait doğru akım sistemi bulunmaktadır.

4.14.8 Acil besleme sistemi

Santralde acil besleme sistemi, sistem oturduğunda acil yerlere besleme yapmak için kullanılmaktadır. Sistemde 2070 kVA gücünde herhangi bir gaz türbininin gaz veya motorin ile ilk start-up'ı amacıyla acil dizel generatör bulunmaktadır.

4.14.9 Kontrol sistemi

Santralde her bloğun kendi güç kontrol merkezi bulunmaktadır. Gaz türbinleri için TELEPERM-ME otomasyon sistemi üçlü kompartmanlar halinde konteyner içine yerleştirilmiş durumdadır. Atık ısı kazanları için her kazanın arka cephesine yerleştirilmiş PCC konteynerleri bulunmaktadır. Santralin otomasyon sistemi 80'li yıllara ait eski teknoloji ile yapıldığından, mevcut durumda yedek parçası üretilmemekte ve teknik desteği sağlanamamaktadır. Kurulu olan kablolanmış sistemin ve yardımcı sistemlerin boyutları, simülasyon yapabilmeye olanaklarının az olması servis ve bakım için harcanan çabaları arttırmaktadır. Özellikle ünitelerin frekans kontrolüne katılımında aksaklıklar yaşanabilmekte ve cezalı duruma düşülmekte, ünitelerin güç çıkışlarında 4-5 MW seviyesinde salınımlar

oluşabilmektedir.Dolayısıyla otomasyon sistemlerinde yapılacak rehabilitasyon çalışması ile bu sıkıntıların giderilmesi önerilmektedir [11].

4.15 EÜAŞ İstanbul A Santrali Teknik Kapasiteler

Aşağıda İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline ait işletme değerleri bulunmaktadır [11]. Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3 de işletmede yer alan ekipmanlara ait teknik özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 4.1 : Gaz türbini teknik özellikleri.

Gaz Türbini	Birim
İmalatçısı	KWU
Tipi	V-94
Nominal Gücü (MW)	138,8/154,42
Net Verim (%)	32,25/32,69
Türbin Giriş Sıcaklığı (ºC)	1050 (baz yük)
Türbin Ekzost Sıcaklığı (ºC)	558 (baz yük)
Gaz Tüketimi (m3/h)	45000
Yanma Hücresi (adet)	2
Kompresör	16 kademeli
Kompresör Sıkıştırma Oranı	10,3:1
Türbin	4 kademeli

Çizelge 4.2: Kazan teknik özellikleri.

Kazan	Birim
İmalatçısı	SGP
Tipi	2 Kademeli, Kondenserli,Cebri Sirkülasyon
Buhar Üretim Kapasitesi (kg/h)	231,021 (Y.B.), 46,42 (A.B)
Gaz Giriş Sıcaklığı (ºC)	558
Gaz Çıkış Sıcaklığı (ºC)	105

Çizelge 4.3: Buhar türbini teknik özellikleri.

Buhar Türbini	Birim
İmalatçısı	KWU
Tipi	2 Kademeli, Kondenserli
Gücü (MW)	172,7
Devir Sayısı (d/d)	3000
Kondenser	Eşanjör Tipi
Soğutma Sistemi	Deniz Suyu Soğutmalı

5. İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİ İŞLETME VERİLERİ

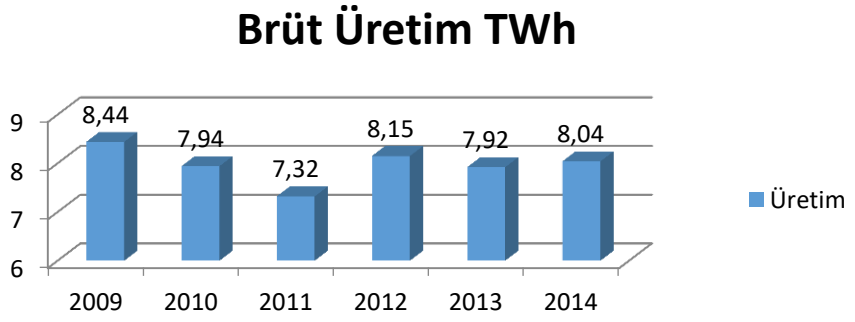
Aşağıda yer alan işletme değerleri 2013-2014 yıllarına ait teknik verilerden oluşmaktadır [12].

5.1 Yıllık Üretim

Çizelge 5.1: İşletme yıllık üretimi.

Yıl	Öngörülen	Üretilen	Gerçekleşme Oranı
2013	7,853,696,000 kWh	7,928,252,000 kWh	% 100,95
2014	7,763,020,100 kWh.	8,041,889,000 kWh	% 103,59

Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1 de İşletmenin 2013 ve 2014 yıllarına ait yıllık elektrik üretim verileri yer almaktadır. Çizelgeden görüleceği üzere santral öngörülen üretimi yerine getirebilmiştir.Şekil 5.1 de ise 2009 yılından itibaren gerçekleştirilen üretim gösterilmektedir. 2011 yılında gerçekleşen üretimin diğer yıllara göre daha az olmasının nedeni yıl içerisinde yapılan büyük revizyondur.



Şekil 5.1 :İşletme brüt üretimi.

5.2 Kapasite Kullanma Faktörü

Kapasite kullanma faktörü, brüt üretimin teorik santral üretimine yüzdesel oranı olarak hesaplanır. Son 3 yılın verilerine baktığımızda ortalama kapasite faktörü 67,88 olarak ölçülmektedir. Bu değer EÜAŞ santralleri içerisinde en yüksek değerdir.

Bununla beraber geçmiş yıllarda görülen en düşük değer %61,83 ile 2011 yılında gerçekleşmiştir. Bu azalmanın sebebi GT22,ST20 ve ST30 da gerçekleştirilen rehabilitasyon çalışmalarıdır [12]. Çizelge 5.2'de işletme kapasite kullanım verileri yer almaktadır.

Çizelge 5.2:İşletme kapasite kullanım faktörü.

ÜNİTE	2012 YILI	2013 YILI	2014 YILI
GT11	68,95	82,39	64,72
GT12	83,58	84,91	61,43
ST10	64,78	71,63	51,09
ÜNİTE 1	71,86	79,04	58,48
GT21	59,62	76,38	78,29
GT22	68,99	80,77	77,72
ST20	55,81	70,91	55,79
ÜNİTE 2	61,05	75,63	69,48
GT31	79,62	39,84	80,92
GT32	76,44	59,62	79,37
ST30	65,34	40,83	69,09
ÜNİTE 3	73,17	46,31	75,91
SANTRAL	68,69	67,00	67,96

5.3 Emre Amadelik

Emreamadelik, santralin bir yılda çalıştığı ve çalışabilir durumda olduğu halde çalıştırılmadığı (MYTM nedeniyle devre dışı kalma ve yakıt kalitesi ile alakalı duruşlar) süreler toplamının (saat olarak) bir yıllık süreye (8760 saate) bölünmesi ile yüzdesel olarak hesaplanır. Çizelge 5.3' de işletme emre amadelik verileri yer almaktadır.

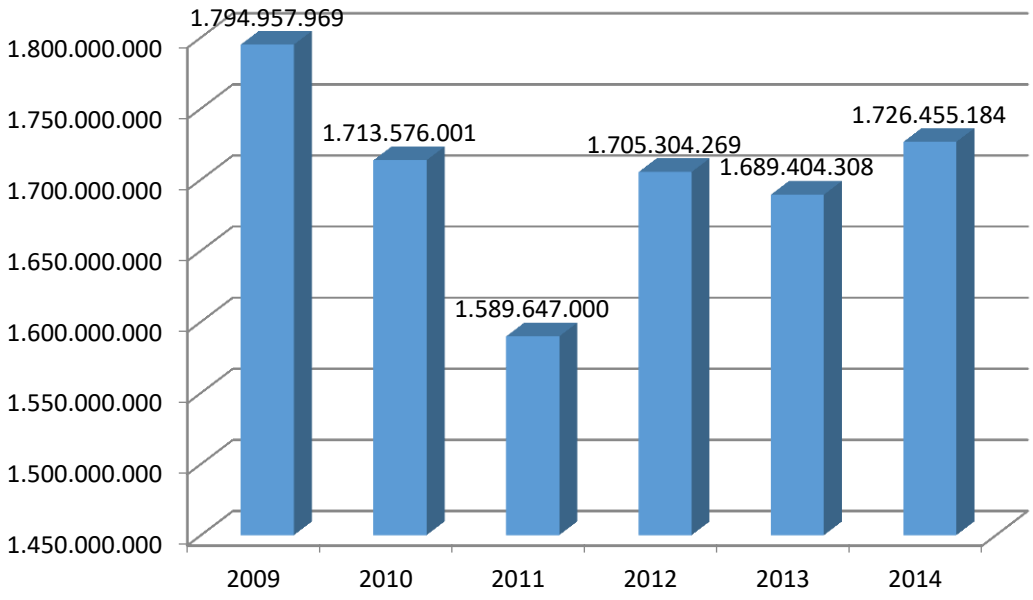
Çizelge 5.3 :İşletme emre amadelik oranları.

ÜNİTE	2013 YILI	2014 YILI
GT11	97,31	71,69
GT12	98,21	69,25
ST10	98,79	78,77
ÜNİTE 1	98,10	73,23
GT21	95,00	93,52
GT22	97,88	91,77
ST20	98,48	74,75
ÜNİTE 2	97,12	86,68
GT31	51,96	96,70
GT32	84,89	94,16
ST30	92,05	96,58
ÜNİTE 3	76,30	95,81
SANTRAL	90,51	85,24

Doğalgaz Kombine Çevrim Santrallerinde kabul gören emre amadelik oranı %80-90 arasındadır. İstanbul A DGKÇS EÜAŞ santralleri içerisinde emre amadelik oranı en yüksek olanıdır. 2011 yılında emreamadeliğin düşük olmasının nedeni GT22 ünitesindeki büyük revizyon, ST20 ünitesindeki revizyon ve ana yağ pompasının onarımı ve ST30 ünitesindeki yüksek basınç ve alçak basınç türbinleri arasındaki boruların değiştirilmesidir.

5.4 Doğalgaz Tüketimi

Santralin kuruluştan beri ortalama doğal gaz tüketimi ortalama 1.635.099.166 Sm^3/yıl olarak gerçekleşmiştir. 2011 yılında GT22, ST20 ve ST30 ünitelerinde yapılan rehabilitasyon çalışmalarına bağlı işletme saatinin düşük olması doğalgaz tüketiminin az da olsa düşük çıkmasına ve kuruluştan bu yana gerçekleşen genel ortalamanın altına düşmesine neden olmuştur. Şekil 5.2' de son 5 yıla ait doğalgaz tüketimi bulunmaktadır.



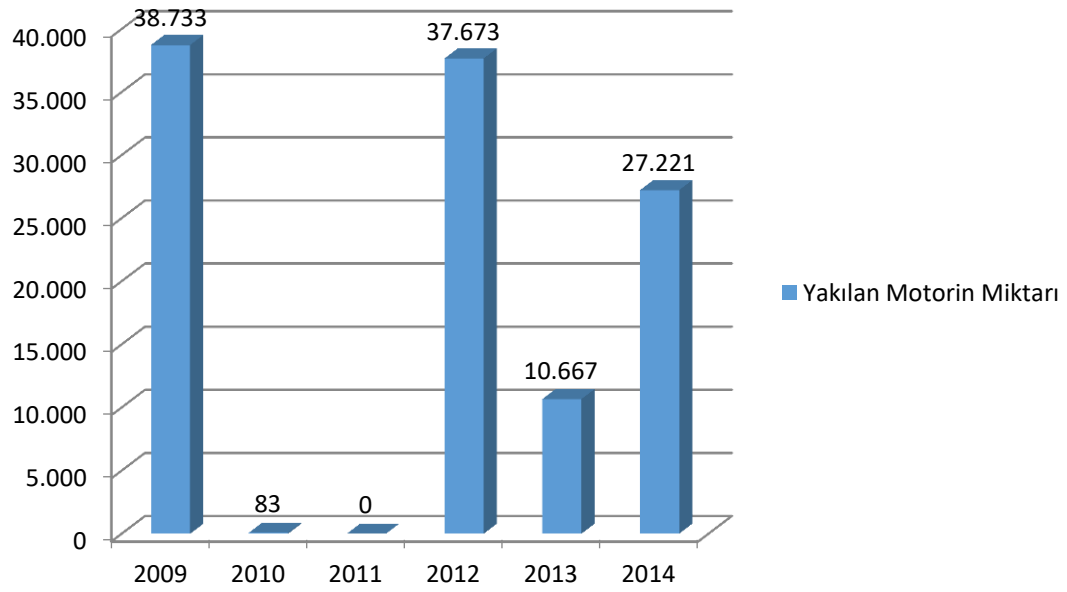
Şekil 5.2 : Doğalgaz tüketim oranı.

5.5 Motorin Tüketimi

Gaz türbinleri üçüncü yakıt olarak 6 numaralı fuel oil yakılabilecek kapasiteye sahip olarak kurulmuşlardır. Bunun için santrale bir fuel-oil arıtma tesisi kurulmuştur.

Santralin kurulduğu yıllardan itibaren bu tesiste fuel-oil arıtılarak depolanmakta ve ihtiyaç halinde kullanılmaktayken, zaman içerisinde yanma odalarında ve türbin kanatlarında birikintiler ve hasarlanmalar oluşmuş, neticede fuel-oil yakma sakıncalı görülmüş ve sıvı yakıt kullanılacağı zaman 1997 yılından itibaren motorin yakılmaya başlanılmıştır. Bu kapsamda yanma odaları üzerinde yer alan brülörler çift yakıt yakabilme kapasitesine sahiptir. Özellikle doğalgaz sıkıntısının baş gösterdiği kış aylarında işletme karışık yanma veya motorin ile yanmaya geçiş yapmaktadırlar. Ancak üretim maliyetini doğrudan etkilediği için motorin tüketimi yük tevzi merkezinin talebi olmadıkça tercih edilmemektedir.

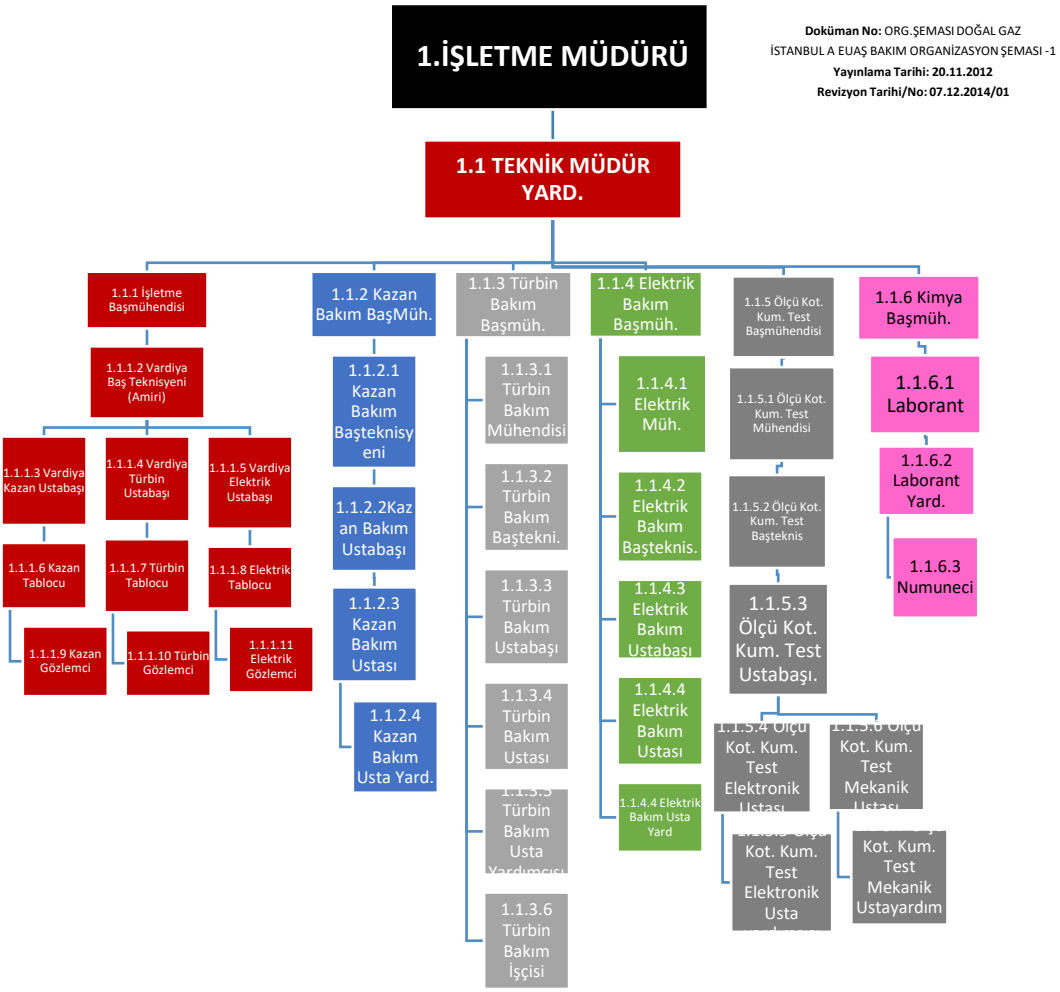
Santral sahasındaki 2 adet 5.000 m³'lük ve 2 adet 500 m³'lük yakıt tankları bulunmaktadır. Motorin, fuel-oil santrali sahiline 900 metre açıkta bulunan platforma yanaşan tankerlerle deniz yolu ile sağlanmaktadır. İki santral arasındaki boru hattı ile motorin doğalgaz santral sahasına nakledilmektedir. Şekil 5.3 'de son 5 yıla ait motorin tüketimi gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : Motorin tüketim oranı.

6. İSTANBUL A DOĞALGAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALİ'NDE BAKIM UYGULAMALARI

6.1 Bakım Organizasyon Şeması



Şekil 6.1 : Bakım organizasyon şeması.

6.2Bakım Servislerinin Görev Tanımının Yapılması

İstanbul A Doğlagaz Kombine Çevrim Santralinde yer alan bakım ekiplerinin görev tanımları ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi kapsamında tanımlanmıştır. İşletmede yer alan Türbin Bakım ve Ölçü Kontrol Bakım servislerine ilişkin bakım yapılanması ve görev dağılımları ile servislerin görev kapsamları aşağıda yer almaktadır [13].

6.2.1 Ölçü kontrol servisi

Doğal gaz ölçü-kontrol bakım servisinde, 16 kadrolu personel ve 4 hizmet alımı yöntemi ile işe alınmış olan elemanlarla birlikte, 4857 sayılı yasaya tabi toplam 20 personel bulunmaktadır. Kadrolu personelin isim ve unvanları aşağıdadır. Bakım servisinde yer alan ve yukarıda bakım organizasyon şemasında yer alan personellerin görev çerçevesi aşağıda yer aldığı gibidir.

Başteknisyen sorumluluk alanındaki iş ve işlemleri, kanun ve yürürlükte olan İşletme Toplu İş Sözleşmesi (İTİS) hükümleri çerçevesinde yerine getirmek, servis Mühendisi ve Başmühendisi ile koordine içerisinde servisi yönetmek, servis çalışanlarının günlük puantajını tutmak,senelik izinlerin belli bir program dahilinde kullanımını sağlamak, günlük arıza bonoları için ekip oluşturup, işe yönlendirmek ve ekipleri saha içerisinde kontrol edip bilgi alışverişinde bulunmak, peryodik bakım cetveli oluşturmak ve aksaksız yürümesini sağlamak, iş güvenliği tedbirlerini almak ve ayrıca ekipleri uyarmak.İş güvenliği malzemelerinin kullanımını sağlamak ve denetlemek, servise ait ekipman ve gerekli yedek parçaların ambar stoklarını kontrol etmek ve eksik olanların temini için talepte bulunmak. Servis mühendisi ve Başmühendisi ile birlikte revizyon programı oluşturmaktan sorumludur.

Ustabaşı başteknisyen olmadığında yerine vekalet etmek, ekiplere iş dağıtımını yapmak,işlerin sağlıklı yürümesi için ekipleri saha içerisinde kontrol edip teknik destek vermek, iş güvenliği tedbirlerini almak ve uygulanmasını sağlamak, sorumluluk alanındaki makine ve techizatın arıza ve bakımlarının düzenli olarak yapılmasını sağlamaktan sorumludur.

Ölçü-Kontrol Ustası servis başteknisyeni ve ustabaşı tarafından verilen iş emirlerini, oluşturulmuş olan ekibi ile birlikte iş güvenlik tedbirini alarak görevini yerine getirmek.İşin gidişatı hakkında servis amirine bilgi vermekten sorumludur.

Ölçü-Kontrol Usta Yardımcısı saşteknisyen ve ustabaşı tarafından oluşturulan arıza ve bakım ekibi içerisinde çalışmak, ekip şefinin vereceği işleri yapmak ve yardımcı olmak, işletmede yer alan görev dağılımlarının yapılması arızalara müdahelede yaşanabilecek karışıklıkların önüne geçer.Aşağıda işletme Ölçü-Kontrol Bakım Servisine ait görev tanımları yer almaktadır.

Santral prosesindeki sıcaklık, seviye ve benzeri saha elemanlarının bakımı, onarımı ve kalibrasyonu ölçü kontrol servisi tarafından gerçekleştirilir. DCS sistemi panolarının ve içerisindeki elektronik kartların bakımı, onarımı ve kalibrasyonu gerçekleştirilir. Servisin sorumlu olduğu proses üzerindeki valflerin bakım,onarım, kalibrasyon ve ayarlarının yapılır. Otomasyon izleme ve kontrol sistemi OM 650 ‘ nin bakımı,onarımı ve devamlılığını sağlanır. Santral sahası ve sosyal tesislerde haberleşmeyi sağlayan telefon santrali ve telsiz sistemlerinin bakımı,onarımı ve devamlılığı sağlanır. Santral genel anons ve genel saat sistemi bakım,onarım ve devamlılığı sağlanır. Santral güvenlik kamera sisteminin sürekli çalışır halde olmasını, bakım ve arızaları gerçekleştirilir. Pnömatik sistemler ve bu sistemlere ait saha elemanlarının bakım, onarım ve kalibrasyonu gerçekleştirilir. Hidrolik sistemler ve bu sistemlere ait saha elemanlarının, santral prosesinde bulunan basınç,seviye ve debi ölçüm sistemlerinin bakım,onarım ve kalibrasyonu gerçekleştirilir. İşletme genelinde bilgi işlem faaliyetleri yürütülür, bakım, onarım ve tamir işleri, gerektiğinde alınacak malzemelerin belirlemesi yapılır. Bilgi işlem altyapısını (Network) çalışır halde tutulur. İşletme sahasındaki ölçü kontrol servisi ile ilgili sistem ve ekipmanların gerekli kontrolleri yapılır, önleyici ve periyodik bakımları gerçekleştirilir. İşletme sahasında bulunan eskimiş veya arızalanmış, düzeltilmesi mümkün olmayan veya verimsiz çalışan izleme, ölçüm ve kontrol sistemleri veya ekipmanlarının yeni nesil sistemler ve ekipmanlar ile değişimi yapılır. Kestirimci bakım anlayışı içinde, potansiyel arıza alanlarının tespit edilmesini sağlamak ve ilgili önlemleri alınır. Yan Hizmetler Anlaşması kapsamında Primer Frekans Kontrolü ve Reaktif Güç Desteği hizmetleri ile ilgili raporları günlük olarak oluşturulur ve gönderilmesi sağlanarak, arıza durumunda müdahale edilir. Baca gazı Emisyon Ölçüm sisteminin düzgün ve sürekli çalışması sağlanarak, arıza durumunda müdahale ederek arızanın giderilmesi sağlanır.

6.2.2 Türbin bakım servisi

Türbin Bakım servisinde görev alan baştеknisyen ve ustabaşının sorumlulukları diğer servisler ile idaresel olarak aynıdır.Serviste görev alan diğer çalışanların pozisyonlarına göre sorumlulukları ise aşağıda yer aldığı gibidir.

Türbin Ustası servis baştеknisyeni ve ustabaşı tarafından verilen iş emirlerini, oluşturulmuş olan ekibi ile birlikte iş güvenlik tedbirini alarak görevini yerine getirmek.İşin gidişatı hakkında servis amirine bilgi vermekten sorumludur.

Türbin Usta yardımcısı baştеknisyen ve ustabaşı tarafından oluşturulan arıza ve bakım ekibi içerisinde çalışmak, ekip şefinin vereceği işleri yapmak ve yardımcı olmaktan sorumludur.

Kaynakçı Ustası baştеknisyen ve ustabaşı tarafından verilen iş emirlerini,ekibi ile birlikte yerine getirmek, yapılacak olan kaynak işlerini öngörülen prosedüre göre yapmak, yapılacak kaynak çeşidine göre elektrotunu seçmek, makine ve ekipmanlarını hazırlamaktan sorumludur.

Türbin Bakım servisine ait bakım görevleri aşağıdaki gibidir.

- Buhar ve gaz türbinlerinin revizyonlarını yapmak. HP ve LP hatlarında bulunan valf bakımlarını yapmak.
- Sistemde bulunan tüm santrifüj pompaların bakımını yapmak.
- Gaz türbinleri sıvı yakıt ve gaz hatlarındaki valf ve pompaların bakımını yapmak.
- Su tasfiyehanesinde valf ve pompaların peryodik ve genel bakımlarını yapmak. (Asit, kostik ve su hatları)
- Soğutma suyu sistemindeki döner elek, pompa ve filtre bakımlarını yapmak. Soğutma suyu borularının bakım ve onarımını yapmak.
- Yağlama sistemindeki tüm pompa ve valflerin bakım ve onarımını yapmak.
- Revizyon, genel bakım ve tamir çalışmalarında her türlü kaynak işlerini yapmak.

6.3 Plansız Bakımlar

İstanbul Doğalgaz Komine Çevrim Santralinde yaşanan plansız arızalarda aşağıda yer alan iş isteği bonosu ivedilikle İşletme Bakım Birimi tarafından işi yapacak

birime bildirilir. Bononun kayıt altına alınması bakımından bonoya numara verilmesi gerekmektedir. Ayrıca verilen bu kod daha sonrasında aynı arıza ile karşılaşılması durumunda bakım birimlerine yol göstermesi bakımından önem arz etmektedir.

İş isteği bonosu işi yapacak bakım servisinin Başmühendisine imzalatılarak teslim edilir ve bakım süreci başlar.Bakım Başmühendisi servis Başteknisyeni ile görüşerek ilgili iş için görevlendirme yapar. İlgili iş için gerekli ekipman ve yedek parça ambardan temin edilir ancak ambardan temin edilememesi durumunda bonoda yer alan ivedilik derecesine göre satınalma talebi işin sorumluluğunu alan birimin başteknisyeni tarafından Oracle sistemine girilir ve yöneticilerin sistem üzerinden onayına mütakıben satınalma işlemi başlar.Arızanın giderilmesi sürecinde İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tüm sorumluluk işin görevlendirildiği teknisyenin sorumluluğundadır. Gerekli tedbirlerin alınmaması ve bunların tesbiti durumu iş aktidinin sonlandırılması cezasına kadar gidebilmektedir.Arızanın giderilmesi sonucunda yapılan iş bonoda ilgili kısma doldurularak ilgili servis baş mühendisine imzalatılır ve İşletme Bakım servisi Başmühendisine imza karşılığında teslim edilir.İşletme servisi arıza ile ilgili bilgileri İşletme Bakım defteri kayıtlarına girer ve duruş saatlerini varsa üretilemeyen enerji miktarı vs. bilgileri teknik büroya iletir.

Şekil 6.2' de EÜAŞ İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline ait plansız bakım iş emri yer almaktadır.

E.Ü.A.Ş

AMBARLI FUEL OIL –DOĞAL GAZ KOMBİNE ÇEVRİM SANTRALI — **İŞ İSTEĞİ BONOSU**

BONO NO SU:	İVEDİLİK DERECESİ : 1 2 3	BONO TANZİM TARİHİ: SAAT:

YAPILACAK İŞ:	YAPILAN İŞ:

İŞ GÜVENLİĞİ	ALINAN İŞ GÜVENLİĞİ TEDBİRLERİ :	İŞ GÜVENLİĞİ TEDBİRLERİNİ ALAN VE KARTLAYAN ADI ÜNVANI İMZASI	KARTLARI KALDIRIP ÇALIŞTIRAN ADI ÜNVANI İMZASI
GEREKLİ GÜVENLİĞİ ALMADAN VE KARTLAMADAN İŞE BAŞLAMA		...../...../20..... SAAT:	...../...../20..... SAAT: .....

İŞİ İSTEYEN	İŞİ YAPACAK SERVİS		YAPILAN İŞİN
BÖLÜMÜ :	KAZAN BAKIM	☐	TAMAMLANDIĞI
	TÜRBİN (KOMPRESÖR) BAKIM	☐	TARİH : ...../...../20..... SAAT:.....
ADI SOYADI :	ELEKTRİK BAKIM	☐	BAKIM Baş. Tek. ADI ve İMZASI : .....
	ÖLÇÜ KONTROL	☐	
İMZASI :	KİMYA-LAB.	☐	BAKIM BAŞ. Müh. ADI İMZASI : .....
	İDARE-GARAJ-İNŞAAT-ATÖLYE	☐	

Şekil 6.2 : Plansız bakım iş emri.

6.4 Bakım Toplantıları

İstanbul Doğalgaz Santralinde planlı ve plansız bakımların değerlendirilmesi bakımından toplantılar yapılmaktadır. Gündem konuları İşletme Mühendisi veya İşletme Başteknisyeni tarafından madde madde okunur. İlgili konuda çalışmasını tamamlayan veya çalışmalarına devam eden servis başmühendisi arızaya ilişkin bilgileri ve arızaya ilişkin sürecleri diğer bakım personelleri ile paylaşır. Arızaya sebeb olan nedenler (techizat eskimesi, yanlış bakım, ihmal) üzerinde değerlendirmeler yapılır. Arızanın giderilmesi sürecinde yaşanılan aksaklıklar veya yaşanan engeller yönetim ile paylaşılarak daha sonra aynı sürecin yaşanmasının önüne geçilmiş olur.Bu toplantılar bakım servisleri arasında koordinasyonun sağlanması, ortak kararların alınması bakımından önem arz etmektedir. Servisler arasında oluşabilecek iletişim kopukluklarının da önüne geçmektedir. Şekil 6.3' de haftalık toplantı tutanağına ait bir örenek bulunmaktadır.

EUAŞ İstanbul
Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali

TARİH: 15.12.2014

DOĞAL GAZ SANTRALI BAKIM BİRİMLERİ TOPLANTI KARAR DEFTERİ

S.NO	KATILANLARIN ADI SOYAD	İMZA	S.NO	KATILANLARIN ADI SOYADI	İMZA	S.NO	KATILANLARIN ADI SOYAD	İMZA
1			10			4		
2			17			5		
3			18			6		

SAYI	GÜNDEM KONULARI VE YAPILACAK İŞLER	AÇIKLAMA	ÇALIŞMA YAPACAK SERVİS	İŞ BİTİŞ TARİHİ
1	ST 20 genaratör stator sargılarında sanyer ekibi çalıyor. Arızalı stator sargısı söküldü.		S.EKİBİ-EB.	
2	Kazan 32 de patlak boru onarımı yapıldı. (LP Kesimde 1 adet, HP kesimde 4 adet) Kazan 31 de patlak boru onarımı yapıldı. (HP kesimde 4 adet)		KZN BKM.	
4	11/12/2014 Deniz kenarı 1 Nolu SSP pompa bakıma verildi. T.Bkm çalışıyor.		-TB. -EB.	
5	ST 30 kazan 31 ana buhar hatı shutoff valfinden önceki ana buhar hattında T.Bakım çalışmaları devam ediyor. Kaçak olan yer kesildi yerine yama yapılacak parça hazırlandı.		T.BKM	
6	Deniz kenarı 5 NOLU elekte çalışmalar devam ediyor.		T.BKM	
7	00 BRU 02 2Nolu İnvertör servis harici. Bypass işletmede devam ediyor.		İŞLT.	
8	GT 31 Genaratör ikaz bloğu , genaratör çıkış ve ana trafo flexibil bağlantılarının bakım kontrolleri yapıldı.		ELEKT.BKM	
9	GT12 yük alırken 120MW tın üzerinde iken HUM alarmı geliyor.		İŞLT.	
10	GT32 Grub 380 kv fider ve bara ayırıcılarının bakım ve kontrolleri yapıldı. Açma - kapama testleri yapıldı normal.		ELEKT.BKM	
11	GT31 İlk yolvermelerde türbin hızı 2900 d/dk geri dönüyor . İkinci starta paralele giriyor. Ölçü kont arıza üzerinde yol verilirken çalışma yapacak.		ÖLÇ.KONT.	

Şekil 6.3 : Bakım toplantıları tutanağı.

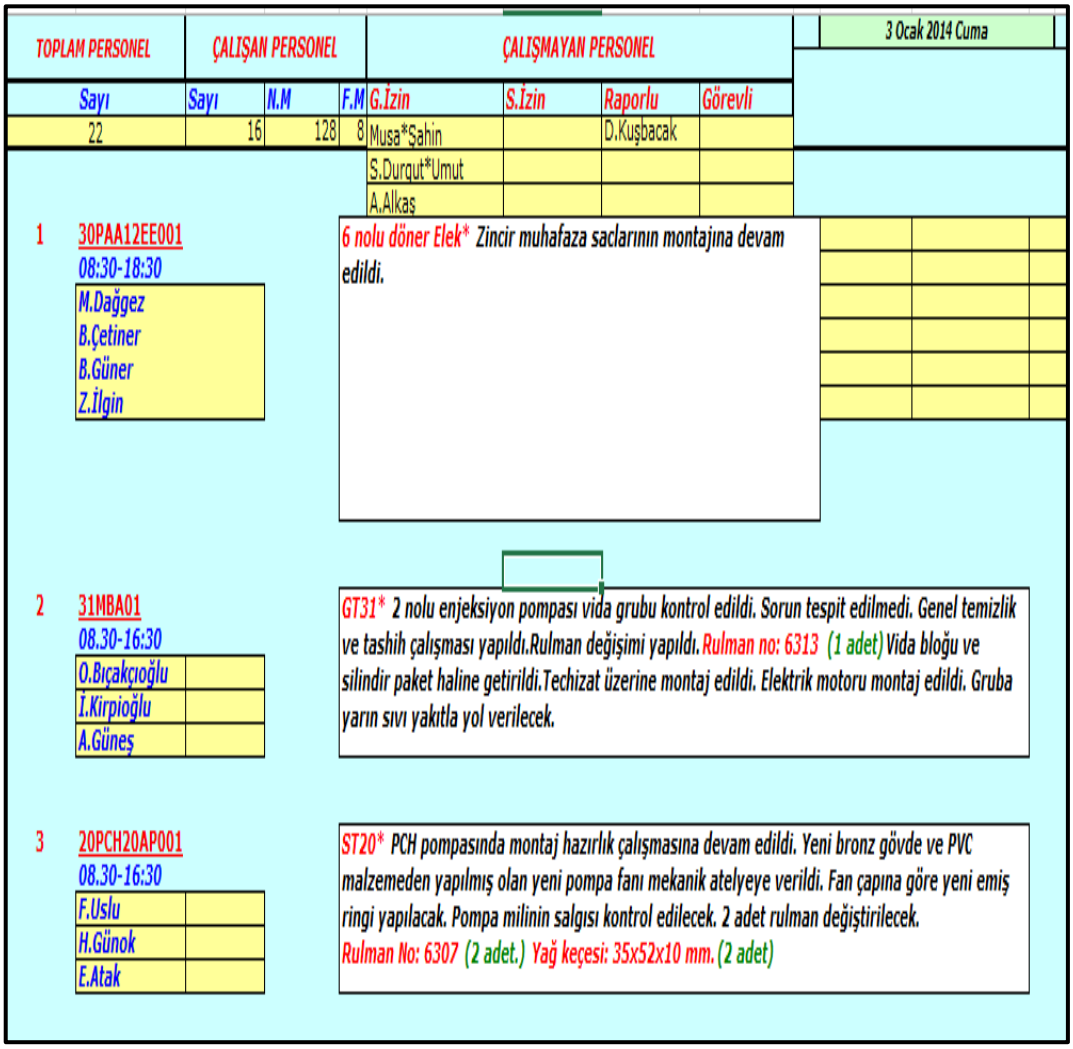
6.5 Bakım Servisleri Arıza Takip Tabloları

İşletmede yer alan bakım servisleri kendilerine verilen arızaları kayıt altında tutar. Bu formlar arızaların durumlarının takip edilmesi ve daha sonra bu tip arızalarla karşılaşılması durumunda nasıl bir müdahalede bulunulması gerektiğinin bilinmesi bakımından önem arz etmektedir.

Takip tablosunda belirtilen KKS işletmede yer alan techizatlara verilen kodlardır.Bu kod içerisinde arızanın yer aldığı bölüm ve hangi techizatta yaşandığı yer almaktadır.

Arıza bitiş açıklamasının detaylı olarak yazılması önemlidir.

Şekil 6.4' de işletmenin türbin bakım servisinin arıza takip dökümanlarına ilişkin tablolar bulunmaktadır.



TOPLAM PERSONEL	ÇALIŞAN PERSONEL			ÇALIŞMAYAN PERSONEL				3 Ocak 2014 Cuma
Sayı	Sayı	N.M	F.M	G.İzin	S.İzin	Raporlu	Görevli	
22	16	128	8	Musa*Şahin		D.Kuşbacak		
				S.Durgut*Umut				
				A.Alkaş				

1	30PAA12EE001 08:30-18:30 M.Dağgez B.Çetiner B.Güner Z.İlgin	6 nolu döner Elek* Zincir muhafaza saclarının montajına devam edildi.	
2	31MBA01 08.30-16:30 O.Bıçakçıoğlu İ.Kirpioğlu A.Güneş	GT31* 2 nolu enjeksiyon pompası vida grubu kontrol edildi. Sorun tespit edilmedi. Genel temizlik ve tashih çalışması yapıldı.Rulman değişimi yapıldı. Rulman no: 6313 (1 adet) Vida bloğu ve silindir paket haline getirildi.Techizat üzerine montaj edildi. Elektrik motoru montaj edildi. Gruba yarın sıvı yakıtla yol verilecek.	
3	20PCH20AP001 08.30-16:30 F.Uslu H.Günok E.Atak	ST20* PCH pompasında montaj hazırlık çalışmasına devam edildi. Yeni bronz gövde ve PVC malzemeden yapılmış olan yeni pompa fanı mekanik atelyeye verildi. Fan çapına göre yeni emiş ringi yapılacak. Pompa milinin salgısı kontrol edilecek. 2 adet rulman değiştirilecek. Rulman No: 6307 (2 adet.) Yağ keçesi: 35x52x10 mm. (2 adet)	

Şekil 6.4 : Türbin bakım arıza takip tablosu.

6.6 Periyodik Bakım Uygulamaları

İşletmede yer alan 6 adet gas türbini için eşdeğer işletme saatine bağlı olarak planlanan periyodik bakım uygulamaları aşağıda yer almaktadır.Bu bakım planı türbin bakım servisi tarafından yerine getirilmektedir.

6.6.1 Gaz türbini periyodik bakım planı

Çizelge 6.1 : Gaz türbini periyodik bakım planı.

Bakım Tipi	Eşdeğer İşl. Sa.	Konrol Ve Bakım Yapılacak Yerler
Yanma odası kontrolü	2000	Yakıcılar Flame tube (Yanma tübü) - Tuğla, tutucu, cıvatalar, tavan sacı Mixing chamber (Karışım hücresi) - Aşınma çatlak kontrolü ve tamiri İnner casing (Giriş kısmı) - Aşınma çat. kont. ve tam.
Minör inspection (Küçük Bakım)	4000	Türbin ve kompresör sabit ve hareketli kanatları kontrolü ve kleranslarının alınması Kompresör hava emiş kanalı ve egzost kanalı aşınma çatlak ve genel kontrolü gerekli tamir çalışması
Major inspection (Büyük Revizyon)	33000	Komple GT demontaj ve montajı Aşınma, çatlak, eskime, piting, korozyon, erozyon, bakımı tamiri, yenilenmesi Rotor 1. ve 2. kanatların yenilenmesi Stator 1. ve 2. kademe kanatların kaplanmış olanlarla değiştirilmesi

6.6.2 Periyodik Testler

Her grup çıkışında periyodik olarak yapılan testler aşağıda yer almaktadır.

Gaz türbinleri yanma odaları yakıcı valfleri açma kapama testleri Gaz Türbinleri yanma odalarında bulunan 6 adet yakıcı valf aktüatörleri her grup çıktığında el cihazı ile açma kapama testi yapılır.Bir kişi el aleti ile ilgili kart üzerinden aktüatörü açarken diğer bir kişi yerinden gözle izleme yapar.Aktüatör açtığında açık kontak bilgilerine bakılır yerindende herhangi bir olumsuzluk yok ise aktüatör kapattırılarak kapalı bilgilerine bakılır.Bu test her aktüatör için en az üç defa uygulanır.

Gaz türbinleri by-pass bacası piston ve selenoidlerinin testleri By-pass bacası damperleri yerinden hava ile açtırılarak pistonlarda ve pnömatik sistemde hava kaçağı olup olmadığı kontrol edilir.Şayet olumsuz bir durum varsa gerekli müdahale yapılır.Selenoidlerin kontrolleri yapılır.El oto konumlarına bakılır. Hava tankları basınç kontakları göz kontrolü yapılır.

Gaz türbinleri by-pass bacası kontak kontrol ve testleri By-pass bacası K 1 ve K 2 damperlerinde bulunan %0 ve %80 kontakları (56 Adet) içleri açılarak göz kontrolü yapılır.Her kontağın rulmanları ve bağlantı soketleri kontrol edilir.kontakların herbiri yerinden el ile konum değiştirilerek ilgili modüllerden doğruluk testleri yapılır.

Yangın testleri yangın testi gaz türbinlerinde yanma odaları ,yağ tankı üstü ve türbin arka yatağı için,buhar türbinlerinde ise yağ tankı odası için yapılır.Ayrıca gaz ve buhar türbinleri ana trafo,yardımcı trafo için de yangın testleri yapılır.Gaz türbini yangın testlerine başlanmadan için karbondioksit tüplerinde bulunan mandal sökülerek tüpler emniyete alınır.Yanma odalarında ve yağ tankı üzerinde bulunan yangın sensörleri tek tek ısıtılarak doğruluk testleri yapılır ve yangın alarm panosundan izlenir.Her yanma odasına ve yağ tankına ikişer tüp boşaltmak için mandal tüplere bağlanır,el pürmüzü vasıtasıyla yangın algılama sensörleri ısıtılarak fiili tüp boşaltma gerçekleştirilir.Mandallar tekrar sökülerek yangın ihbar butonları test edilir ve yangın alarm panosundan izlenir.Türbin arka yatağı sensörleri ısıtılarak test edilir ancak fiili tüp boşaltma işlemi gerçekleştirilmez.Aynı işlemler buhar türbini içinde uygulanır. Tüm testler bittikten sonra teste katılanlar ile tutanak hazırlanır.

6.6.3 Kalibrasyonlar

İşletmede yer alan ekipmanlar belirlenen aralıklarda kalibre edilirler ve Çizelge 6.2 de yer aldığı şekilde kayıt altına alınırlar. İşletmede servislerde bulunan ekipmanların kalibrasyon tabloları servis başteknisyenleri tarafından iş sağlığı güvenliği mühendisi ile birlikte koordineli olarak takip edilemektedir. Kalibrasyon zamanı dolan işletme ekipmanları kalibrasyon alanında akredite olan anlaşmalı bağımsız kurumlara gönderilmekte ve kalibrasyon işleminden geçtikten sonra kalibrasyon raporları ile beraber servislere teslim edilmektedir. İşletmeye teslim edilen kalibrasyon onaylı cihazlar daha sonra işletme ustaları tarafından testlere tabi tutularak kalibrasyonları ayrıca test edilmektedir.

Çizelge 6.2 : İşletme kalibrasyon tablosu.

KKS	Açıklaması	Kalibre Tarihi	Sonraki Kalibre Tarihi	Kalibre Değeri	Kalibrasyondan Önceki Değer	Kalibreyi Yapan
11MBA11CP001	Sörç Kontağı	20 Eylül 2015	20 Eylül 2016	30 mBAR	40 mBAR	F.Furuncu
11MBA11CP004	Sörç % Göstergesi	20 Eylül 2015	20 Eylül 2016	Normal	Normal	F.Furuncu
11MBL11CP010	Türbin Hava Giriş Kirli Kontağı	20 Eylül 2015	20 Eylül 2016	900 Pascal	850 Pascal	F.Furuncu
11MBL11CP010	Türbin Hava Giriş Kirli Kontağı	20 Eylül 2015	20 Eylül 2016	1100 Pascal	1000 Pascal	F.Furuncu
11MKA15CP010	Generatör Hava Giriş Kirli Kontağı	20 Eylül 2015	20 Eylül 2016	900 Pascal	Normal	F.Furuncu

6.7 Kestirimci Bakım Uygulamaları

Vibrasyon ölçümü; işletmede vibrasyon ölçümleri ilgili servisin talebi ile Ölçü-Kontrol Bakım Başmühendisliği tarafından yapılır.

Bir makinanın vibrasyonunu ölçmek için mutlaka analiz etmek istenen noktaya en yakın yerden ölçüm alınmalıdır. Zaman zaman şaseden de ölçüm almak gerekir. Bu şekilde, gevşemeler daha önceden fark edilebilir.

Ölçümler yatay, dikey ve aksiyal olmak üzere, 3 şekilde yapılır. İşletmede vibrasyon ölçümleri yataklarda belirlenen yerlerden CSI 2130 vibrasyon ölçüm cihazı ile alınır. Daha sonra elde edilen veriler analiz programına aktarılırak mühendis ve teknisyenler tarafından yorumlanır. Daha sonra yorumlanan analizler rapor halinde talep eden servise sunulur.İşletmeye 2015 yılında online vibrasyon izleme sistemi kurulmuştur.

6.7.1 Termal ölçümler

İşletmede her ay özellikle ana trafo ve yardımcı trafolardan termal ölçümler alınır. Termal görüntülerde yer alan aşırı ısınmalar görüntüleri alan teknisyen tarafından rapor edilir.Bu görüntüler işletmede yer alan termal kamera ile her ay

alınmaktadır.Şekil 6.5‘ de işletme trafo buşinglerinden alınan termal görüntüyü yansıtmaktadır.



Şekil 6.5 : Trafo buşingleri termal görüntü.

Çizelge 6.3: Termal durum izleme tablosu.

	Kontrol Noktası	Durum	Açıklama	Sonuç
11bat01	Ana Trafo Yg Buşingi	√		Arızasız
11bbt01	Yardımcı Trafo Og Buşingi	X	Aşırı Isınma	Bakım
12bat01	Ana Trafo Yg Buşingi	√		Arızasız
12bbt01	Yardımcı Trafo Og Buşingi	√		Arızasız
21bat01	Ana Trafo Yg Buşingi	√		Arızasız

6.7.2 Egzoz gazı sıcaklık ölçümü

Yanma sonucu oluşan ve atık ısı kazanına geçen egzoz gazı sıcaklığı sistemde verim analizi veya termodinamik analizin yapılması bakımından bir kestirimci bakım örneği olarak kabul edilebilir. Çizelge 6.4’ de GT çıkışlarında elde edilen sensörlerden okunan egzos gazı sıcaklık değerleri okunmaktadır.

Çizelge 6.4 : Egzoz gazı sıcaklık değerleri.

Grup	Sıcaklık	Yük	CT001	CT001	CT003	CT004	CT005	CT006	CT007	CT008
GT-11	27	136	522	568	570	568	546	526	611	620
GT-12	27	136	465	594	600	597	563	544	590	590
GT-21	28	133	502	570	585	596	556	522	620	633
GT-22	26	130	545	578	577	538	557	492	580	572
GT-31	25	122	474	540	577	565	527	562	580	558
GT-32	23	137	488	560	603	568	540	525	603	580

6.8 Bilgisayar Destekli Bakım Uygulamaları

6.8.1 Awocs

Otomatik iş emri kontrol sistemi santrallerdeki iş emirlerinde bulunan bilgileri yöneten bir sistemdir [11].

AWOCS şlemlerinin genel hedefi EÜAŞ santrallerinde iş emirlerinin planlanması, uygulanması ve raporlanmasının ram ve doğru olarak değerlemdirilmesi sürecinde iş emirlerinin yönetilmesidir.

İş emirleri düzeltici bakım ve koruyucu bakım olarak iki bölüme ayrılmaktadır.Düzeltici iş emirleri bakım veya onarım ihtiyacının gözlenmesi sonucunda tamamen santral elemeanları tarafından oluşturulurlar. Koruyucu bakım görevleri düzenli aralıklarla programlanırlar ve AWOCS programı bu görevler için iş emirlerini otomatik olarak hazırlar.

AWOCS yazılımı kullanıcılara iş emirlerinini Çizelge 6.5 da belirtildiği üzere sekiz durum seviyesinde izlemelerine olanak sağlar . Bu sayede kullanıcılar iş emirlerinin süreçlerini kontrol altında tutarlar. Bu durum seviyeleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Çizelge 6.5 : Awocs durum listesi.

Durum	Anlamı
1	İş emri girildi
2	Rapor eden Ustabaşı onayladı
3	Rapor eden başteknisyen onayladı
4	Sorumlu başteknisyen onayladı
5	Dağıtıldı
6	Tamamlandı
7	İptal edildi
8	Ertelendi

AWOCS yazılımı için yeni kullanıcılar kullanım kılavuzundan yararlanabildiği gibi program içerisinde yer alan yardım menüsü de kullanılabilir.

AWOCS yapısal olarak bir veritabanı ve işlemlerden meydana gelmektedir. Veritabanı değişik dosyalarda depolanmış bilgilerden oluşmaktadır. Dosyalara örnek olarak Donanım dosyasını ve İş emri dosyasını verebiliriz. İşlemler ise kullanıcının isteğine göre yazılımın takip ettiği talimatlardır. İşlemlere örnek olarak Seçme ve raporlamı verebiliriz. Seçme yazılımın hangi bilgileri birleştireceğini ve kulanıcıya sunacağını belirtir, rapor ise seçilmiş bilgilerin basılması emrini verir.

AWOCS kullanıcıların sistemdeki herhangi bir yazıcıdan çıktı almalarına, basılmış rapor formlarına alışmalarına ve herhangi bir AWOCS dosyasının birkaç veya birçok aşamasıyla ilgili rapor almalarına olanak veren raporlama işlemlerini de içermektedir. AWOCS'un veritabanında ihtiyaç duyulduğu sürece saklanan geçmişe ait bilgilerle ilgili raporlar da hazırlanabilmektedir. Böylece yöneticiler tarafından, geçmişe ait ve güncel bilgilerin özetlenmesi, eğilimlerin analizi veya veri elemanlarının sınırlı bir kısmı üzerinde çalışılması için ihtiyaca göre raporların tasarımları yapılabilir.

AWOCS çok kullanıcılı bir sistem olduğundan farklı kullanıcılar için uygun gizlilik seviyeleri bulunmaktadır. Sistem yöneticileri tarafından kullanıcılara yetki tanımlamaları yapılır. Bu yetkiler iş emirlerinin durum seviyelerini yükseltmeyi, verilerde uygun değişiklikleri yapmayı, referans ve donanım dosyalarına girmeyi, koruyucu bakım görevlerini oluşturmayı ve bu bakımların dönemlerini tayin etmeye olanak sağlar.

Yazılımda bir iş emri oluşturulurken, bir iş emrininn durumunu incelerken, bir arızanın geçmişini sorgularken sistemde kullanabileceğimiz veri elemanları aşağıdaki gibidir.

Bitiş tarihi İş emrinin kapatılış tarihinin girildiği kısımdır. Giriş tarihi iş emrinin açılış tarihinin girildiği kısımdır. Donanım kodu işletmede tanımlı ekipmanlara ait kodlamanın girildiği kısımdır. İş numarası yapılan işe verilen numaradır. Koruyucu Bakım Numarası otomatik olarak oluşturulan koruyucu bakım iş emrinin numarasıdır. Öncelik kodu girilen iş emrinin önceliği normal veya yüksek olarak değerlendirilerek girilir. Rapor eden servis iş emrinin girişini yapan servis, sorumlu servis iş emrini kaldıracak bakım ekibinin tanımlanmasıdır. Durum iş emrinin hangi aşamada olduğunun girildiği bölümdür.

Ancak işletmede kurulu AWOCS yazılımı zamanla ihtiyaçlara cevap verememektedir. Bu kapsamda işletmede bilgi işlemi servisi tarafından yeni bir bilgisayar destekli bakım programı oluşturulma çalışmaları devam etmektedir.

6.8.2 EÜAŞ BYS

İşletmenin yeni gereksinimlerini karşılamak amacıyla işletmede kurulması gündemde olan yazılımdır.Bu yazılım aşağıda yer alan amaçları içermektedir [14].

- Santral termik verimi, kapasite kullanımı ve emre amadelik oranlarının artırılmasına katkı sağlamak.
- Birim üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamak.
- Yöneticilerin iş ve personel takibini kolaylaştırmak.
- Malzeme maliyetlerini düşürmek.
- Profesyonel bir çalışma platformu kurmak.
- Santralda arızalardan, sarf malzemelere kadar herşeyin tek bir platformda kayıt altına alınmasını sağlamak.
- Veri kaybını engellemek ve veriye erişimi kolaylaştırmak.
- Raporlama ve analiz kapsamında kolaylık sağlamak.
- Teknolojiye adaptasyon sağlamak.

Yazılım EÜAŞ Genel Müdürlüğünde görevli mühendisler tarafından oluşturulmuştur. Yazılım şu ana kadar Bursa DGKÇS, Soma B TS ve 18 Mart Çan TS işletme müdürlüklerine kurularak devreye alınmıştır.

BYS Kurulum Aşamaları;

Bakım Altyapısının Oluşturulması

- Envanter Listesi
- Uygulama Ağaçları
- Bakım Talimatları
- Bakım Planlaması

Sistem Analizi

- Proje Kılavuzu
- Mevcut Durum Analizi
- Görev ve Yetkiler

Yazılım Entegrasyonu

- Test Veritabanına Aktarım ve Veri Kontrolü
- Kullanıcı Eğitimleri
- Devreye Alma

- Deneme İşletmesi ve İzleme
- İş Zekası Raporlama Sistemi

EÜAŞ BYS bakım yazılımının İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline kurulması için planlanan taslak proje planı aşağıda yer almaktadır.

Projenin ilk adımını envanter listelerinin hazırlanmasını kapsamaktadır. Bu adımda tüm ekipmanlara ait KKS kodu, ekipman adı başta olmak üzere verilen ekipman listesi şablonuna göre doldurulacaktır. Bu adımın sorumluluğunu saha ekipleri üstlenecektir. Envanter listelerinin kolay ve hatasız hazırlanabilmesi başta olmak üzere santralın dahil olacağı tüm süreçlerde projenin verimi artırması açısından Proje Yürütme Ekibi ile istişareli çalışabilecek santral ve bakım çalışmaları hakkında bilgi ve tecrübesi olan, excel bilgisi iyi seviyede 3-5 kişilik ekibin seçilmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca işletme döneminde sistemi takip edebilecek, gerektiğinde Proje yürütme ekibi ile meydana gelebilecek sorunları çözebilecek bilgisayar tecrübesi üst seviyede, mümkünse bilgisayar mühendisi en az 2 kişilik Saha adminlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Envanter listesinin hazırlanmasının ardından gelen basamak uygulama ağacının hazırlanmasıdır. Bu aşamada doldurulan envanter listelerindeki tüm ekipmanlar, üst ekipman-alt ekipman mantığına göre hiyerarşik olarak sıralanarak uygulama ağacı hazırlanacaktır. Proje yürütme ekibi tarafından yürütülecek bu kısımda her bir servise ait envanter listesinin eş zamanlı olarak planlanan sürede hazırlanması, hatalı ve eksik bilgi olmaması bu paketin belirtilen sürede sorunsuz bir şekilde oluşturulması ve yazılıma atılması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Hazırlanan uygulama ağacından sonra işletmede yapılacak işlem bakım talimatlarının hazırlanmasıdır. Proje yürütme ekibi tarafından ekipmanların bakım aşamaları, bakım periyotları, bakım tipleri, bakım için ihtiyaç duyulan işgücü, süre, malzeme ve yedek parça gereksinimi gibi bilgileri ihtiva edecek şekilde talimatlar hazırlanacaktır.

Bakım talimatlarının hazırlanmasının ardından geçilecek adım bakım planlamasının yapılmasıdır. Bakımlar santraldeki bakıma esas ekipmanların tespitinin ardından 14 planlama parametresi kullanılarak yöneylem araştırması teknikleri ile ekipman kritiklik seviyeleri belirlenecek ve santralın yıllık çalışma takvimi göz önüne alınarak periyodik ve revizyon bakımlar planlanacaktır. Bakım planlaması proje yürütme ekibi ile saha ekibinin beraber çalışması ile yapılması gerekmektedir.

Bakım planlamalarının yapılmasının ardından yapılacak adım İşletmedeki görev ve yetkilerin belirlenmesidir. BYS kapsamında sistem kullanımı açısından yetkiler ile iş talebi ve iş emri akışları santralın istekleri doğrultusunda düzenlenerek dokümante edilecektir.

Görev yetkilerinin belirlenmesinin ardından kullanıcılara verilecek eğitim planlanacaktır. Santralın belirlediği sistem kullanıcılarına BYS yazılımının kullanım detayları kullanıcı yetkilerine uygun sınıflandırma yapılarak ayrı ayrı 4-5 saatlik süreler dahilinde yaklaşık 25-30 saatlik bir eğitim programı ile verilecektir.

Kullanıcı eğitiminin ardından sistemin devreye alınması adımına geçilecektir. Analiz ve altyapı iş paketleri neticesinde elde edilen veri, bilgi ve belgeler BYS yazılımının formatına uygun hale getirilecek ve sistem santralda devreye alınarak deneme işletmesine başlanacaktır.

Son adım ise sistem envanter listesinin hazırlanmasıdır. EÜAŞ İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde envanter listesi tablosunda aşağıdaki veriler dikkate alınmaktadır [14].

- Sıra No, KKS Kodu, İlgili Servis
- Ekipman tipi
- Ekipman ismi
- Lokasyon, Marka/Model
- Karakteristik
- Bakıma yönelik midir?
- Bakım yapılmadan önceki şartlar nedir?
- Arıza sonrası olası sonuçlar nedir?
- Yağlama-temizlik yapılır mı?
- Sistemde yedeği var mı?
- Statik-Dinamik-Elektriksel-Ölçüm elemanı mı?
- Arıza tespit edilebilirlik durumu nedir?
- Revizyon bakım gerektirir mi?
- Gerçekleşen arıza periyodu nedir?
- İlave iş gerektirir mi?
- Arızayı gideren personel konumu nedir?
- Ambar yedeği var mı?

Çizelge 6.6' de bir ekipmanın tanımlanmasına yönelik seçenekler açıklanmıştır.

Çizelge 6.6 :BYS ekipman tanımlamaları.

Bakıma Yönelik midir?	Bakım Yapmadan Önceki Şartlar nedir?	Arıza Sonrası Olası Sonuçlar nedir?	Yağlama-temizlik yapılır mı?	Sistemde Yedeği var mı?
Evet Hayır Start öncesi kontrol	Blok Duruş Ünite Duruşu Yedeksiz Bakım Duruş Gerektirmez Süreye göre duruş gerekebilir	Blok Duruş Ünite Duruşu Yedeksiz Çalışma Yük Düşümü Arıza Büyür-İlişkili Ekipman Hasar Güvenliğe zarar verir Eksik Görev Akışkan Sarfiyatı Artar Start vermede problem Uzun süreli arızada blok duruşu	Gerekmiyor Temizlik Yağlama Yağlama-Temizlik	Evet Hayır

Çizelge 6.7 :BYS arıza tanımlamaları.

Statik-Dinamik-Elektriksel-Ölçüm Elemanı mı?	Arıza Tespit Edilebilirlik durumu nedir?	Online - Seyyar Ölçüm var mı?	Revizyon Bakım Gerektirir mi?	Gerçekleşen Arıza Periyodu nedir?	Tahmini Arıza Giderme Süresi nedir?	Arıza Gideren	Çalışma öncesi ilave iş gerektirir mi?
Mekanik-Statik	Tespiti Kolay	Var	Evet	Ayda 1	2 Saatte az	İç Elemanlar	Evet
Mekanik-Dinamik	Tespiti Zor	Yok	Hayır	3 Ayda 1	2-8 saat	Dışardan Hizmet Alımı	Hayır
Elektriksel Ölçüm Elemanı				6 Ayda 1 Yılda 1 Uzun Süreli	1 hafta 1 günden fazla		

Yazılımda tanımlanan envanterlere bağlı olarak sistemde bakım talimatları oluşturulmuştur. Bu bakım talimatları işletme bakım servisleri baştekniyenleri tarafından oluşturulmuştur. Bu kapsamda diğer çalışanlar bu talimatlar doğrultusunda gerekli bakım prosedürlerini takip ederler.

Aşağıda İstanbul A DGKÇS Türbin Bakım Servisi tarafından bakımı yapılan Müssel Filtre ve Ölçü Kontrol Servisi tarafından bakımı yapılan transmitterlere ait bakım talimatları yer almaktadır [14].

Müssel Filtre Talimat İçeriği;

- Yapılacak bütün bakımlar iş güvenliği talimatlarına uygun olarak yapılır.
- Sistem işletme servisi tarafından elektriki ve mekaniki olarak izole edilir.
- Adam giriş kapakları açılır. Boru hattı içerisinde su varsa küçük dalgıç pompa ile boşaltılır. Temizlik yapılır.
- Mussel filtre sıyırıcısı ve redüktörde montajı yapılır. Hareket aktarma şaft ve mafsalı de montaj edilir. Rulmanlar de montaj edilir.
- Filtre tellerinden deforme olanlar varsa de montaj edilip yenisi takılır.
- Sıyırıcı çentiklerinden deforme olanlar yenileri ile değiştirilir.
- Rulmanlar yenilenir.
- Hareket aktarma mafsalı yenilenir.
- Redüktör kontrolü yapılır. Bakımı yapılır, yağı değiştirilir. Şaft redüktör arasındaki kaplin yenilenir.
- Hareket aktarma şaftı kontrol edilir. Sızdırmazlık yüzeylerinde deformasyon varsa değiştirilir.
- Montaj hazırlığı tamamlandıktan sonra bir şekilde montaj edilir. Servise alınır.

Çizelge 6.8 : Mussel filtre bakım talimatı.

Talimat Adı	Talimat Tipi	Periyot	Bakım Servisi	İşçi Sayısı	Çalışma Süresi (Dakika)
Mussel Filtre Bakım Talimatı	Periyodik Bakım	3	Türbin Bakım	5	1.440

Transmitter Talimat İçeriği;

- Transmitter kesicileri kapatılıp bilgi soketi sökülür.
- Transmitterin demontajı yapılarak atölyeye getirilir.
- Transmitterin genel bakım ve temizliği yapılır.
- Transmitterlerin set değerlerinin kontrolü yapılır.
- Transmittere basınç verilerek doğrulaması yapılır.
- Transmitterin montajı yapılır.
- Transmitterin bilgi soketi takılır.
- Transmitterin üzerinden 4-20 mA. Verilerek PLC ve scadadan kontrolü yapılır.

- Transmitterin kesicileri açılır.
- Transmitterin sıfırlaması yapılır ve işletmeye teslim edilir.

Çizelge 6.9 : Transmitter bakımı.

Talimat Adı	Talimat Tipi	Periyot	Bakım Servisi	İşçi Sayısı	Çalışma Süresi (Dakika)
Transmitter Bakım	Periyodik	5 Yıl	Ölçü Kontrol	2	120

Çizelge 6.8 ve 6.9 da işletmede yer alan müssel filtre ve transmitterlere ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.10: Ekipman arıza geçmişi.

12 LAB10 AA052

Aktüatörün İsmi	Etiket Bilgileri	Aktüatörün Yeri	Montaj Ve Demontaj İçin Kullanılan
Kazan 12 Hp Besleme Suyu Sistemi % 30'luk Kontrol Valfi Aktüatörü.	25A1506-2DL00-3FZ0-2QOA+B00 Tork: 80 Nm	3.Kat 51-52 Arası	Aletler 17 Açık Ağız Anahtar 6 Alyan
Rulman Ölçüleri	O-Ring Ölçüleri	Keçe Ölçüleri	Açıklama
3302 (2 Adet) 16011 (1 Adet) 1604 (1 Adet) 6004 (1 Adet)	8,75x1,80 (2 Adet) 13,00x1,5 (2 Adet) 90x2,00 (1 Adet) 54x2,50 (1 Adet) 55x4,00 (1 Adet) 79x3,50 (1 Adet) 50x4,00 (1 Adet)	Keçe kullanılmıyor.	1 Litre Yağ kullanıldı.
Tarih	Yapılan Çalışmalar		Kullanılan Malzemeler
8.3.2015	Aktüatörün komple bakımı yapıldı. Boyası yapıldı. Tüm o-ringleri ve rulmanları yenileriyle değiştirildi.		Rulman O-ring

Yazılımda KKS kodu ile veya bilinen bir veri ile arama yapıldığında o ekipmana ait birçok veriye ulaşılabilmektedir. Aşağıda 12LAB10AA052 koduna sahip aktüatöre ait elde edilebilecek veriler ve o ekipmana ait arıza geçmişi görülmektedir. Bu verilere tek merkezden ulaşılabilmesi özellikle daha sonraki bakım ekiplerine çalışma alanında daha doğru müdahale imanı sunacaktır. Bakım personeli ekipman geçmişi ve o ekipmana ait bakım talimatlarını kullanarak sisteme müdahale edebilir.

6.9 Performans İzleme Sistemi (PERİDSİS)

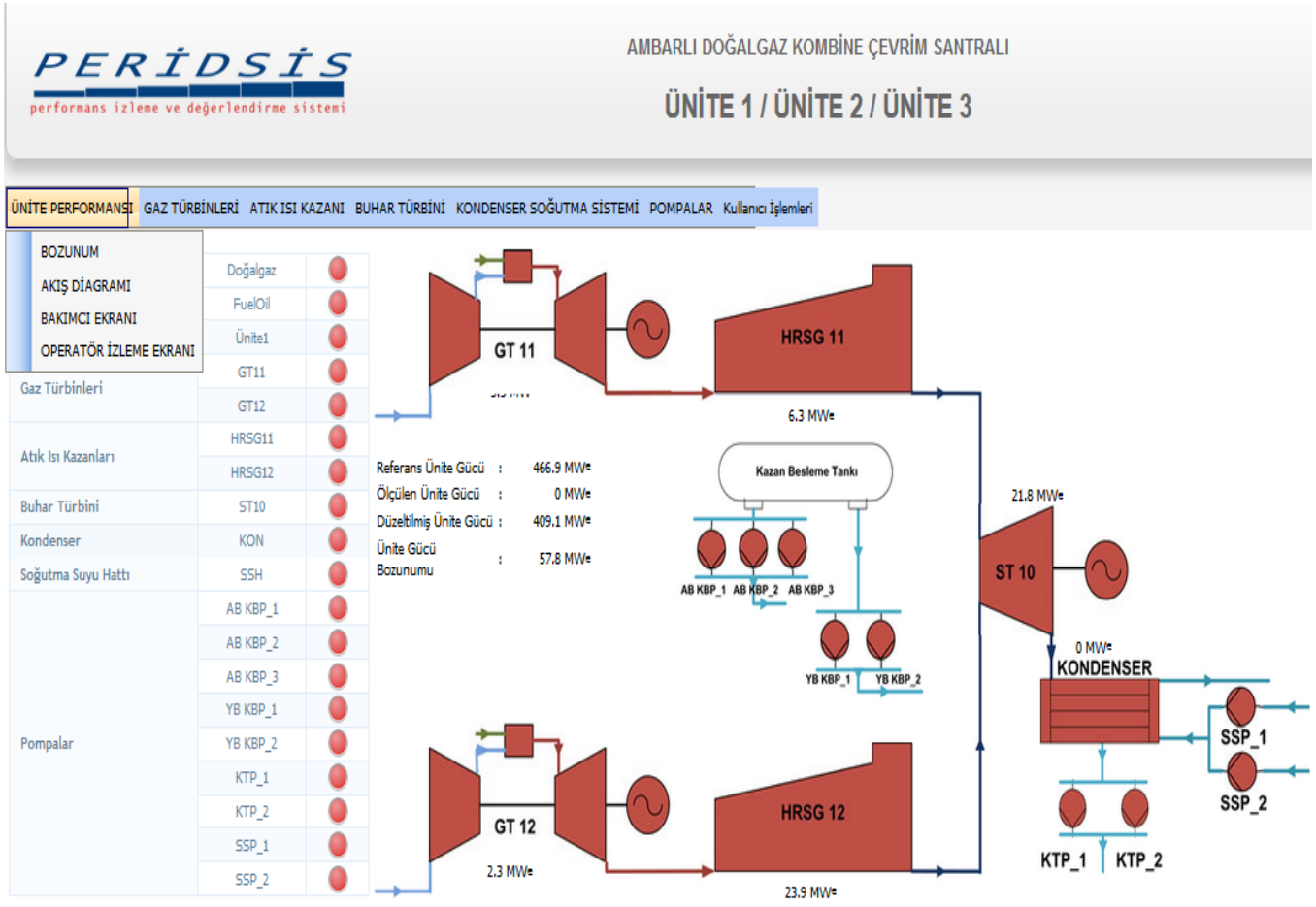
Performans izleme sistemi (PERİDSİS) yazılımı EÜAŞ-TÜBİTAK-YTÜ işbirliğinde İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline kurularak devreye alınmıştır. Yazılımın amacı ünitenin performansını arttırmak için, işletme performansını etkileyen parametreleri ölçerek izlemek, elde ettiği verileri referans değerlerle karşılaştırılmasını sağlamaktır. Ayrıca performans izleme sistemi yardımıyla operatörün ekipmanlar üzerindeki değişimi gözlemleyerek gerekli planlı bakım programlarının oluşturulması hedeflenmektedir [15].

Projenin uygulanmasında izlenen süreç aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

- İşletmeye izleme sisteminin altyapısını oluşturacak PI sistemi kurulmuştur. Böylelikle sistemden elde edilen veriler tek bir merkezde toplanarak analizlerinin yapılması kolaylaştırılmıştır.
- Sistem performansını etkileyen ölçüm noktaları belirlenmiş ve bu ölçüm noktalarından gerekli verileri alabilmek için kullanılacak ekipmanların montajları yapılmıştır.
- İşletmenin mevcut çalışma durumu sanal ortamda simüle edilerek dizayn çalışma durumları ile doğrulanmış ve techizatlar (pompa, gaz türbini, atık ısı kazanı vb.) için düzeltme eğrileri elde edilmiştir. Bu eğrilerden elde edilen düzeltme faktörleri kullanılarak toplam ünite ve ekipman bazında belirlenen performans parametrelerini, bozunumları, ekipmanların toplam bozunum içerisindeki paylarını, ekipman bozunumlarının saatlik maliyetini ve etki-çözüm analizini içeren gerekli algoritmalar oluşturulmuş ve PERİDSİS yazılımı geliştirilmiştir.

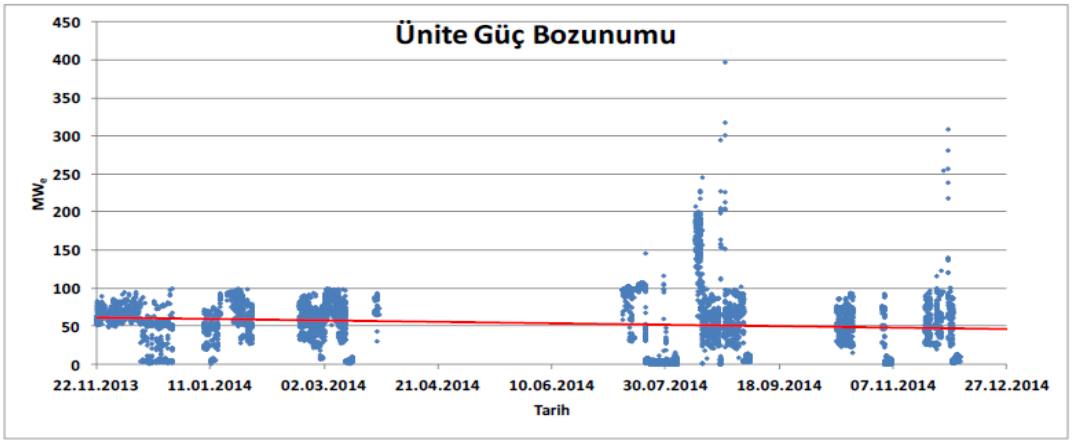
PERİDSİS projesi işletmede GT11,GT12 ve ST10 dan oluşan 1 numaralı kombineye uygulanmıştır ve projenin işletmede kullanılabilirliğine bağlı olarak diğer kombinelere de uygulanması düşünülmektedir.

İşletmede kurulan ekipmanlardan elde edilen verilerin PERİDSİS üzerinden analiz edilmesine bağlı olarak elde edilen bilgilere göre gerekli kestirimci bakım planlamaları yapılabilmekte ve arızaların oluşumunun ve plansız duruşların önüne geçilmesine imkan sağlamaktadır.Şekil 6.6’ da PERIDSIS yazılımın genel görüntüsü,akış diyaramının görseli ve alt indeksleri yer almaktadır.



Şekil 6.6 :PERİDSİS yazılımının genel görüntüsü

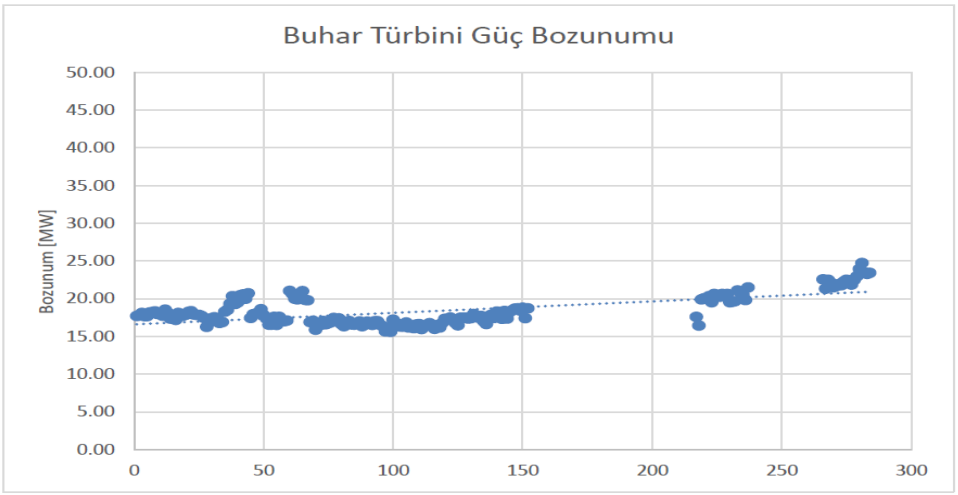
Sistemden elde edilen verilere bağlı olarak oluşturulan bazı grafikler ve raporlar aşağıda yer almaktadır. Ünite Güç Bozunumu bakımından Şekil 6.7'de yaklaşık 1 yıllık elde edilen verilere bağlı olarak oluşturulmuş 1 nolu kombineye ait ünite güç bozunumu yer almaktadır.Sistemden elde edilen 1 yıllık bozunum grafiği incelendiğinde ünite güç bozunum verilerinin dönemsel olarak ünite bakımları, sabit veri akışı olmaması, OPC sunucusunun duraksaması vb. gibi nedenlerden dolayı kesintili olduğu görülmektedir.



Şekil 6.7 : Uzun vade ünite güç bozunumu.

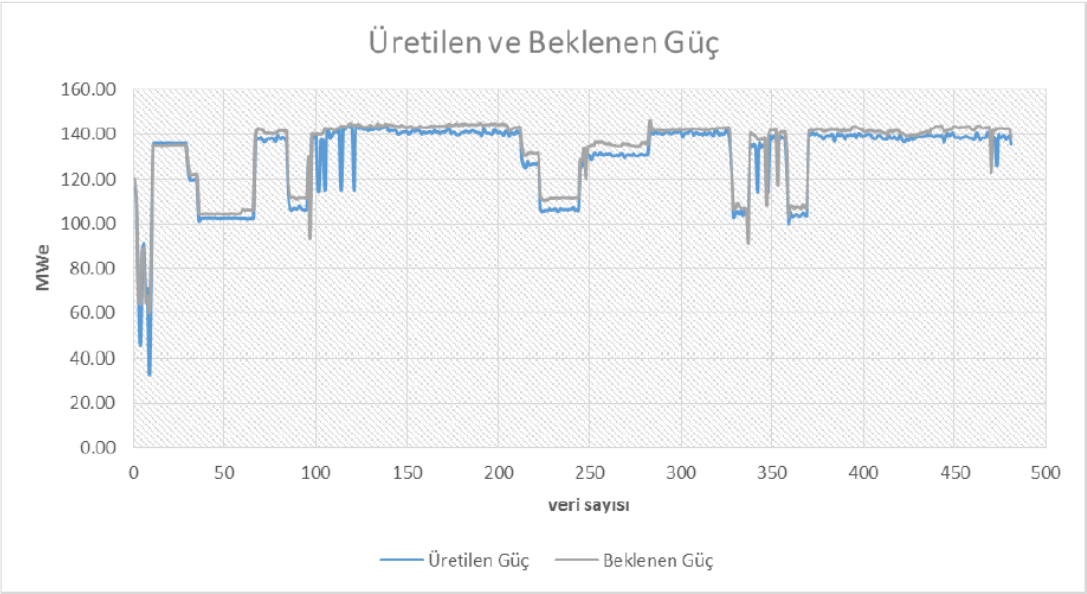
Verilerin daha stabil olduğu dönemin incelenmesi durumunda kombinenin güç bozunumu yaklaşık olarak 65 MWe olarak gözlemlendiği görülmektedir.

Buhar Türbini Güç Bozunumu bakımından yine aynı dönemde elde edilen verilerden Buhar türbini ST10 da gerçekleşen bozunumun 18-22 MWe olduğu Şekil 6.8'de gözlemlenmektedir.



Şekil 6.8 : Buhar türbini güç bozunumu.

Gaz Türbini Güç Bozunumu açısından GT11 de gerçekleşen güç bozunumunun yaklaşık 2 MWe olduğu Şekil 6.9'da görülmektedir.



Şekil 6.9 : Gaz türbini güç bozunumu.

Pompa Bozunumları işletme Atık Isı Kazanlarında yer alan Kazan Besi Pompalarındaki veri kayıpları ve bu kayıpların işletmeye maliyeti PERİDSİS üzerinden takip edilebilir.Aşağıda yer alan verilerden de gözlemlendiği üzere kazan besi pompasındaki verim düşüşünün işletmeye maliyeti yaklaşık 45 bin TL olarak hesaplanmaktadır.

İşletmede her bir kombine için biri esas diğeri yedek olmak üzere 2 adet kazan besi pompası bulunmaktadır. Bu kapsamda işletmede toplamda 3 adet sürekli çalışan KBP bulunmaktadır.

Sistemden elde edilen verim düşüşüne bağlı olarak ortaya çıkan maliyet hesabına bağlı olarak kazan besi pompasında yapılacak revizyonlar veya yenilemelerin işletmeye geri dönüşümü hesap edilerek gerekli maliyet çalışmaları yapılabilir.

Etki çözüm analizleri kısmında sistemde elde edilen verilere bağlı olarak oluşturulmuş etki çözüm analizleri operatörlere önerilerde bulunmaktadır. Şekil 6.11' den görüleceği üzere Gas türbinlerinde yer alan ince ve kalın filtreler arasındaki basınç farkına bağlı olarak yazılım kullanıcısına filtrelerin değişimini önermektedir.İşletmelerin bu kapsamda sistemden elde edilen etki çözüm analizlerini dikkate alarak gerekli bakım programlamalarını yapmaları beklenmektedir. Etki çözüm analizleri bu kapsamda işletmeye yardımcı olmaktadır.

YB KBP1 YB KBP2

Pompa Çalışma Yükü : %71.3

Çalışma Nok. Debi	Ölçülen	kg/s	114.0
	Beklenen	kg/s	146.0
	Bozunum	kg/s	32.0
		%	21.9
Çalışma Nok. Verim	Ölçülen	%	56.8
	Beklenen	%	77.0
	Bozunum	Fark %	20.2
		Oran %	26.2
Opt.Noktadaki Debi	Test	kg/s	160
	Beklenen	kg/s	125.0
	Bozunum	kg/s	35.0
Opt.Noktadaki Verim	Test	%	81
	Beklenen	%	59.8
	Bozunum	%	21.2
Saatlik Enerji Kaybı		kWh	389.0
Saatlik Bozunum Maliyeti		TL/h	62.2

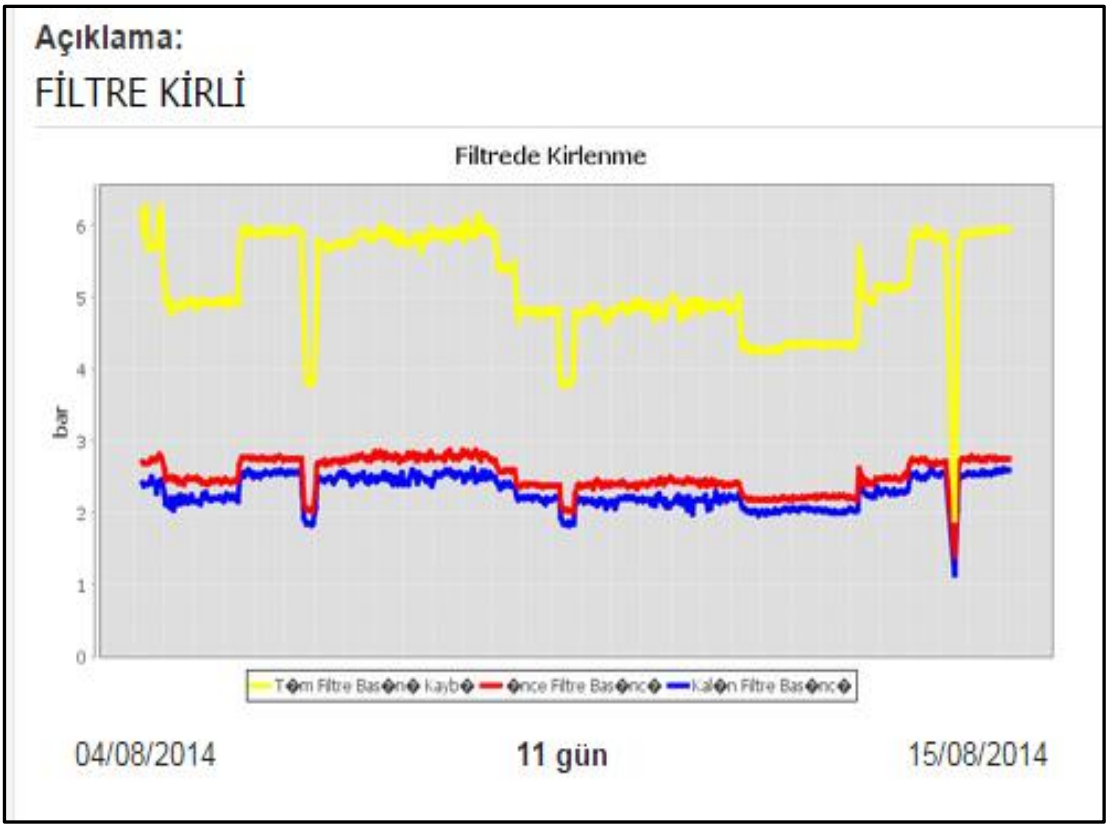
İlk Tarih 01/01/2014

Son Tarih 20/11/2014

Hesapla

Toplam Bozunum Maliyeti	TL	44741

Şekil 6.10 :KBP bozunumları.



Şekil 6.11 : Etki çözüm analizi.

6.10 Revizyonlar

Ülkelerin gelişmeleri ve popülasyonlarının artmalarına bağlı olarak enerji ihtiyaçları sürekli olarak artmaktadır. Artan enerji taleplerini karşılamak için yeni enerji santrallerinin kurulmasının yanı sıra mevcut enerji santrallerin de performanslarının artırılmasına gidilerek talebin bir bölümünün karşılanmasına olanak sağlanmaktadır. Özellikle daha az yatırım gerektirecek kapasite artışı pik yüklerin karşılanmasında büyük oranlarda katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda özellikle kamu santrallerinde yenilerinin kurulması yerine rehabilitasyonlarla yük artışı ve ömür uzatılmasına önem verilmektedir. Türkiye'deki uygulamalarda ekonomik ömrü 25-30 yıl olan kombine çevrim santralleri rehabilitasyon, yenileme ve modernizasyon çalışmaları ile ömrünün 40 ve üstü yıllara çıkarılması planlanmaktadır[11].

Diğer taraftan sektörün önemle dikkat ettiği diğer bir husus da kaynakların kullanımı ve sera gazı emisyonlarıdır. Bu kapsamda çevresel etkileri azaltmak ve kontrol etmek için enerji verimini yükseltmek üreticilerin birincil amacıdır.Mevcut durumda kombine çevrim santrallerinin verimleri %59'lara kadar ulaşabilmekte, ayrıca kojenerasyon veya trijenerasyon uygulamaları ile bu verimler %85'lere yükseltilebilmektedir.

Özellikle yeni kurulan santrallerde verimlilik konusunda çalışmalara önem verilmektedir. Bu kapsamda özellikle aşağıda bahsedilen teknolojilerin santrallere uygulanmasına çalışılmaktadır.

- Mümkün olan en yüksek buhar basıncına ve sıcaklığına ulaşarak buhar çevriminin verimi arttırılması
- Soğutma suyu sıcaklığının en aza indirilmesi
- Besleme suyunun ön ısıtma işlemi görmesi
- İç enerji tüketiminin düşürülmesi
- Kazan besleme suyunun ön ısıtma prosesinden geçirilmesi
- Kanat geometrisinin daha yüksek verim alınabilir hale getirilmesi.

İstanbul (A) Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde yeni teknolojilerin uygulanmasından ziyade revizyon ve upgrade uygulamaları yapılmaktadır. Özellikle atık ısı kazanlarında yer alan demineralize suyun geçtiği boruların değiştirilmesi, gaz türbinlerinde yer alan türbin ve kompresör kanatlarının değiştirilmesi, yanma odaları içerisinde yer alan tuğlaların değiştirilmesi, stator ve rotor yüzeylerinin

temizlenmeleri ve sargılarının bakımlarının yapılması şeklinde olmaktadır.İstanbul (A) Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde yer alan ünitelerin temeli 01.10.1987 tarihinde atılmıştır. Aynı ünitelerin ilk yol verme tarihleri ise Çizelgede 6-11'da yer almaktadır.

Çizelge 6.11 : İşletme yol verme tarihleri.

Ünite Adı	GT 11	GT12	ST10	GT21	GT22	ST20	GT31	GT32	ST30
Yol verme Tarihi	09.08.88	20.08.88	20.09.90	24.09.88	17.11.88	24.01.91	02.06.89	02.06.89	27.02.91

İşletmenin devreye alınmasından itibaren özellikle gaz türbinlerinde dönem dönem revizyonlar yapılmaktadır. Gaz türbinlerindeki revizyonların tarihleri ve yapıldığı tarihteki eşdeğer işletme saati aşağıda yer alan tablo da yer almaktadır.Kuruluşunda her üç blokta gaz türbinlerinin çıkış gücü 3.000 devirde 138,8 MW olarak montajı yapılmıştır. Ancak 2005 yılında A Ünitesindeki upgrade çalışması ile güç artırımına gidilmiş A1 ünitesinde 5,6 MW'lık artışla 144,4 MW'a A2 ünitesinde ise 7 MW'lık artışla 145,8 MW'a ulaşılmıştır.

İstanbul Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde imalatçının tavsiyeleri doğrultusunda ;Gaz türbinlerinin her 8.000 çalışma saatinde yanma odaları kontrolleri periyodik olarak yapılmaktadır. Bakım zamanı gaz türbini durdurularak yanma odaları açılmakta yakıcılar ve sıcak gaz yolları kontrol edilmekte hasarlı olanlar değiştirilmekte veya tamir edilmektedir.

İmalatçı firma; B1, B2, C1 ve C2 numaralı gaz türbinlerinin bakımlarının 33.000 eşdeğer işletme Saat'inde; A1 ve A2 numaralı gaz türbinlerinin büyük bakımlarının 41.000 eşdeğer işletme saatin'de yapılmasını istemektedir. A1 ve A2 gaz türbinleri upgrade edilerek malzeme mukavemetlerinde değişiklikler yapıldığından büyük bakım süreleri de uzamıştır.Üçüncü büyük bakımda türbin ve kompresör kanatlarının büyük kısmı değişmektedir. Periyodik olarak yapılan bu bakımlar neticesinde türbinlerin zamana bağlı eskimeler ve aşınmalar neticesiyle verimlerinin düşmesi engellenerek genel tesis veriminin sabit kalması sağlanmaya çalışılmıştır.İşletmenin bir kamu kurumu olması ve belirli limitlerin üzerindeki yatırımların Kamu İhale Kurumu'nun kuralları doğrultusunda yapılması gerektiğinden kanat alımları, atık ısı kazanı borularının alınması gibi yüksek meblağlardaki yatırımlar bu revizyonların

zamanında yapılmasını geciktirmektedir. İşletme revizyon tarihleri Çizelge 6.12' de yer almaktadır.

Çizelge 6.12 :İşletme revizyon tarihleri.

Bölüm	Revizyon Tarihi	Eşdeğer İşletme Sahibi
GT11	1994	39,768
GT11	1999	84,830
GT11	2005 (UPGRADE)	134,440
GT11	2014	173,069
GT12	1993	29,978
GT12	1998	69,120
GT12	2005 (UPGRADE)	129,153
GT12	2014	168,553
GT21	1997	66,026
GT21	2003	115,020
GT21	2009	162,056
GT22	1993	35,292
GT22	2000	86,306
GT22	2004	120,594
GT22	2011	175,650
GT31	1995	38,464
GT31	2000	75,004
GT31	2006	113,507
GT31	2013	162,531
GT32	1996	37,071
GT32	2001	73,822
GT32	2003	82,866
GT32	2008	110,889

6.10.1 Gas türbini rehabilitasyonları

6.10.1.1GT 11 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1999 yılında meydana gelen kaplin arızası sonucu 4 numaralı yatak vibrasyonu yükselmiştir. Balanslamanın netice vermemesi üzerine kaplin ayarı yapmak ve 3-4 numaralı yatakları kontrol etmek amacı ile ünite servis dışı bırakılmıştır. 4 numaralı yatak raspalanmış ve yatak boşluğu alınmıştır. 3 numaralı yatağın boştayken ölçüleri alınarak yatak kaidesi yukarı kaldırılmış, kaplin ayarı ve balanslama yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde makine ve ekipmanların çalışma güvenliği sağlanmış, santralin emreamadeliği yükselmiştir[11].

2000 yılında ünitenin gaz türbini trip etmiş, sonrasında akü besleme sistemi (DC sistem) devreye giremediğinden enerjisiz kalan grupta yağ pompası çalışmamış, makine 3000 rpm'de sıkışarak durmuştur. Türbin kademe kanatlarında hasarlanan

kanatlar değiştirilmiş, yataklar da kontrol edilerek gerekli görülenler değiştirilmiş veya onarılmıştır.

2001 yılında yakıcı arızası meydana gelmiştir. Sağ yanma odasındaki 1 ve 8 numaralı difüzyon yakıcı borularındaki kızarmadan dolayı türbin devre dışı edilerek yakıcılar değiştirilmiştir.

2004 yılında 1. kademe rotor kanadında hasar meydana gelmiş ve hasarlı kanat değiştirilmiştir.

2005 yılında upgrade çalışması yapılmış, GT büyük revizyonu sırasında güç artırımına gidilmiş ve 5 MW güç artırımı elde edilmiştir.

2007 ve 2008 yıllarında yakıcı arızası nedeniyle fuel-oil yakıcı göbeklerinde kızarma olmuş, yakıcılar değiştirilmiştir.

2010 yılında generatörün susturucusunda arıza meydana gelmiş, generatörde minör bakım yapılarak arıza giderilmiştir.

2011 yılında türbin rotor ve stator kanat hasarı ve 4. kademe sızdırmazlık hasarı yaşanmıştır. Grubun kesin kabulü için Siemens uzmanları tarafından kontrol yapılmış, kanat ve sızdırmazlık hasarı tespit edilerek arıza giderilmiştir.

2012 yılında minör bakım yapılarak yanma odaları ve türbin son kademe kanatları kontrol edilmiştir.

6.10.1.2 GT 12 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

2000 yılında 1 ve 2 numaralı yatak vibrasyonunun yüksek seyretmesi nedeniyle kaplin ayarı ve balanslama yapılmıştır. Yataklarda herhangi bir arızaya rastlanmamıştır. Üretimin sürekliliği ve güvenirliliği sağlanmış, santralin emreamadeliği yükselmiştir [11].

2000 yılında premix yakıcı gaz dağıtım borusunun aşınarak delinmesi neticesinde sol yanma odasında 5 adet yakıcı ve flame tüp tavanı yanarak hasar görmüştür. Daha sonra hasarlı tavan değiştirilmiştir.

2000 yılında sağ yanma odasındaki yakıcıların flame tüp tavan sacı ringlerinde kızarmalar meydana gelmiş, tavan sacındaki delikler revize edilerek arıza giderilmiştir.

2000 yılında 1 ve 2 numaralı yataklardaki yüksek vibrasyon nedeni ile grup devre harici bırakılmıştır. Yapılan kontrollerde daha önceden de kırılma tespit edilen türbin rotoru üçüncü kademe kanatlarında kırılan kanat sayısında artış tespit edilmiştir. Balanslama yapılarak çalışmaya devam edilmiştir.

2001 yılında 1 ve 2 numaralı yatak vibrasyonunun yüksek seyretmesi neticesinde balanslama yapılarak arıza giderilmiştir.

2005 yılında revizyon amacıyla grup devre dışı bırakılmıştır. Ünitede 7,6 MW'lık güç arttırımı yapılmıştır. Yeni rotor, flame tüp, yanma odası üst kapağı, türbin stator kanatları, kompresör stator kanatları yenilenmiştir. Yapılan bu çalışma neticesinde üretimin sürekliliği ve güvenirliliği sağlanmış, gaz türbininin gücü ve santralin emreamadeliği yükselmiştir.

2005 yılında generatör rotoru değiştirilmiştir. Revizyon sonrasında genaratörde vibrasyon sürekli yükseldiğinden GT11 rotoru temizlenmeden GT12'ye monte edilmiştir.

2006 yılında yanma odası ve yakıcı kontrolü yapılmış ve 16 adet difüzyon yakıcısı değiştirilmiştir. Aynı çalışma esnasında 15 adet buji değiştirilmiş, sağ yanma odası 1,2,4,5,7,8 numaralı fuel-oil yakıcıları, kep, nozul ve sıvı yakıt geri dönüş borusu yenilenmiştir (Siemens).

2011 yılında türbin 4. kademe kanat segmanlarındaki deformasyon nedeniyle grup ara bakıma alınmıştır. Türbin stator 1 ve 4. kademe kanat segmanları değiştirilmiştir. Stator 4. kademe de 2 adet sızdırmazlık ringi tamir edilmiştir. Sağ yanma odasında 8 adet alt sıra ve 3 adet de üst sıra yeni dizayn tuğla değişimi gerçekleştirilmiştir.

6.10.1.3 GT 21 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

2004 yılında türbin stator 1 ve 2. kademe kanatlarında değişim yapılmıştır. Tamir ve kaplaması yaptırılan stator 1 ve 2. kademe kanatları revizyon esnasında gruba takılmıştır. Ancak yanma odalarının kontrolü esnasında stator kanatlarının hasarlandığı tespit edilmiştir. Netice olarak türbin stator 1 ve 2. kademe kanatları Siemens'den alınan orijinal kanatlar ile değiştirilmiştir [11].

2012 yılında ünitede ara bakım yapılmıştır. Türbin statorü 4. kademe sızdırmazlık ringleri hasarlandığından türbin 4. kademe stator kanat sızdırmazlık segmanları

komple yenilenmiştir. Türbin stator 4. kademe sızdırmazlık ringlerinden 2 tanesi eldeki çıkma ringler ile değiştirilmiştir.

6.10.1.4 GT 22 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1995 yılında kanat kırılması neticesinde minor bakım gerçekleştirilmiştir. Tuğla tutucu düşmesi sonucu 1. kademe 2 adet rotor kanadı hasarlanmıştır. Sağ yanma odası tuğla tutucusu ve gereken tuğlalar değiştirilmiştir [11].

Rotor 1. kademe ve 2. kademe kanatları; GT11'den çıkartılıp kumlanıp test edilen eski kanatlar ile değiştirilmiştir.

1996 yılında ünitede kanat kırılması yaşanmıştır. 2 adet tuğla tutucusu kırılmış ve iki adet tuğla, tutucuları ile birlikte yanma odasına düşmüştür. Neticesinde türbin yatağında meydana gelen vibrasyon ile türbin trip etmiştir. Rotor 1. kademe ve 2. kademe kanatlarında çok sayıda kırık 3. ve 4. kademe kanatlarında da hasar meydana gelmiştir. Yanma odası tuğla tutuculardа 2 modifikasyon gerçekleştirmiş olup, bütün tuğla tutucular ve tuğlalar değiştirilerek yenilenmiştir. Rotor birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü kademe kanatları da yenilenmiştir.

1998 yılında 3. kademe kanat kesimi ve sıvı yakıt modifikasyonu yapılmıştır.

2001 yakıcı arızası meydana gelmiştir. Premix yakıcı gaz dağıtım borusunun aşınarak delinmesi neticesinde sol yanma odasında 3 adet yakıcı ve yanma odası tavanı yanarak hasarlanmıştır, neticesinde ise tavan yenilenmiştir.

2002 yılında üst sıra tuğla pabuçlarına alev ulaşması neticesinde premix yakıcı borusunun iki tanesinde hasar tespit edilmiş, yakıcı boruları ve tuğlaları değiştirilmiştir.

2003 yılında yakıcı arızası meydana gelmiştir. Sağ yanma odasında 3 adet premix yakıcı ve yanma odası tavan saçları hasarlanmıştır. Hasar onarılarak türbin devreye alınmıştır.

2003 yılında K-ring arızası yaşanmış ve K-ring değiştirilmiştir.

2003 yılında GT21'e ait generatör rotoru kepleri sökülüp temizlik yapılmıştır. Bu rotor ve yataklar GT22'ye monte edilmiştir. Stator temizlenmiştir. Kaplin ayarı ve balans sonrası grup devreye alınmıştır.

2006 yılında türbin ara bakıma alınarak rotorunun 4. kademe diski ve inner casing değiştirilmiştir.

2008 yılında türbin rotor 4. kademe kanat diski damping yuvasında çatlak tespit edilmiş ve ara bakım yapılmıştır. Bakım esnasında B2'nin kanat diski A2'den demontaj edilmiş olan 4. kademe kanat diski ile değiştirilmiştir.

6.10.1.5 GT 31 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

2001 yılında türbin rotor 3. kademe kanatlarının kırılması sonucunda grup devre harici bırakılmış, 3. kademe kanatları yeni kanatlarla değiştirilmiştir [11].

2001 yılında ara bakım sonrasında grup devreye alındığında sol yanma odası premix yakıcı eridiğinden grup tekrar devre dışı bırakılmıştır. Premix yakıcı gaz dağıtım borusu ile yanma odası tavan ringi arasında tam sızdırmazlık sağlanacak şekilde borular tekrar ayarlanmıştır. Sol yanma odası 8 numaralı premix yakıcı hava yönlendiricisi ve tavan ringi değiştirilmiştir.

2005 yılında fuel-oil yakıcıları soğutma havası yetersizliği nedeniyle yanmıştır. Fuel-oil yakıcı dış gövdeleri eldeki çıkmalar ile değiştirilmiştir. Gaz türbin yakıcılarındaki 5 yollu valf yenisi ile değiştirilmiştir. Geri dönüş hatları yeniden yapılmıştır. A1 ünitesinden alınan çek valfler C1 ünitesine monte edilmiştir.

2006 yılında türbin rotor 1. kademe kanatları kırılmıştır. Türbin rotor 1. ve 2. kademe kanatları yeni kanatlar ile değiştirilmiştir. Rotor 3. kademede kırık olan 1 adet kanat değiştirilmiştir. İnner casing değiştirilmiştir. Generatör rotor kepleri demonte edilerek temizlenmiş ve gerekli onarımlar yapılmıştır.

2007 yılında grup revizyona alınarak inner-casing takılmıştır

6.10.1.6 GT 32 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1999 yılında generatör rotor toprak direncinin düşük olması nedeni ile grup devre dışı bırakılmış, sargı araları temizlenmiş ve kep içerisindeki fiberler yenilenmiştir [11].

2003 yılında hasarlı kanatlar ile çalışan makinede 1 numaralı yatak vibrasyonu ve sıcaklığı yükselmiş ve vibrasyondan dolayı makine trip etmiştir. Yapılan kontrol sonucunda hasarın büyük olduğu tespit edilmiş ve revizyon kararı alınmıştır. Yapılan

büyük revizyon sayesinde de üretimin sürekliliği ve güvenirliliği artmış, santralin emreamadeliği yükselmiştir.

2003 yılında generatör rotor toprak direncinin düşük olması nedeni ile grup devre dışı bırakılmıştır. GT22 generatörünün rotor ikaz ve türbin tarafı sargı muhafaza kepleri çıkartılmadan sargı araları temizlenmiştir. Kaplin ayarı sonrası balansa gerek olmadan grup devreye alınmıştır.

2013 yılında generatör rotor toprak direncinin düşük olması nedeni ile grup devre dışı bırakılmıştır. Kep sökümü sonrasında rotor sargılarını ikaz bileziklerine bağlayan bakır lamadan birinin koptuğu tespit edilmiştir. Kep iç izolasyonlar komple yenilenmiştir. Her iki kutba ait bakır lamalar yenileri ile değiştirilmiştir. Türbin yanma odaları kontrolü esnasında türbin rotor 1-2 kademe ile stator 1. kademe kanatlarının kırık olduğu tespit edilmiş, türbin açılarak hasarlı olan kanatlar MHI firmasından tamirden gelen kanatlar ile değiştirilmiştir.

6.10.2 Atık ısı kazanı revizyonları

Atık ısı kazanlarının borularında, konstrüktif yapısından kaynaklı, atmosferik şartlara bağlı olarak delinmeler olabilmektedir. Bu arızaları tamir etmek üzere kazan durdurulmak zorunda kalınmakta ve enerji kaybına sebep olmaktadır. Boru patlaklarının artması üzerine kazan boruları tamamen değiştirilmeye başlanmıştır. Böylece kazan boru patlaklarından dolayı olan duruşlarda ve enerji kayıplarında önemli miktarda azalmalar olmuştur [11].

Doğalgaz santralı atık ısı kazanlarında boru kaçakları genellikle alçak basınç buharlaştırıcı (Evaparator) kısmında daha çok dirseklerde olmak üzere borularda, yüksek basınç buharlaştırıcı (Evaparator) kısmında ise 15 metrelik boruların orta kısımlarında, yüksek basınç kızdırıcılarda, 1. Kademe kızdırıcıları ilk iki sırasında ve ayrıca Kondensat ısıtıcılarında meydana gelmektedir.

Kazan borularındaki patlaklar sırasında santralde saf su kaybı olmaktadır. Ancak enerji ihtiyacının yüksek olduğu hafta içi saatlerinde su kaybı ile enerji üretimine devam edilmekte, patlak tamiratları enerji ihtiyacının daha az olduğu hafta sonlarına bırakılmaktadır. Bu arada santralde saf su kaybı sürekli takip edilmektedir. Kaybın 10 kg/sn değerini geçmesi halinde kazan mutlaka durdurularak tamirata alınmaktadır. Çünkü kaybın daha da artması santralin diğer kazanlarının da durmasına ve enerji

üretiminin kesintiye uğramasına neden olacaktır.Kazan LP ve HP borularındaki patlaklar genellikle gaz türbinlerinin devre dışı olduğu dönemde giderilmektedir.

Atık ısı kazanlarında değiştirilen boru miktarları ve kayıp enerji miktarları çizelge 6.13' de yer almaktadır. Şekil 6.12 'da korozyona uğramış atık ısı kazanı boruları 6.13 ' de ise yenilenmiş atık ısı kazanı boruları yer almaktadır.

Çizelge 6.13 : Değiştirilen boru miktarı.

Yıl	Kayıp Enerji Kwh	Değişen Boru Miktarı (M)
2004	479,925,000	5,096
2005	119,475,000	128,128
2006	317,475,000	31,512
2007	355,725,000	0
2008	244,800,000	40,914
2009	280,800,000	6,948
2011	120,905,550	182,795
2012	255,750,475	31,013
2013	168,187,050	83,915
2014	157,379,850	113,160



Şekil 6.12 : Yenilenmiş atık ısı kazanı boruları.



Şekil 6.13 : Değiştirilen atık ısı kazanı boruları.

6.10.3 Buhar türbini revizyonları

6.10.3.1 ST-10 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1991 yılında yüksek basınç türbininde rotor kanat bandaj sızdırmazlıklarında hasar oluşmuştur. Bunun neticesinde kanat boyları kısaltılmış, rotor kanat bandajları ve sızdırmazlıklar yenilenmiştir [11].

1991 yılında alçak basınç türbininde sızdırmazlıklarda sürtme meydana gelmemesi için iç gövde yukarıya kaldırılmıştır.

2001 yılında daha önce de kaçak problemleri olan generatör hidrojen sızdırmazlıkları bakıma alınmıştır. Bakım esnasında türbin tarafı sızdırmazlığının beyaz metal kısmının aşındığı görülmüştür. Sızdırmazlık ringlerinin aşınmasına bağlı olarak hidrojen kaçakları oluşmuştur. Bu da yağ karbonlaşmasına sebep olmuş ve yataklar hasarlanmıştır. Netice olarak yataklar temizlenerek kontrol edilmiş ve kaplin ayarı yapılarak grup devreye alınmıştır.

2004 yılında 3, 4 ve 5 numaralı yatak vibrasyonu yükseldiğinden grup devre dışı edilmiştir. Alçak basınç son kademe kanatlarında aşınmalar görülmüştür. Özellikle generatör tarafında 2001 yılındaki çıkış ile kıyaslandığında kanatların durumunun iyi

olmadığı gözlemlenmiştir. Netice olarak kanatların uçları taşlanmış, büyük parça kopan yerlerin karşısındaki kanat uçları da traşlanmıştır. Bu çalışma genaratör ve türbin tarafında karşılıklı olarak yürütülmüştür.

2005 yılında türbinde revizyon yapılmıştır. Türbin demontajı sonrasında, tüm parçalar kumlanarak NDT testleri yapılmıştır. Yataklar değiştirilmemiştir. Ana taşıyıcı gövde kamaları temizlenerek yerlerine takılmıştır. Gövdeye montajlı olan ve kumlanmayan tüm parçalar temizlenmiştir. Alçak basınç 7-8 kademe kanatlarının elde yedeği olmadığından sadece 8. kademe taşla düzeltilmiştir. Kondense temizlenmiştir. Mussel fitreler, SS pompaları ve elekler bakıma alınmıştır.

6.10.3.2 ST-20 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1990 yılında yüksek basınç türbininin arka glend (rear shaft gland) sızdırmazlıklarında hasar meydana gelmiş ve sızdırmazlıklar değiştirilmiştir[11].

1991 yılında virör devrinde iken makine bloke olmuştur. Yüksek basınç türbininde rotor kanat bandaj sızdırmazlıklarında hasar oluşmuştur. ST30'un hazır yüksek basınç rotoru ST20'ye takılmıştır.

1991 yılında alçak basınç türbini sızdırmazlıklarında sürtme meydana gelmemesi için iç gövde yukarıya kaldırılmıştır.

1999 yılında generatör H2 sızdırmazlık sisteminde kaçak meydana gelmiştir. Sızdırmazlık ringlerinde aşınma yada bozulma görülmemiştir. O-Ringlerin sertleştiği, sızdırmazlık itme yağının yetersiz kaldığı ve thrust yüzeylerinin iyi basmadığı sonucuna ulaşılmış ve O-ringler yenilenmiştir.

2003 yılında SIEMENS tarafından türbinin reglaj ayarı yapılmıştır.

2003 yılında yüksek basınç türbininde 1 ve 2 numaralı kontrol valfi açmadığından ve shut-down da kapatmadığından valfler bakıma alınmıştır.

2006 yılında ana yağ pompası arızalanmıştır. Türbin demontajı sonrasında tüm parçalar kumlanarak NDT testleri yapılmıştır. 1 numaralı yatak değiştirilmiş, diğer yataklar değiştirilmemiştir. Ana taşıyıcı gövde kamaları temizlenip tekrar kullanılmıştır. Kumlanmayan ve gövdeye montajlı tüm parçalar temizlenmiştir. Alçak basınç 8. kademe rotor kanatları komple yenilenmiştir. Yüksek basınç türbin rotoru dengeleme disk sızdırmazlık şeritleri yenilenmiştir. Yüksek basınç gland sızdırmazlık yayları ve şeritleri değiştirilmiştir. Ana yağ pompası axial yatağı

yenilenmiştir. Ana reglaj valflerinin bakımları yapılmıştır. Kondenser temizlenmiş ve boru kalınlık kontrolleri yapılmıştır. Mussel fitreler ve soğutma suyu pompaları ile eleklerin bakımları yapılmıştır.

2011 yılında türbinin revizyonu tamamlanmıştır.

2012 yılında ST20 yüksek basınç türbin çıkışı ve alçak basınç türbin girişi arasındaki boruların komple değişimi gerçekleştirilmiştir. ST20 yüksek basınç türbin çıkışı ve alçak basınç türbin girişi arasında kaynak birleşim yerlerinde dikey çatlaklar oluştuğu ve buhar kaçağı meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek basınç gövdesi çıkışı tamiratı yapılarak borular komple yenilenmiştir

B3 (ST 20) yüksek basınç buhar türbininde 2009 yılında çatlak tespit edilerek onarılmış ve halen çalıştırılmaktadır. Yüksek basınç türbininin yenilenmesi gerekmektedir.

6.10.3.3 ST-30 revizyon çalışmaları ve önemli arızalar

1991 yılında alçak basınç türbininin sızdırmazlıklarda sürtme meydana geldiğinden dolayı türbin trip etmiştir. 1 ve 4 numaralı rotor kanat diski sızdırmazlıkları değiştirilmiştir.

2003 yılında alçak basınç türbininde 2 numaralı stop valfi açmadığından grup devreye alınamamıştır. Neticesinde valf bakıma alınmış, valf pilot tiji değiştirilerek arıza giderilmiş ve grup devreye alınmıştır.

2003 yılında SIEMENS personeli tarafından türbin reglaj ayarı yapılmıştır.

2003 yılında yüksek basınç türbininde 1 ve 2 numaralı kontrol valfleri açmadığından valfler bakıma alınmış, pilot tijleri değiştirilerek arıza giderilmiştir.

2011 yılında ST30 yüksek basınç türbin çıkışı ve alçak basınç türbin girişi arasındaki borular komple değiştirilmiştir. ST30 YB türbin çıkışı ile alçak basınç türbin girişi arasındaki kaynak birleşim yerlerinde dikey çatlaklar oluştuğu ve buhar kaçağının meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek basınç gövdesi çıkışının tamiratı yapılarak borular komple yenilenmiştir.

Buhar türbinine ait revizyon tarihleri ve eşdeğer işletme saatleri Çizelge 6.14’ de yer almaktadır.

Çizelge 6.14: Buhar türbinleri revizyon tarihleri.

Ünite	Revizyon Tarihi	Eşdeğer İşletme Sahibi
ST 10	2014	175,092
ST 20	2011	165,841
ST 30	1991	150,248

6.11 Bakım Sistemindeki Yetersizlik ve Problemler

6.11.1 Bakım yönetim sistemi yazılımının devreye alınmasında yaşanan gecikmeler

İşletmede mevcutta yer alan Bakım Yönetim yazılımı sisteme dahil edilen yeni ekipmanlarla beraber gerekli talebi karşılamanın gerisinde kalmıştır. Bu kapsamda işletme talep edilen iş emirlerini oluşturulan iş emir formları üzerinden manuel olarak oluşturmakta ve işi yapacak olan birime elden teslim etmektedir. Bu da gereksiz zaman kaybına sebeb olmakta ve süreç takibini zorlaştırmaktadır.

6.11.2 Planlı bakımların uygulanmasında yaşanan zorluklar

İşletmede dönemsel olarak özelikle periyodik bakımlar planlanmaktadır ancak İşletme yüksek emre amadelik talep edilen bir santral olması nedeniyle uygulamada planlamalarda aksaklıklar yaşanmaktadır. Kamu santrali olması nedeniyle elektrik birim maliyetleri oranlarını dengeleyen bir santral olması nedeniyle servis harici olması genellikle istenmemekte ve planlı bakımlar ikinci planda tutulmaktadır.

6.11.3 Kestirimci bakım uygulamalarının yetersizliği

İşletmede bazı bölümlerde kestirimci bakım uygulamalarına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu uygulamalar santralin izlenebilirliği açısından yeterli değildir. Özellikle anlık verilerin çekilerek değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmış olsa da yeterli verimli bir sistemin bulunmaması kestirimci bakım çalışmaları açısından önemlidir.

6.11.4 Prosedürlerden kaynaklanan geciklemeler

İşletmenin kamu kuruluşu olması nedeniyle belli bütçeli işlerin üstündeki değerdeki revizyon ve bakımlar ihale üsullerine tabidir. İhale süreçlerinde yaşanılan gecikmeler bakımlara müdahele süresini uzatmakta ve işletmenin üretimine olumsuz yönde katkı sağlamaktadır.

6.12 Bakım Sistemlerinde Yeni Yaklaşımlar

- RCM (Güvenilirlik Merkezli Bakım) güvenilirlik merkezli bakım yöntemi ekipmanın işlevselliği, arıza etkileri analizi ve arıza sonuçlarının değerlendirilmesi ile gerekli bakım planlamalarının yapılması gereken zaman aralıklarının belirlendiği yöntem bilimdir [4].
- Risk Temelli Koruma (RBI) Analizi özel ekipman ve bileşenlere zarar vermeyle ilgili verileri toplayıp daha sonra gelecekteki arızanın fiziksel ve ekonomik sonuçlarını öngörmekle birlikte techizatların ve sistemin tamamı için hata olasılığını tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir.

6.13 İşletme Arızaları Sayısal Analizleri

6.13.1 Pareto Analizi

Pareto analizi verileri irdeleyerek problemin teşhis ve analizinde kullanıcıya kolaylıklar sağlayan bir tekniktir. Diğer bir tanımıyla değişik sayıdaki önemli sebepleri, daha az önemde olan sebeplerden ayırmak için kullanılan bir sayısal analiz yöntemidir.

İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto tarafından ortaya konulmuştur. Pareto yaptığı çalışmalarda elde ettiği sonuçları genelleştirdiğinde "Normal dağılımda sebeplerin en önemli %20'si, sonuçların %80'ini sonra gelen %30'u, sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır" prensibine dayanmaktadır sonucuna ulaşmıştır. Bazı kaynaklarda Pareto analizi 80/20 İlkesi, Asgari Çaba İlkesi veya Dengesizlik İlkesi gibi adlarla da anılmaktadır.

KaoruIshıkawa'ya göre; Pareto analizi en çok zarar veren hatayı veya hataları kolayca tespit etmenin yanında, bir iyileştirme programının vermekte olduğu sonuçların izlenmesinde de kullanılabilir.

Pareto analizi nedenler ve sonuçlara bağlı olarak iki veri kümesi incelenip analiz edildiğinde bir dengesizlik modelinin ortaya çıkacağını savunur. Bu dengesizlik, 65/35, 75/25, 70/30 gibi farklı kombinasyonlar da olabilir ancak nedenler ve sonuçlar arasındaki dengesiz orantı kaçınılmazdır.

Pareto diyagramları işletmelerde arızaları oluşturan sebeplerin ne olduklarını ve önem derecelerini belirlemek için kullanılabilir. Pareto analizinin işletmelere sunduğu en önemli fayda daha önemli sebepleri daha az önemde olan sebeplerden

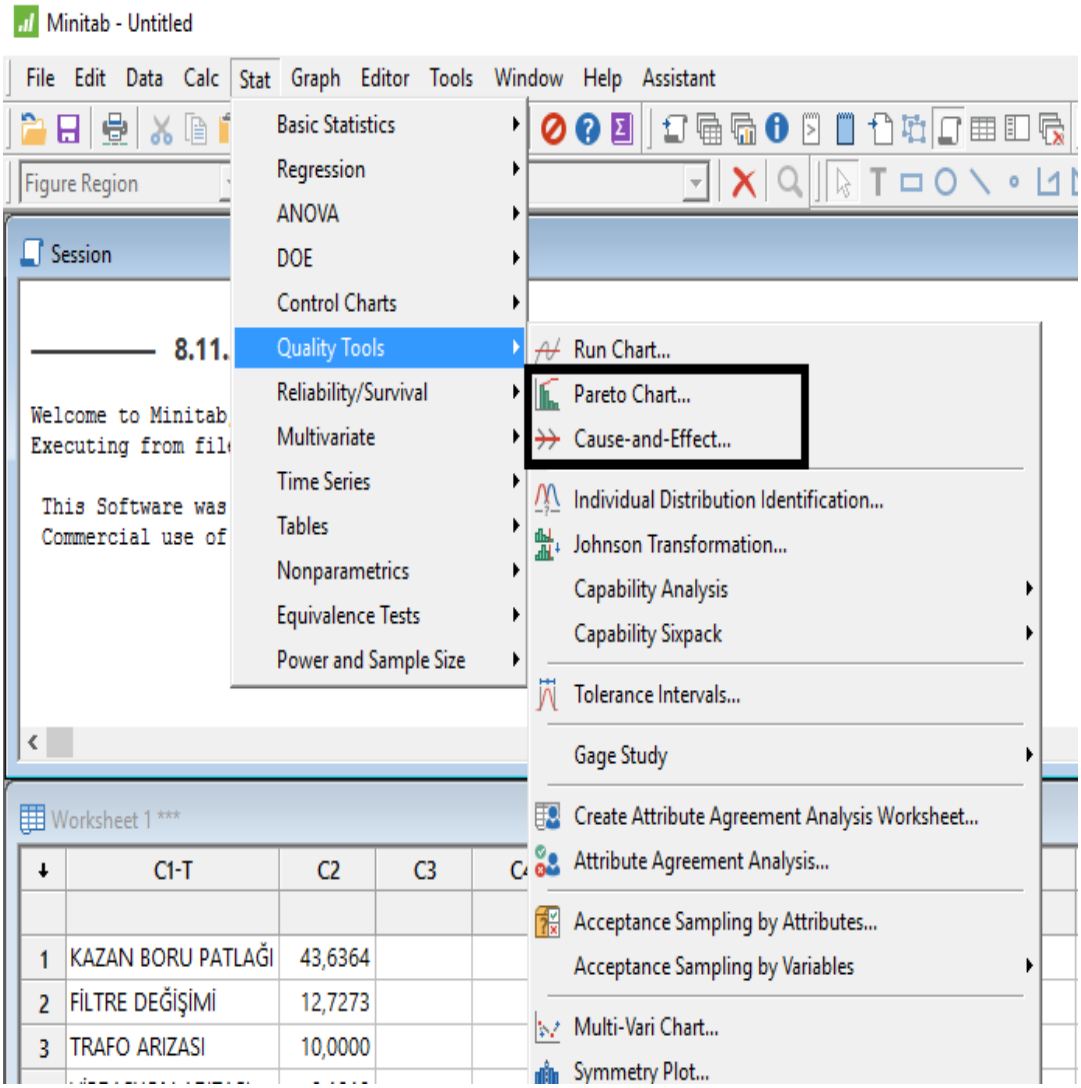
ayırarak işletmelerde önceliklerin belirlenmesini sağlaması ve yüksek orandaki iş yoğunluğunun önüne geçilmesidir.

Sorunların önem ve öncelik sırasına göre çözülmesi işletmelerin üretim kalitelerinde artış sağlayacak olup, Pareto analizi bize bu imkânı verecektir.

Pareto analizinin uygulanmasında gerekli olan en önemli faktör analize kaynak olacak verinin listelenebilir olması ve yeterli sayıda kayıt içermesidir.

Pareto Analizinin Faydaları

- Problemin en önemli sebebinin belirlenmesi,
- Bütün problemleri gözlemleyebilmek,
- Problemlerin frekanslarını ve önem derecelerini görmek,



Şekil 6.14 : Minitab yazılımı genel görünümü.

İşletmede yaşanılan arızaların sayısal analizine ilişkin olarak Pareto Analizi ve Balık kılçığı metodu uygulanmıştır. Bu analizlerin uygulanması için Şekil 6.14' de yer alan Windows tabanlı Minitab programı kullanılmıştır

Minitab programı Windows işletim sisteminde kullanılan ve excel tabanlı kolon değerlerine bağlı olarak çalışan istatiksel bir programdır. Çalışma sayfasından aldığı verileri seçilen grafiksel ara yüze aktararak kullanıcıların istatiksel analiz yapmalarına olanak sağlar. Bu çalışmada yazılımda Stat-Quality Tools sekmesinde yer alan Pareto Chart ve Cause and Effect sekmeleri kullanılmıştır.

Temel olarak incelediğimizde Pareto Diyagramını oluşturan 6 adım bulunmaktadır.

- **Adım Bütün Elemanların Listelenmesi**

  Bu aşamada diyagrama veri sağlayan işletme arızalarının tespiti gerekmektedir. Arızanın tespiti, arızaya ait verilerin toplanması ve listelenmesi ilk safhayı oluşturmaktadır. Diyagramın oluşturulmasına veri sağlayan bu basamaktaki hatanın minimize olması daha sonraki basamaklarda kullanıcıya kolaylıklar sağlayacaktır.

- **Arıza Frekanslarının Ölçümü**

  Oluşturulacak analize veri olacak arızalara ait oluşma frekanslarının toplanmasının ve kayıt altına alınmasının yer aldığı basamaktır. Veri olan arızaya ait bir kontrol kartının oluşturularak sebeplerinin ve oluşma sıklıklarının oluşturulan tabloya işlenmesi kullanıcıya süzen bakımından kolaylıklar sağlayacaktır.

- **Arızaların Sınıflandırılması**

Daha önceki safhalarda elde edilen verilerin büyükten küçüğe doğru sıralandığı basamaktır.

- **Kümülatif Dağılımların Hesaplanması**

Arızaların değerlerinin büyükten küçüğe doğru sıralanmasının ardından toplam alınır. Her bir frekansın toplam içerisindeki yüzde değeri hesap edilir. Daha sonra bu yüzdelerin kümülatif toplamları hesap edilir. Analize göre problemlerin %20'lik kısmının %80'lik kısmın kaynağı olduğu sonucuna ulaşılır. Son olarak ise elde edilen verilere bağlı olarak Pareto diyagramı çizilir.

Çizelge 6.15 : İşletme arıza frekansları.

Arıza Sebebi	GT11	GT12	GT21	GT22	GT31	GT32	ST10	ST20	ST30	TOPLAM	YÜZDE
Kazan Boru Patlağı	5	2	16	9	7	9	0	0	0	48	43,63636
Modül Arızası	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1,818182
Filtre Değişimi	3	2	1	4	1	3	0	0	0	14	12,72727
Reglaj Arızası	0	2	0	0	1	0	0	3	1	7	6,363636
Vibrasyon Arızası	3	0	1	0	1	1	0	1	2	9	8,181818
Yakıcı Arızası	1	0	1	1	3	0	0	0	0	6	5,454545
Damper Arızası	1	1	0	2	0	1	0	1	0	6	5,454545
Trafo Arızası	2	2	0	0	1	0	4	1	1	11	10
Cpu Arızası	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3	2,727273
Valf Arızası	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	1,818182
Governör Arızası	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,909091
Ring Arızası	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,909091

Çizelge 6.16 : Pareto Analizi Sayısal Verileri.

Arıza	Sayı	Yüzde	Kümülatif
Kazan Boru Patlağı	48	44	44
Filtre Değişimi	14	13	57
Trafo Arızası	11	10	67
Vibrasyon Arızası	9	8	75
Reglaj Arızası	7	6	81
Yakıcı Arızası	6	5	86
Damper Arızası	6	5	91
Cpu Arızası	3	3	94
Modül Arızası	2	2	96
Valf Arızası	2	2	98
Ring Arızası	1	1	99
Governör Arızası	1	1	100

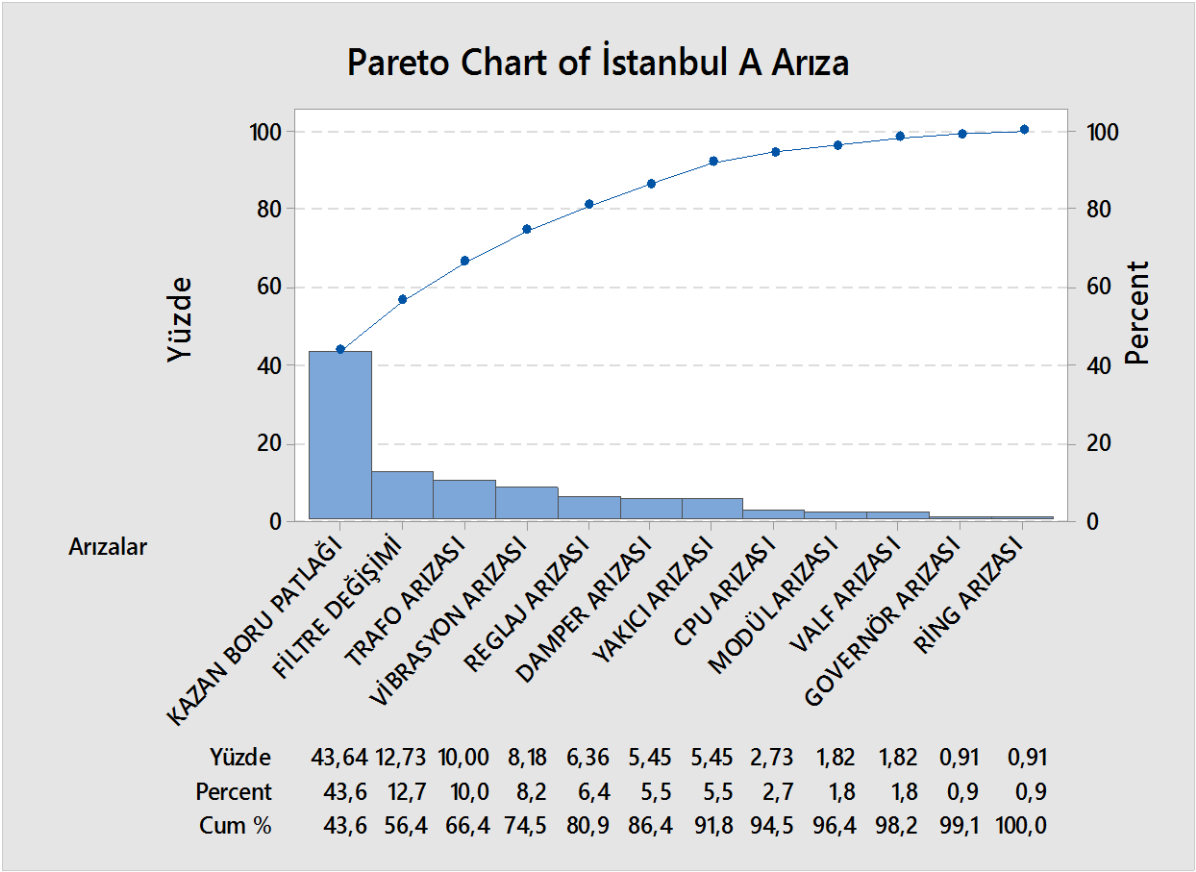
Çizelge 6.15’ de yer alan analiz İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali arıza verilerine dayanmaktadır. Santralde yer alan duruş sayılarına neden olan arızaların önemlilik sıraları Pareto analizine göre sıralanmıştır. Şekil 6.15 ise bu veriler doğrultusunda hazırlanan Pareto analizini göstermektedir. Çizelge 6.16 da ise santral verileri Pareto analizini oluşturacak şekilde tablolaştırılmıştır.Bu tabloda arıza sıklıkları yüzdelik ve kümülatif olacak şekilde belirtilmiştir.

- **Pareto Grafiğinin Çizimi**

Pareto grafiğinin oluşturulmasında yatay eksene önem derecesine göre büyükten küçüğe olacak şekilde probleme kaynak olan sebepler konulur. Yatay sütunda önem

derecesi yüksek olan problem en solda yer alırken kısmen daha az öneme sahip problem sağ sütuna yerleştirilir. Dikkat edilmesi gerekilen husus yatay sütunda hata sayısı arttıkça sağlanacak fayda gittikçe azalır ve buna bağlı olarak kontrol gittikçe güçleşir. Bu diyagramda hata adedi veya yüzdelik kısım ise dikey eksende yer almaktadır. Problemlerin kümülatif dağılımlardaki değerleri ise sütunların boylarını belirlemektedir. Yani özetle Y ekseni maliyet ya da bir durumun frekansını temsil eder. X ekseni ise sebeplerin yüzde olarak dağılımını gösterir. En çok yüzdeye sahip olan sebep en başta bulunur ve azalarak dizilir.

Analizde çizgi ile gösterilen bir toplam eğri yer alır. Bu eğri sol köşeden başlar ve bütün sütun boylarının toplamı olan bir yükseklikte sağ köşede yer alan %100 değerinin bulunduğu sütunda son bulur.



Şekil 6.15: İşletme Arıza Pareto Analizi.

- **Pareto Grafiğinin Yorumlanması**

Pareto grafiği bize probleme kaynak olan sebeplerden hangisi üzerinde daha fazla durulması hususunda yol göstermektedir. Grafikte en solda yer alan yüksek sütun üzerinde çalışmakla grafikte sağda yer alan sütunda çalışmaktan genellikle daha fazla

kazanç elde ederiz. Ancak bu grafik bize hata oranı esas alınarak elde ettiği verileri sunar. Bununla beraber elde edilen verilerin maliyet faktörü de göz önüne alınarak yeniden düzenlenmesi işletmeye katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda grafikte yer alan en uzun sütun kendi içerisinde incelenerek zaman ve maliyet bakımından fizibilite çalışması yapılmalıdır. Bununla beraber çizilen ilk Pareto diyagramında tespit edilen hatalara çözüm getirildikçe Pareto diyagramındaki hata sıralaması değişmeye başlar. Hata sırlamasının değişmesine bağlı olarak işletme iyileşmenin etkilerini gözlemleyebilir.

6.13.2 Ishıkawa Diyagramı

Kök hücre analizi sistemde yaşanılan arızanın gerçek sebebini bulmak için yapılan analiz şeklidir. Kök Hücre analizi işletmelerde yaşanılan arızaların daha sonrasında tekrarlanmasının önüne geçmek adına yapılan analizlerden oluşmaktadır.

İşletmede yer alan kazan boru patlağı ve vibrasyon arızalarına ilişkin kök analizi ishikawa diyagramı üzerinden yapılmıştır.

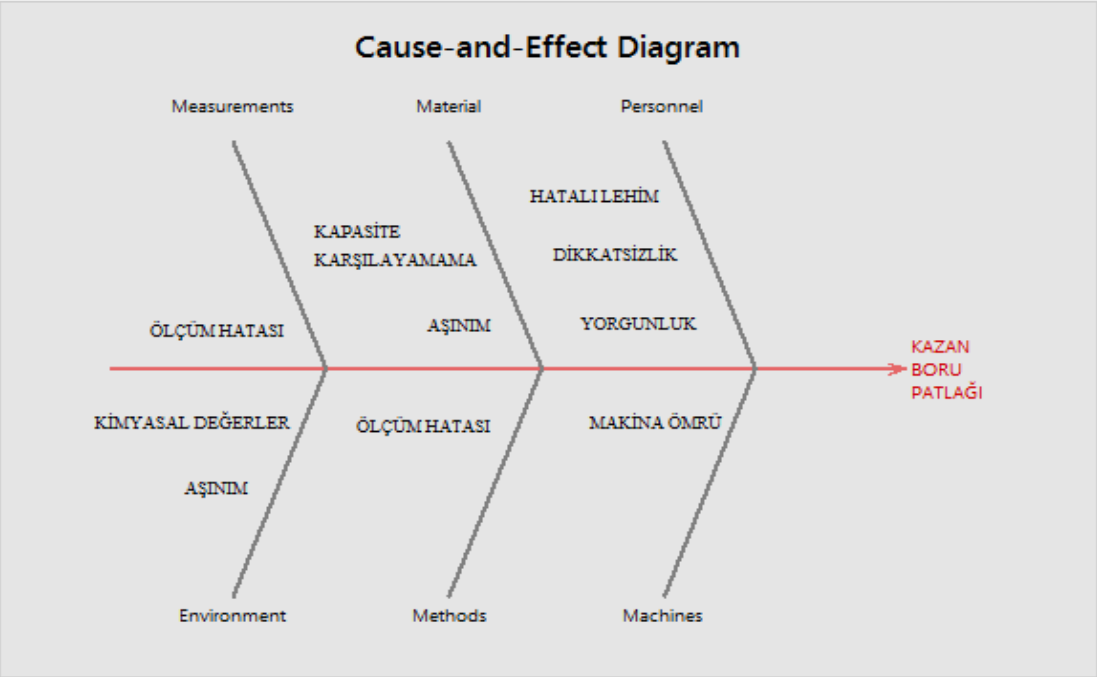
İshikawa diyagramı diğer adıyla balık kılçığı methodusonuçları meydana getiren çeşitli nedenleri göz önünde bulundurarak, bu nedenleri görselleştirebilmek ve tüm bu nedenler üzerinde çalışarak sorunları en alt seviyeye indirmek için hazırlanır.

Sebep-Sonuç analizinin faydaları aşağıda yer aldığı gibidir.

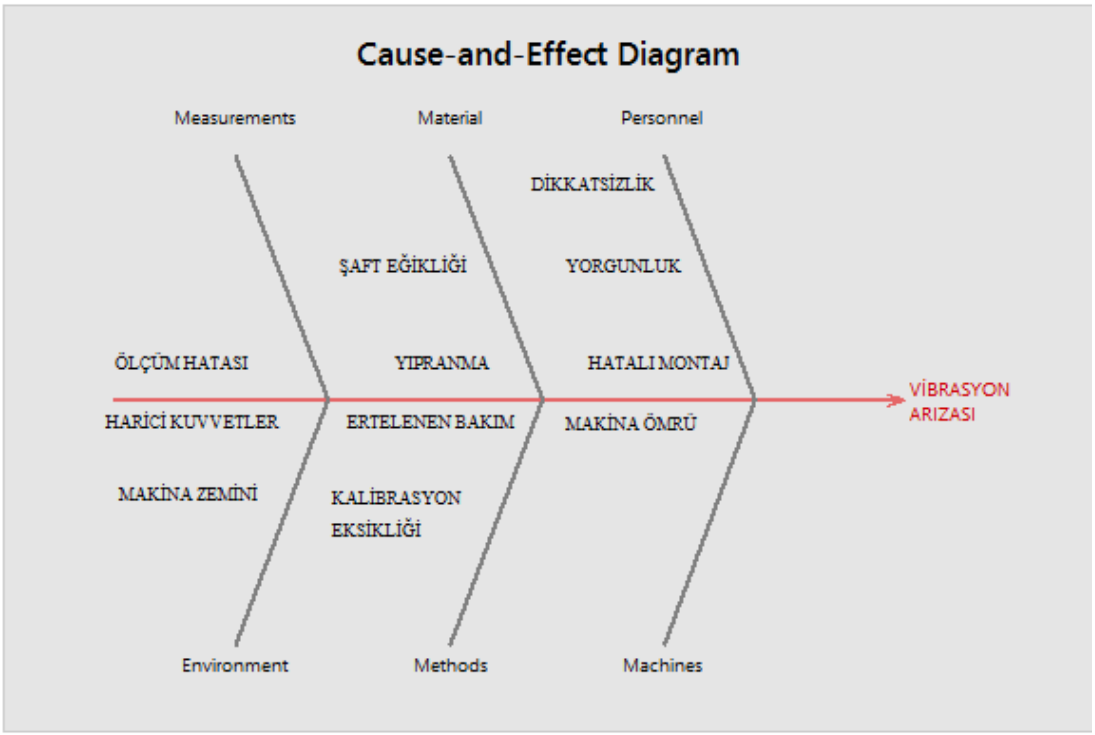
- Sorunların üzerine giden aktif bir yönetimi geliştirmek
- Dikkatin belirli bir noktaya toplanmasına katkı sağlamak
- Konuya bilimsel bir şekilde yaklaşmaya katkı sağlamak
- Tüm sorunlara uygulanabilmesi

Balık Kılçığı Diyagramı uygulanırken öncelikle çizilecek olan grafiğin yer aldığı alanın en sağına, araştırılacak sorun ya da durum yazılır. Ardından araştırılacak soruna neden olan muhtemel ana ve alt nedenler, grafiğin ilgili yerlerine eklenir. Son olarak ise araştırılan tüm nedenlerin açıklamaları yazılmadan önce, uzmanlar ve çalışanlar da dahil olmak üzere, olabildiğince çok kişi ile görüşülüp, fikirler değerlendirilir ve beyin fırtınası gerçekleştirilir.

Şekil 6.16 ve 6.17’ de kazan boru patlağı ve vibrasyon arızasına ilişkin balık kılçığı diyagramı yer almaktadır.



Şekil 6.16: Kazan boru patlağı ishikawa diyagramı.



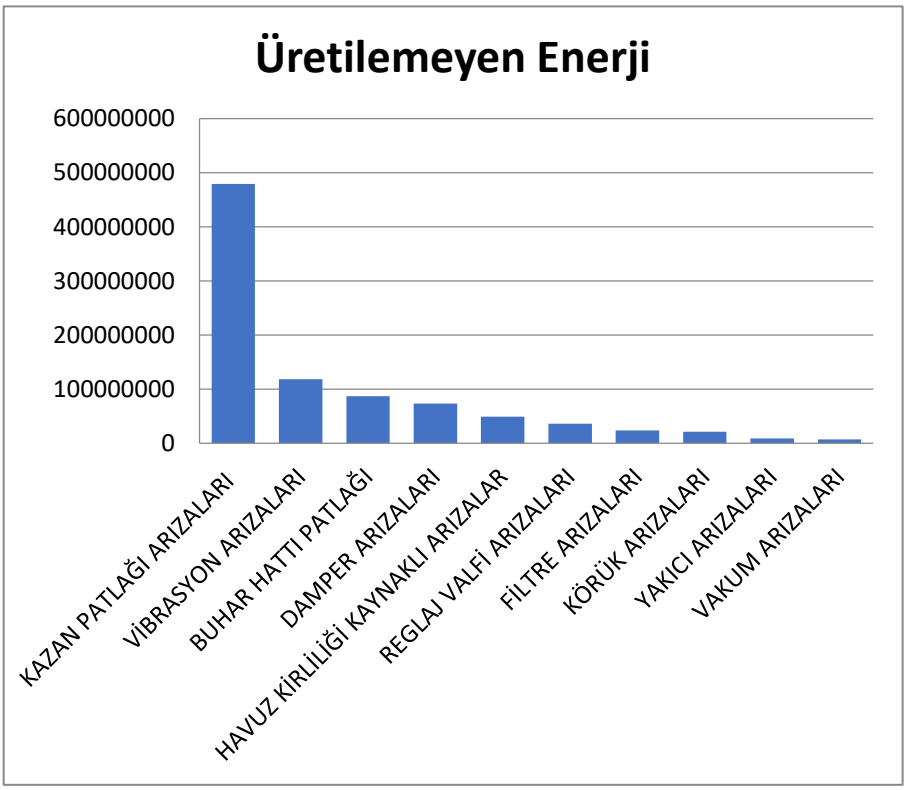
Şekil 6.17: Vibrasyon arızası ishikawa diyagramı.

6.13.3 Üretilemeyen Enerji Analizi

İşletme üretim verilerine bağlı olarak yapılan üretilemeyen enerji analizi Çizelge 6.17' da yer aldığı gibidir. Ishıkawa diyagramında analizi yapılan kazan patlağı arızaları ve vibrasyon arızaları üretilemeyen enerji (kwh) bakımından önem arz etmektedir.

Çizelge 6.17 : Arızaya bağlı üretilemeyen enerji miktarı (kwh).

ARIZANIN ADI	ENERJİ
Kazan Patlağı Arızaları	479,006,821
Vibrasyon Arızaları	118,556,000
Buhar Hattı Patlağı	86,868,100
Damper Arızaları	73,287,400
Havuz Kirliliği Kaynaklı Arızalar	49,392,600
Reglaj Valfi Arızaları	36,354,000
Filtre Arızaları	23,428,600
Körük Arızaları	21,104,401
Yakıcı Arızaları	9,160,800
Vakum Arızaları	7,253,400



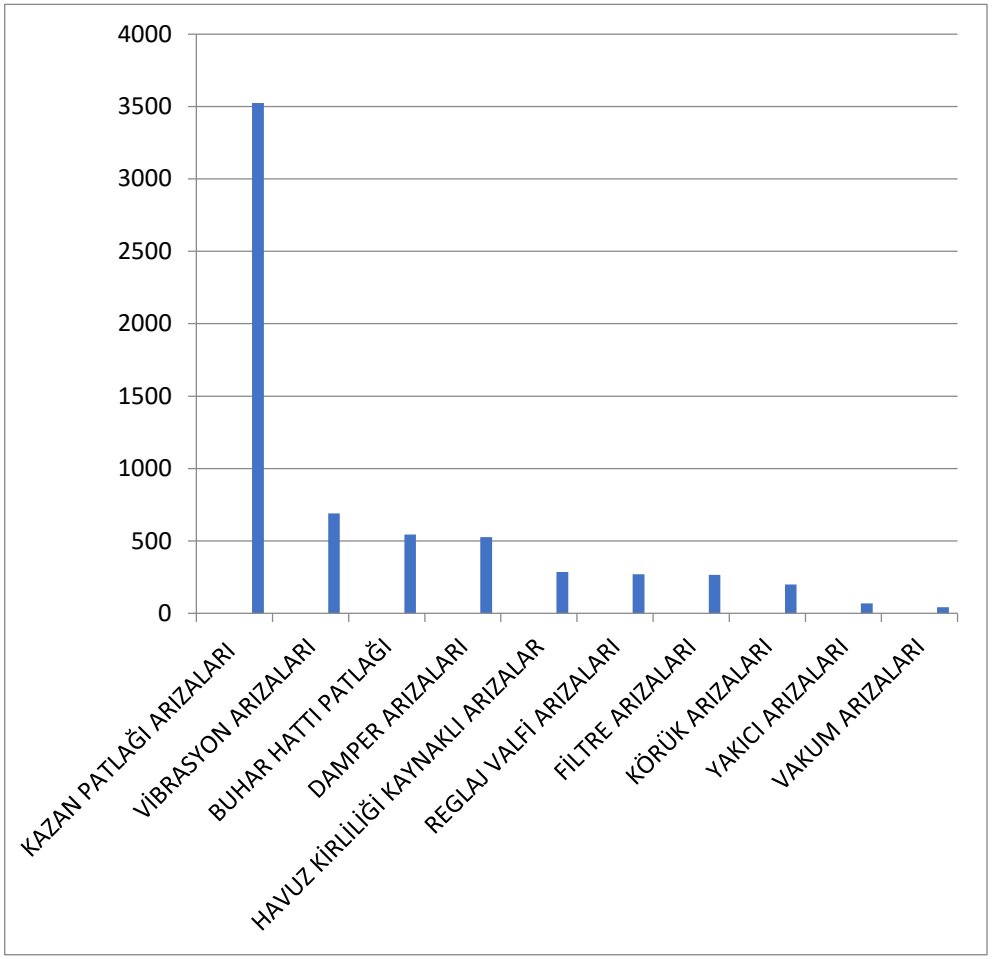
Şekil 6.18: Üretilemeyen enerji analizi.

6.13.4 Ünite Duruş Süreleri Analizi

İşletme yaşanılan arızaların duruş süreleri analiz edildiğinde üretilemeyen enerji ile orantılı olarak kazan patlağı arızası ve vibrasyon arızalarının en önemli sorunlar olduğu gözlenmektedir. Çizelge 6.18 ve Şekil 6.19 arızalara bağlı duruş sürelerinin analizini göstermektedir.

Çizelge 6.18 : Arızaya bağlı duruş süreleri (h).

ARIZANIN ADI	DURUŞ SÜRESİ (h)
Kazan Patlağı Arızaları	3.524
Vibrasyon Arızaları	691
Buhar Hattı Patlağı	543
Damper Arızaları	527
Havuz Kirliliği Kaynaklı Arızalar	286
Reglaj Valfi Arızaları	271
Filtre Arızaları	265
Körük Arızaları	200
Yakıcı Arızaları	69
Vakum Arızaları	42



Şekil 6.19: Duruş süreleri analizi.

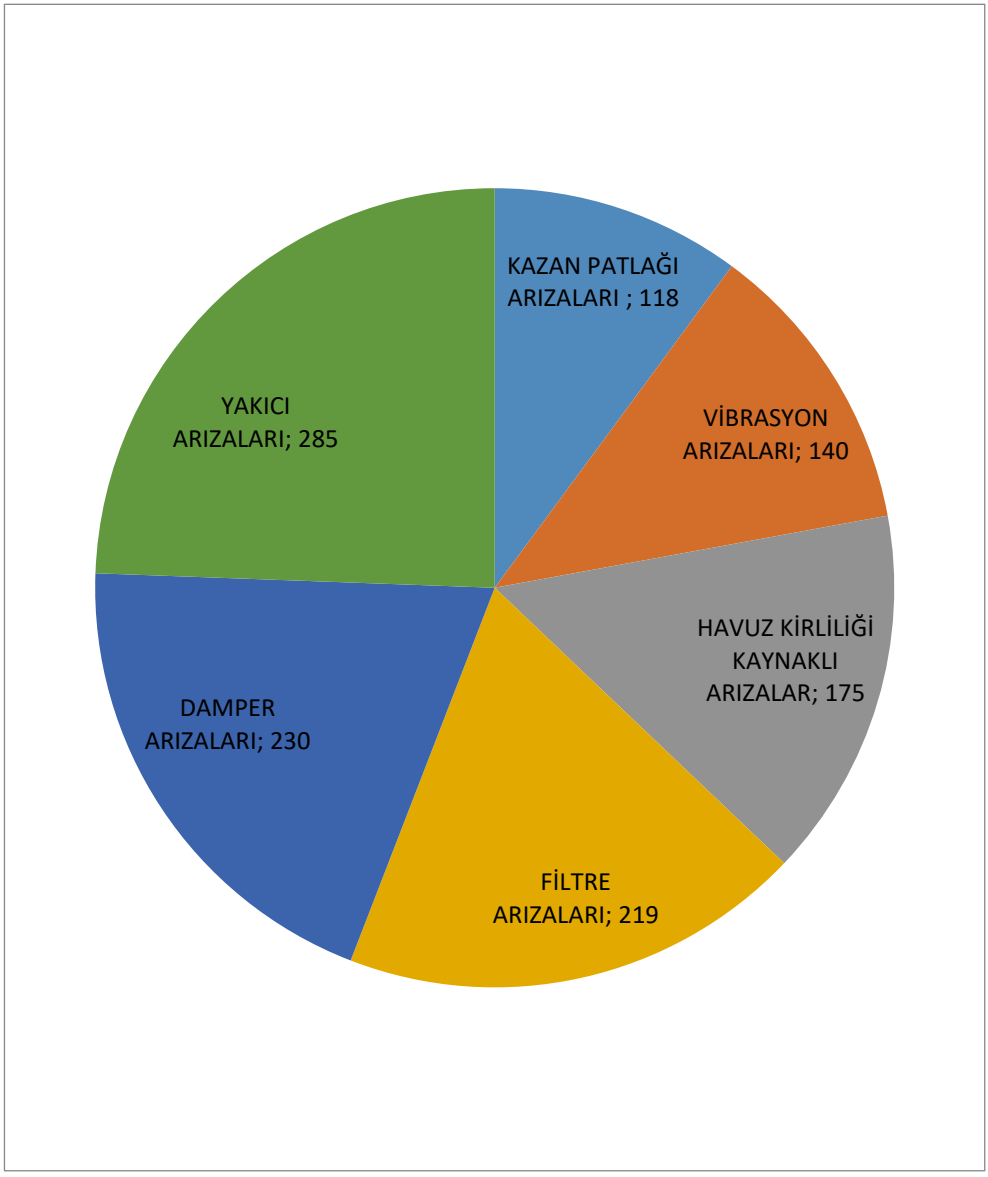
6.13.5 Arıza Tekrar Süresi Analizi

İşletmede yaşanılan ve tekrar edilen arızalara ait analiz incelendiğinde kendini en fazla tekrar eden arızalar üretilemeyen enerji ve duruş süreleri analizinde ilk sıraları alan

kazan boru patlağı ve vibrasyon arızalarıdır. Çizelge 6.19 ve Şekil 6.20 işletme verilerine bağlı olarak arıza tekrar sürelerini göstermektedir.

Çizelge 6.19 : Arıza tekrar süreleri (h).

Arızanın Adı	Duruş Süresi (H)
Kazan Patlağı Arızaları	118
Vibrasyon Arızaları	140
Damper Arızaları	230
Havuz Kirliliği Kaynaklı Arızalar	175
Filtre Arızaları	219
Yakıcı Arızaları	285



Şekil 6.20: Arıza tekrar süreleri analizi.

6.13.6 Temel Bileşenler Analizi (Principle Component Analysis)

Temel bileşenler analizi (PCA) temel bileşenler olarak adlandırılan doğrusal ilintisiz değişkenlerin değerler kümesi içine muhtemelen ilişkili değişkenlerin gözlemleri bir dizi dönüştürmek için bir ortogonal dönüşüm kullanan bir istatistiksel işlemdir.

Temel Bileşen Analizi, m gözlem / n değişken tablosunda yapılandırılmış sayısal verileri analiz etmek için kullanışlı bir yöntemdir. N değişken arasındaki korelasyonların analiz edilmesi bakımından kullanıcıya görsel kolaylıklar sağlar.

İşletme verilerinden elde edilen arıza nedenlerine bağlı olarak oluşturulan database Windows tabanlı XLSTAT programı [16] üzerinden simüle edilerek Temel Bileşenler Analizi oluşturulmuştur. Çalışmada Pearson tipi korelasyon matrisi kullanılmıştır. Program üzerinden excel tabanlı olarak elde edilen tablolar bu bölümde elde alınarak yorumlanmış ve arıza analizi bu yolla yapılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 6.20 : PCA kullanılan database.

Arıza Sebebi	GT11	GT12	GT21	GT22	GT31	GT32	ST10	ST20	ST30
Kazan Boru Patlağı	5	2	16	9	7	9	0	0	0
Modül Arızası	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Filtre Değişimi	3	2	1	4	1	3	0	0	0
Reglaj Arızası	0	2	0	0	1	0	0	3	1
Vibrasyon Arızası	3	0	1	0	1	1	0	1	2
Yakıcı Arızası	1	0	1	1	3	0	0	0	0
Damper Arızası	1	1	0	2	0	1	0	1	0
Trafo Arızası	2	2	0	0	1	0	4	1	1
Cpu Arızası	0	0	0	0	1	1	0	1	0
Valf Arızası	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Governör Arızası	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Ring Arızası	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Çizelge 6.20 ve 6.21 Temel Bileşen Analizi için kullanılan ham ve işlenmiş santralden alınan temel bileşenler analizi verilerini içermektedir. Çizelge 6.20 Gaz ve Buhar Türbinlerinde değişken olarak gözlemlenen arıza bilgilerini içerirken, Çizelge 6.21 her bir arıza türünün istatistiksel analizini içermektedir. Bu istatiksel analiz ham verilerden elde edilen minumum, maksimum, ortalama ve standart sapma gibi istatiksel verileri içererek kullanıcıya analiz fırsatı sağlamaktadır. Çizelge 6.22 ise tüm arıza türleri arasında kovaryan değerlerini içeren Korelasyon Matrisini göstermektedir. Bu matriste koyu renkli sayılarla verilen yüksek değerler içeren kovaryans değerleri ilgili arıza türleri arasında daha yüksek korelasyon olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6.21 : PCA istatiksel özetler.

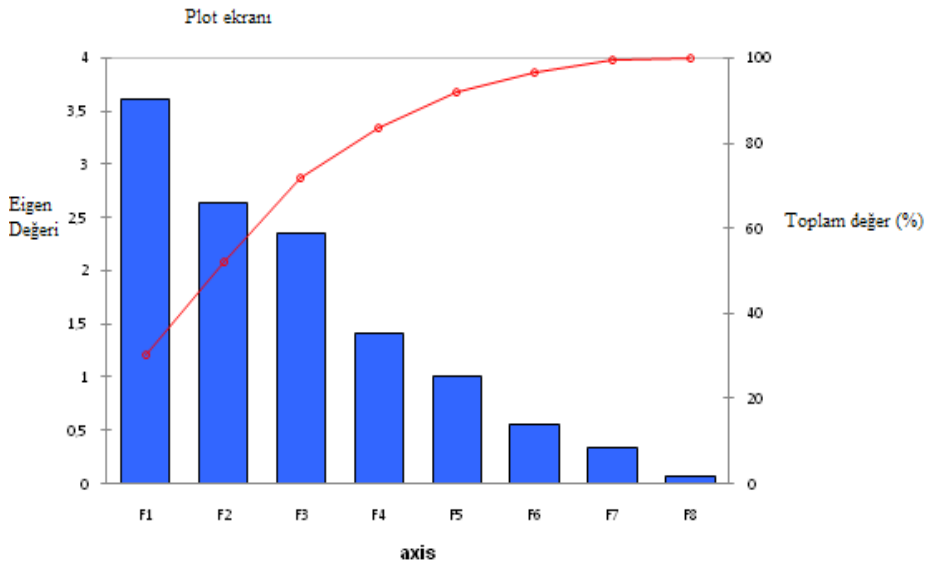
Değişken	(Gözlem)	Eksik datalı gözlem	Eksik datasız gözlem	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Kazan Boru Patlağı	9	0	9	0,000	16,000	5,333	5,477
Modül Arızası	9	0	9	0,000	1,000	0,222	0,441
Filtre Değişimi	9	0	9	0,000	4,000	1,556	1,509
Reglaj Arızası	9	0	9	0,000	3,000	0,778	1,093
Vibrasyon Arızası	9	0	9	0,000	3,000	1,000	1,000
Yakıcı Arızası	9	0	9	0,000	3,000	0,667	1,000
Damper Arızası	9	0	9	0,000	2,000	0,667	0,707
Trafo Arızası	9	0	9	0,000	4,000	1,222	1,302
Cpu Arızası	9	0	9	0,000	1,000	0,333	0,500
Valf Arızası	9	0	9	0,000	2,000	0,222	0,667
Governör Arızası	9	0	9	0,000	1,000	0,111	0,333
Ring Arızası	9	0	9	0,000	1,000	0,111	0,333

Çizelge 6.22: Korelasyon matrisi (Pearson (n)).

Variables	Kazan Boru Patlağı	Modül Arz.	Filtre Değişim	Reglaj Arz.	Vibrasyon Arz.	Yakıcı Arz.	Damp Arz.	Trafo Arz.	Cpu Arz.	Valf Arz.	Gov. Arz.	Ring Arz.
Kazan Boru Patlağı	**1**	-0,552	0,459	-0,550	-0,023	0,434	0,065	-0,660	0,000	**0,730**	0,114	**0,730**
Modül Arızası	-0,552	**1**	-0,584	-0,144	0,000	-0,378	-0,535	0,557	-0,378	-0,189	-0,189	-0,189
Filtre Değişimi	0,459	-0,584	**1**	-0,446	0,000	0,138	**0,781**	-0,389	-0,110	-0,138	-0,138	-0,138
Reglaj Arızası	-0,550	-0,144	-0,446	**1**	-0,114	-0,191	0,054	0,039	0,381	-0,267	0,076	-0,267
Vibrasyon Arızası	-0,023	0,000	0,000	-0,114	**1**	0,125	-0,177	-0,096	0,000	0,000	0,000	0,000
Yakıcı Arızası	0,434	-0,378	0,138	-0,191	0,125	**1**	-0,177	-0,224	0,250	0,125	**0,875**	0,125
Damper Arızası	0,065	-0,535	**0,781**	0,054	-0,177	-0,177	**1**	-0,317	0,000	-0,354	-0,354	-0,354
Trafo Arızası	-0,660	0,557	-0,389	0,039	-0,096	-0,224	-0,317	**1**	-0,320	-0,352	-0,064	-0,352
Cpu Arızası	0,000	-0,378	-0,110	0,381	0,000	0,250	0,000	-0,320	**1**	-0,250	0,500	-0,250
Valf Arızası	**0,730**	-0,189	-0,138	-0,267	0,000	0,125	-0,354	-0,352	-0,250	**1**	-0,125	**1,000**
Governör Arızası	0,114	-0,189	-0,138	0,076	0,000	**0,875**	-0,354	-0,064	0,500	-0,125	**1**	-0,125
Ring Arızası	**0,730**	-0,189	-0,138	-0,267	0,000	0,125	-0,354	-0,352	-0,250	**1,000**	-0,125	**1**

Çizelge 6.23: Öz değerler.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Özdeğerler	3,615	2,640	2,347	1,413	1,014	0,565	0,333	0,072
Değişkenlik (%)	30,128	22,001	19,562	11,776	8,448	4,707	2,776	0,603
Kümülatif %	30,128	52,129	71,691	83,467	91,915	96,622	99,397	100,000



Şekil 6.21: Kümülatif değişken grafiği.

Çizelge 6.24: Öz vektörler.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Kazan Boru Patlağı	0,516	-0,062	-0,031	-0,044	-0,082	0,154	0,097	-0,073
Modül Arızası	-0,349	-0,356	-0,031	-0,221	-0,030	0,412	-0,399	0,201
Filtre Değişimi	0,255	0,379	-0,323	-0,298	-0,029	-0,034	0,073	-0,445
Reglaj Arızası	-0,226	0,160	0,195	0,610	0,064	-0,436	-0,236	-0,180
Vibrasyon Arızası	0,027	-0,044	0,075	-0,237	0,933	-0,167	0,067	0,052
Yakıcı Arızası	0,261	0,099	0,446	-0,348	-0,115	-0,294	-0,209	0,422
Damper Arızası	0,072	0,474	-0,377	0,062	-0,058	-0,141	-0,115	0,632
Trafo Arızası	-0,382	-0,175	0,000	-0,264	-0,233	-0,399	0,666	0,117
Cpu Arızası	0,024	0,304	0,401	0,295	0,105	0,534	0,483	0,219
Valf Arızası	0,367	-0,403	-0,026	0,222	-0,018	-0,128	0,074	0,113
Governör Arızası	0,084	0,124	0,588	-0,227	-0,185	-0,065	-0,146	-0,238
Ring Arızası	0,367	-0,403	-0,026	0,222	-0,018	-0,128	0,074	0,113

Elde edilen öz vektör ve öz değerler ile tanımlanan faktörler arıza türleri arasındaki ilişkiler Çizelge 6.23 ve Çizelge 6.24 de görselleştirilmektedir.

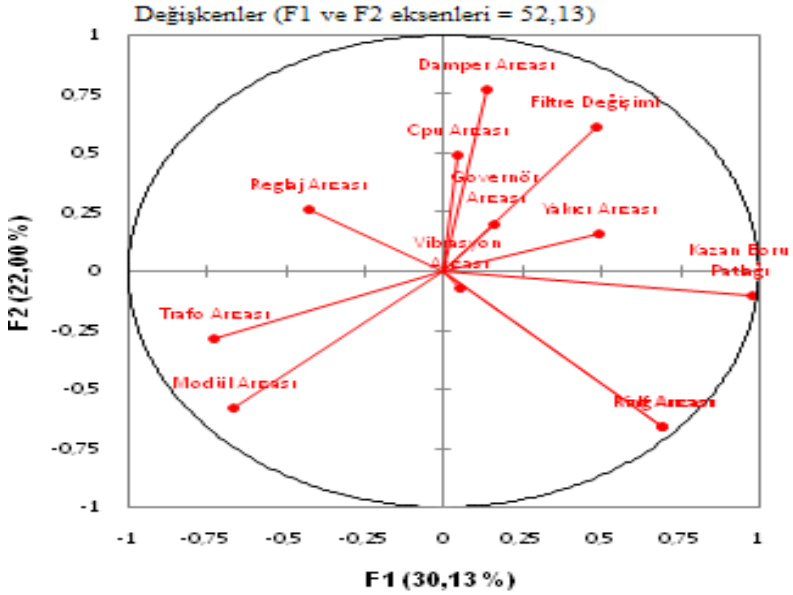
Çizelge 6.25: Faktörler.

	F1	F2	F3	F4	F5
Kazan Boru Patlağı	0,980	-0,101	-0,047	-0,053	-0,082
Modül Arızası	-0,664	-0,579	-0,048	-0,262	-0,030
Filtre Değişimi	0,484	0,615	-0,494	-0,354	-0,029
Reglaj Arızası	-0,429	0,260	0,299	0,725	0,065
Vibrasyon Arızası	0,051	-0,071	0,115	-0,282	0,939
Yakıcı Arızası	0,495	0,161	0,684	-0,414	-0,116
Damper Arızası	0,137	0,770	-0,578	0,074	-0,059
Trafo Arızası	-0,726	-0,285	0,001	-0,314	-0,235
Cpu Arızası	0,046	0,494	0,615	0,351	0,106
Valf Arızası	0,698	-0,656	-0,040	0,264	-0,018
Governör Arızası	0,160	0,201	0,902	-0,270	-0,187
Ring Arızası	0,698	-0,656	-0,040	0,264	-0,018

Çizelge 6.26 ile verilen her bir arıza türü için elde edilen ilk iki bileşen faktörü x ve y koordinatı olarak arıza türlerini ilişkilendirmek üzere Şekil 6.22 ile gösterilmiştir. Görüldüğü gibi birinci temel bileşen faktörü bağlamında kazan boru patlağı, ring ve valf arızası pozitif korelasyona sahipken, reglaj, trafo ve modül arızası ile negatif korelasyona sahiptir. İkinci temel bileşen faktör bağlamında ise CPU arızası, guvarnör arızası, damper arızası ve filtre değişimi kuvvetli pozitif korelasyon gösterirken trafo arızası, modül, ring ve valf arızaları ile negatif korelasyona sahiptirler.

Çizelge 6.26: Değişkenler ve faktörler arasında korelasyonlar.

	F1	F2	F3	F4	F5
Kazan Boru Patlağı	0,980	-0,101	-0,047	-0,053	-0,082
Modül Arızası	-0,664	-0,579	-0,048	-0,262	-0,030
Filtre Değişimi	0,484	0,615	-0,494	-0,354	-0,029
Reglaj Arızası	-0,429	0,260	0,299	0,725	0,065
Vibrasyon Arızası	0,051	-0,071	0,115	-0,282	0,939
Yakıcı Arızası	0,495	0,161	0,684	-0,414	-0,116
Damper Arızası	0,137	0,770	-0,578	0,074	-0,059
Trafo Arızası	-0,726	-0,285	0,001	-0,314	-0,235
Cpu Arızası	0,046	0,494	0,615	0,351	0,106
Valf Arızası	0,698	-0,656	-0,040	0,264	-0,018
Governör Arızası	0,160	0,201	0,902	-0,270	-0,187
Ring Arızası	0,698	-0,656	-0,040	0,264	-0,018



Şekil 6.22: Komponent pca dağılımı.

Çizelge 6.27: Değişkenlerin katkısı (%).

	F1	F2	F3	F4	F5
Kazan Boru Patlağı	26,579	0,390	0,096	0,198	0,664
Modül Arızası	12,211	12,679	0,098	4,862	0,088
Filtre Değişimi	6,490	14,331	10,408	8,855	0,085
Reglaj Arızası	5,101	2,554	3,815	37,228	0,414
Vibrasyon Arızası	0,073	0,190	0,560	5,619	87,034
Yakıcı Arızası	6,788	0,986	19,919	12,125	1,322
Damper Arızası	0,515	22,480	14,247	0,390	0,339
Trafo Arızası	14,562	3,068	0,000	6,995	5,442
Cpu Arızası	0,059	9,232	16,096	8,703	1,111
Valf Arızası	13,457	16,276	0,067	4,941	0,034
Governör Arızası	0,707	1,537	34,625	5,144	3,433
Ring Arızası	13,457	16,276	0,067	4,941	0,034

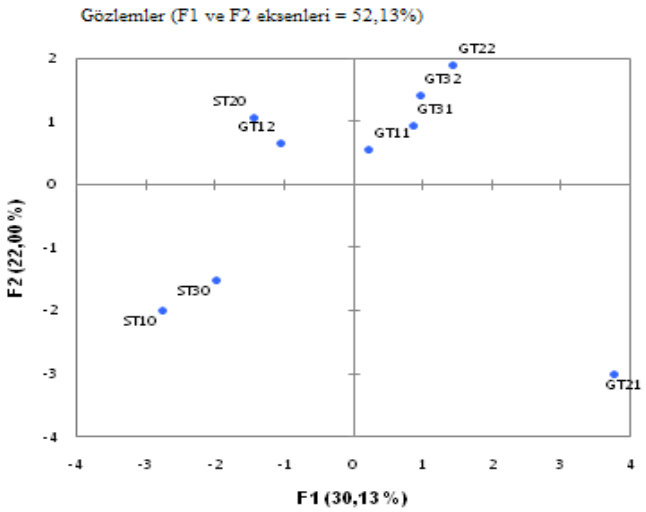
Çizelge 6.28: Değişkenlerin kosinüs kareleri.

	F1	F2	F3	F4	F5
Kazan Boru Patlağı	**0,961**	0,010	0,002	0,003	0,007
Modül Arızası	**0,441**	0,335	0,002	0,069	0,001
Filtre Değişimi	0,235	**0,378**	0,244	0,125	0,001
Reglaj Arızası	0,184	0,067	0,090	**0,526**	0,004
Vibrasyon Arızası	0,003	0,005	0,013	0,079	**0,882**
Yakıcı Arızası	0,245	0,026	**0,468**	0,171	0,013
Damper Arızası	0,019	**0,593**	0,334	0,006	0,003
Trafo Arızası	**0,526**	0,081	0,000	0,099	0,055
Cpu Arızası	0,002	0,244	**0,378**	0,123	0,011
Valf Arızası	**0,487**	0,430	0,002	0,070	0,000
Governör Arızası	0,026	0,041	**0,813**	0,073	0,035
Ring Arızası	**0,487**	0,430	0,002	0,070	0,000

Çizelge 6.29: Faktör skoru.

Gözlem	F1	F2	F3	F4	F5
GT11	0,220	0,553	-0,801	-1,690	1,708
GT12	-1,059	0,667	-0,889	0,853	-0,945
GT21	3,751	-3,013	-0,172	0,888	-0,053
GT22	1,442	1,906	-1,857	-0,654	-1,051
GT31	0,860	0,926	3,907	-0,907	-0,531
GT32	0,959	1,422	-0,607	0,205	0,392
ST10	-2,749	-2,004	-0,311	-0,951	-1,362
ST20	-1,445	1,055	0,696	2,471	0,593
ST30	-1,978	-1,513	0,036	-0,215	1,250

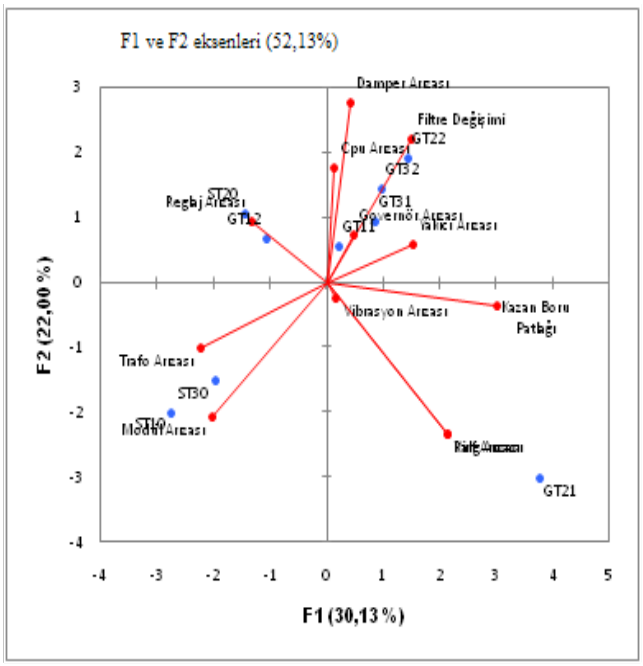
Çizelge 6.28 ve 6.30, değişken ve gözlemlerin kosinüs karelerini göstermektedir. Bu tablodaki değerlerin büyüklüğü kuvvetli ilişkiyi göstermekte yön ise negatif ya da pozitif ilişkiyi işaret etmektedir. Burada sunulan analizlerde sadece ilk iki faktör için olan değerleri kapsamaktadır.



Şekil 6.23: Arıza modlarının pca dağılımı.

Çizelge 6.30: Gözlemlerin katkısı (%).

	F1	F2	F3	F4	F5
GT11	0,148	1,289	3,040	22,452	31,990
GT12	3,450	1,873	3,742	5,721	9,797
GT21	43,246	38,196	0,140	6,207	0,030
GT22	6,388	15,294	16,326	3,367	12,105
GT31	2,273	3,608	72,249	6,461	3,094
GT32	2,826	8,511	1,745	0,329	1,683
ST10	23,224	16,905	0,459	7,109	20,339
ST20	6,419	4,687	2,292	47,989	3,849
ST30	12,025	9,638	0,006	0,364	17,113



Şekil 6.24: Biplot pca dağılımı.

Şekil 6.24 ise değişik arıza türlerinin ilgili ünitelerle ilişkilendirilmeleri gösterilmektedir.

Çizelge 6.31 Gözlemlerin kosinüs kareleri.

	F1	F2	F3	F4	F5
GT11	0,006	0,038	0,080	0,355	**0,363**
GT12	**0,209**	0,083	0,148	0,136	0,167
GT21	**0,586**	0,378	0,001	0,033	0,000
GT22	0,182	**0,318**	0,302	0,037	0,097
GT31	0,041	0,048	**0,848**	0,046	0,016
GT32	0,141	**0,311**	0,057	0,006	0,024
ST10	**0,505**	0,269	0,006	0,060	0,124
ST20	0,202	0,108	0,047	**0,589**	0,034
ST30	**0,419**	0,245	0,000	0,005	0,167

6.13.7 Sayısal analiz sonuçları

6.13.7.1 Pareto analizi sonuçları

Bu kısımda İstatiksel Prosess Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi uygulanarak İstanbul A doğalgaz Kombine Çevrim Santrali İşletme Müdürlüğünde bir uygulama yapılmıştır. Uygulama fabrikada meydana gelen duruşlar üzerinedir. Fabrikada meydana gelen duruşlar Kazan Boru Patlağı Arızaları, Filtre Arızaları, Trafo Arızaları, Vibrasyon Arızaları, Reglaj Arızaları, Damper Arızaları, Yakıcı Arızaları,

Modül Arızaları, Valf Arızaları, Governör Arızaları frekansları tablolaştırılmış ve bu arızalara bağlı olarak Pareto Diyagramı çizilmiştir.

İşletmede 2013-2016 yılları arasındaki duruşlar incelendi ve şu netice elde edildi. Ünitelerin durmasına neden olan en önemli sebep kazan boru patlaklarından kaynaklanmaktadır. Öyle ki 2013-2016 yılları arasında kazan boru patlağı arızasına bağlı olarak üretilemeyen enerji 0,479 TWh olarak ölçülmüştür. Yine aynı dönemde bu arıza yaklaşık 3600 saatlik duruşa sebep olarak santralde enerji üretimini aksatmıştır. Bu kapsamda incelediğimizde işletmenin enerji üretiminin önüne geçen en önemli arızanın kazan boru patlağı olduğu gözlemlenmektedir. İşletmede kazan boru patlaklarına çözüm getirildikçe ünite duruşları azalır ve santralin üretim kapasitesi artar.

6.13.7.1 Ishıkawa diyagramı sonuçları

Pareto Analizi sonuçları kapsamında elde edilen veriler doğrultusunda İşletmede duruşa sebep olan en önemli arıza olarak kazan boru patlakları arızası belirtilmişti. Ishıkawa diyagramında ise bu arızaya sebep olan nedenler ölçüm, malzeme, personel, çevre, metot ve makine faktörleri bakımından incelendi. Özellikle çevre ve malzeme alt birimlerinde karşımıza çıkan aşınım problemi kazan ömrünü kısaltmakta ve bu da kazanın sürekli servis harici olarak İşletmenin enerji üretim kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bakım ekibinin bu kapsamda öncelikle aşınmaya neden olan sebepleri kayıt altına alarak çözüm getirebilecek çalışmalar yapması, gerekirse dış kaynaklı destek alması gerekmektedir. Bununla beraber aşınmaya tedbir olarak kazanda kullanılan saf su verilerinin kontrol sıklığını arttırmak gerekir. Bununla beraber diyagramda gözlemlenen ve personel kaynaklı olan ölçüm hatalarının ve lehim hatalarının kontrol biriminin dikkatiyle minimuma indirilmesi gerekir.

6.13.7.2 Principle component analizi sonuçları

Analizden elde ettiğimiz verilerde Şekil 6.28 Temel Bileşen Analizinin (PCA) nihai hedefi olarak belirlenebilir. Bu görsel İşletmede yaşanılan arızalara iki boyutta gözlemlememizi ve eğilimlerimizi buna göre belirlememizi kolaylaştırır. Çalışmaya konu olan data baseden elde edilen veriler kapsamında PCA uzayının orijinine yakın yer alan Kazan Boru Patlakları ve Filtre Değişimi problemi İşletmenin öncelikli olarak ele alması gereken konular olarak analiz edilmiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma genelinde bahsedildiği üzere özellikle üretim amaçlı işletmelerde güvenli çalışma koşullarının sağlanması, üretim devamlılığının sağlanması, minumum maliyetle maksimum performansın sağlanması bakımından bakım yönetim sistemleri yüksek önem arz etmektedir.

Ancak ülkemizde işletmelerde bakım yönetim sistemleri gerektiği önemi görememektedir. İşletmeler günlük üretimlerinin devamlılığını sağlamak adına bakım planlamalarını ikinci planda tutmaktadırlar. Bunda gelişme doğrultusunda İşletmelerde plansız duruşlar ve duruşlara bağlı olarak üretim kayıpları gerçekleşmektedir.

Sanayisi gelişmiş diğer ülkelerin aksine ülkemizde bakım sistemleri açısından gerekli kestirimci, periyodik bakım uygulamaları yeterince uygulanamamakta ve planlı bakım uygulamalarını destekleyici AR-GE çalışmalarına gerekli yatırımlar yapılamamaktadır.Bunun yanısıra dünya genelinde uygulanmasına başlanılan yeni trend bakım yöntemleri de işletmelerde uygulanamamaktadır.

Bakım sistemlerinin planlanması ve işletme kültürü haline getirilmesi özellikle kurumsal işletmelerde yaygınlaşmaya başlamakta ve performans kriteri durumuna getirilerek izlenmesi sağlanmaktadır.Bu kapsamda ülkemizde yer alan bazı kurumsal işletmeler dünya çapında ödül almaya hak kazanmışlardır.

Bahsedilen bilgiler doğrultusunda işletmelerde birim maliyetleri minimuma indirgemek ve maksimum kar marjinalini sağlamak için, ekipman ömrünü uzatmak ve makine verimliliklerinde artış sağlamak amacıyla işletmeler bünyelerinde gerekli bakım sistemleri yatırımlarını yapmalıdır. Bakım sistemleri ile yapılacak yatırımın geri dönüş süreleri hesaplanmalı ve üst yönetime rapor edilmelidir.

Bakımın son derece önem kazandıgı endüstri dünyasında pek çok çesidi olan bakımyaklasımlarından en uygununun seçilerek endüstriye uyumu saglanmalı veuygulanmalıdır. Burada en önemli ölçüt maliyet olup, kâr amacı ile çelişmeyen bir bakım politikası uygulanmamalıdır.

Bu çalışmada örnek çalışma olarak ele alınan EÜAŞ İstanbul A Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali ele alındığında çalışmaya söz konusu süre içinde yıllık üretimmiktarının yaklaşık **8.000.000.000** kWh, kapasite faktörünün ortalama **%70** ve emre amadeliğin santral geneli **%90** olduğu görülmektedir. Duruşların yaklaşık %30' luk kısmını planlanmış bakım aktiviteleri ve%70'lik kısmını ise plansız duruşlar oluşturmakta ve bu duruşların tesiste meydana gelen anlık arızalardan kaynaklı olduğu görülmektedir. Arızalardan en sık raslanan ve en çok üretimkaybına neden olanların kazan boru patlakları ve titreşim nedenli arızalardan oluştuğu görülmektedir. Bu arızaların minimize edilmesi ile sistemin emre amadeliğinin önemli miktarda artması sistemin daha verimli çalışması sağlanabilir. Bu çalışmada Pareto, Ishikawa ve Temel Bileşen analizleri ile arızalar ve kök nedenleri yönünde öneriler geliştirilmiştir. Arızalar arasında ilişkilerin belirlenmesi alınacak önlemlerin alınması için temel teşkil etmektedir. Ancak daha detaylı yapılacak çalışmalar ile sistemin daha yüksek performanslı çalışması sağlanacaktır. Bu analizlerin yapılması için gerekli detaylı verilere ulaşılamamıştır. Bu da bakım yönetiminde veri toplamının işletmelerin bakım yönetimi analizine olan önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Baskak, M. (2005). *Bakım Yönetimi.* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Er, E. (2004). *Bakım Yönetimi ve Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin Türkiye'de Uygulama Düzeyi* (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Erçelebi, S. G., ve Ergin, H. (1997). Maden Makinelerinde Koruyucu Bakım Onarım Planlaması, *Türkiye 15. Madencilik Kongresi,* (s:125-132). Ankara, Türkiye: 6-9 Mayıs.

EÜAŞ (2000). *EÜAŞ İstanbul A Termik Santrali Tanıtım Kitabı,* İstanbul: EÜAŞ

EÜAŞ (2013). *EÜAŞ İstanbul A Fueloil ve DGKÇ Santrali Entegre Yönetim Sistemi Kalite El Kitapları,* İstanbul: EÜAŞ

EÜAŞ (2013). *EÜAŞ İstanbul A Tesis Müdürlüğü Yıllık Faaliyet İncelemesi Raporu,* (Rapor No: EÜAŞ: 2013/1). İstanbul : EÜAŞ

EÜAŞ (2014). *PERİDSİS Tasarım Sistemleri El Kitabı*, İstanbul: EÜAŞ

EÜAŞ (2015). *BYS Tanıtım Kitabı,* İstanbul: EÜAŞ

Gharbi, A., Kenne, J. P. &Beit, M. (2007). Optimal safety stocks and preventive maintenance periods in unreliable manufacturing systems. *Int. J. Production Economics*, 107, (s. 422-434).

Kocaciğer, H. (2003). Durum Kontrollü Bakım Sistemi, *Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi*, (s. 127-141), MMO, Denizli, 16-19 Ekim.

Swanson. L. (2001). Linking maintenance strategies to performance, *Int. J. Production Economics*, 70, (s. 237-244).

Tavukçuoğlu, M. (2003). Toplam Verimli Bakım ve Bakım Organizasyonu Yönetim Sistemi, *Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi*, (s. 105-118). MMO, Denizli, 16-19 Ekim.

Ünal, G. (2009). *Güvenilirlik Merkezli Bakım ve Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Worsham, C.W. (2004). Önleyici Bakım Gerekli midir? *Mühendis ve Makine Dergisi*, 45, Sayı 538, (s. 21-23).

Url-1 <*http://www.artesis.com.tr*>, erişim tarihi 12.04.2016

Url-2 <*http://www.xlstat.com*>, erişim tarihi 12.04.2016

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad **:** Çağatay Araz

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Ordu 09.08.1987

E-Posta **:** caraz@thy.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** **:**2009, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM:

07.2015 –	THY / İstanbul Uçuş İşletme Başkanlığı / II. Pilot
08.2012 – 07.2015	EÜAŞ İstanbul A Termik Santrali/ İstanbul DGKÇ Santrali / Ölçü-Kontrol Mühendisi
03.2010 – 08.2012	Türk Telekom A.Ş/ İstanbul Türk Telekom Akademi / Uzman Yardımcısı