



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**BİYOKÜTLE ENERJİ SANTRALLERİNİN EKİPMAN VE
ARMATÜRLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yüksel SARIKAYA

Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa CEYLAN

TOKAT-2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Mustafa Ceylan'ın danışmanlığında hazırlamış olduğum "Biyokütle Enerji Santrallerinin Ekipman ve Armatürlerinin İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönünden İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

04/12/ 2024

Yüksel SARIKAYA

İmza

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamı yaparken tesisleri incelememde yardımcı olan iş güvenliği uzmanı Yasin CENGİZ'e ve Özgür YAPICI'ya,

Çok büyük desteğini gördüğüm danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa CEYLAN'a,

İş sağlığı ve güvenliği anabilim dalı başkanımız değerli hocam sayın Prof. Dr. Yakup BUDAK'a,

Ayrıca her koşulda yardımını esirgemeyen sayın Dr. Fatih YAŞAR'a,

Ve her zaman yanımda desteğini esirgemeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Yüksel SARIKAYA

04/12/2024

ÖZET

BİYOKÜTLE ENERJİ SANTRALLERİNİN EKİPMAN VE ARMATÜRLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

Sarıkaya, Yüksel

Yüksek Lisans Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı

Tez danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Ceylan

Şubat 2024, xi + 71 sayfa

Dünyadaki nüfus artışıyla birlikte enerjiye olan talep de büyük oranda artmıştır. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını çoğunlukla fosil yakıtlardan sağlamakta iken son dönemlerde fosil yakıtların, önümüzdeki yüz yıllar içinde tükeneceği varsayılmaktadır. Fosil yakıtların çevreye olan zararı ülkeleri alternatif enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Bu bağlamda ülkeler enerjilerinin bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerji sistemleri, yakıt temininin kolay olmasından ötürü talebi artan alternatif enerji kaynaklarından olmuştur. İleriki zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının fosil yakıt kullanımına oranının artacağı, artan bu oranın dünyadaki karbon salınımını azaltacağı ön görülmektedir. Türkiye de birçok ilimize biyokütle enerji santralleri kurulumu yapılmış, birçoğu da yapım aşamasındadır. Bu enerji santrallerinde iş sağlığı ve güvenliğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Biyokütle enerji santrallerinde, çalışan yöneticiler, teknik personeller, kumanda operatörleri, iş makinesi operatörleri vb. çalışanlar iş kazalarına sebebiyet vermeyecek şekilde teknik bilgi ve donanıma sahip, mesleki yeterlilik belgesi ve sertifika sahibi personeller den oluşması gerekmektedir. Santrallerde yetiştirilecek personellere, sahaya hâkim malzeme ve işletme konusunda deneyimli uzman kişiler ve eğiticiler tarafından eğitimlerin verilmesi uygun olacaktır. Bu tez çalışmamızda amacımız biyokütle enerji santrallerinin yüksek basınçlı buhar kazanı ve türbin kısmında çalışan ve ileriki dönemlerde bu tür enerji tesislerinde çalışacak teknik personelleri; tesiste kullanılan ekipman ve armatürlerin teknik bilgileri, detayları, prosesteki yerleri, çalışma prensipleri, hakkında bilgilendirmek ve bu ürünlerden kaynaklı oluşması muhtemel iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önüne

geçebilmektir. Endüstride kullanılan yüksek ve düşük basınçlı buhar kazanların ekipman ve armatürlerinin de benzerlik göstermesinden ötürü kazan dairelerinde oluşması muhtemel iş kazaları ve meslek hastalıklarının önüne geçebilme adına da yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Türkiye de yapılmış ve yapımı devam eden biyokütle enerji tesislerimizde ve endüstriyel buhar kazanı kullanılan tesislerdeki çalışan teknik personeller ve iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarıyla yaptığımız mülakatlar neticesinde tesislerin işleyişi ve mekanik aksamlar hakkında bilgiler edinilmiştir. Yapılan araştırmalar çerçevesinde biyokütle enerji santrallerinin yeni yeni sektördeki yerini almasından dolayı tesislerde kullanılan ekipmanlarında bazılarının farklılık göstermesi, çalışan personellerin yeteri kadar santrallere ve kullanılan armatür ve ekipmanlara hâkim olmadıkları, birçok eksik bilgiyle çalışmalarını sürdürdükleri gözlemlenmiştir. Genellikle personeller, santrallerin kurulduğu bölgelerden seçilmektedir. Bu personellerin iyi şekilde yetiştirilmeleri için ellerinde ekipman ve armatürlerin tanıtıldığı, bu kısımların oluşturabilecekleri zararları yazılı bir şekilde anlatan kaynağın olması gerektiği düşünülmektedir. Aynı zamanda çalışanların, santrale karşı iş kazaları yönünden ön yargılarını azaltacaktır. Enerji santrallerinin çalıştırılmasına katkı sağlayan tecrübeli personellerin yetişmesi uzun zamanlar almaktadır. Kısa zamanda daha tecrübeli çalışanların yetiştirilebilmesini mümkün kılmak için, daha sağlıklı ortamlarda çalışmalarını ve işin devamlılığını sağlamak için; çalışanlara doğru bilgiler ve örneklerle donatılmış yazılı kaynaklar sunulmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Soot Blower, Scada, Reküperatör, Minimum Flow, Steam Drum, Ekonomizer, Degazör

ABSTRACT

INSPECTION OF OF EQUIPMENT AND ARMATURES OF BIOMASS POWER PLANTS IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Sarıkaya, Yüksel

Master's Thesis, Occupational Health and Safety Department

Advisor: Prof. Dr. Mustafa Ceylan

February 2024, xi + 71 pages

With the population growth in the world, the demand for energy has also increased significantly. While countries mostly meet their energy needs from fossil fuels, it is recently predicted that fossil fuels will be depleted within the next hundred years. The harm of fossil fuels to the environment has led countries to search for alternative energy sources. In this context, countries have started to provide some of their energy from renewable energy sources. Biomass systems, one of the renewable energy sources, have become one of the alternative energy sources with increasing demand due to the ease of supplying fuel. It is predicted that the use of biomass energy sources will be greater than the use of fossil fuels in the future and the carbon footprint in the world will decrease. Biomass power plants have been installed in many provinces in Turkey, and many of them are under construction. The importance of occupational health and safety in these power plants is increasing day by day. In biomass power plants, working managers, technical personnel, control operators, work machine operators, etc. The employees must have technical knowledge and equipment, and have professional qualification certificates and certificates in order not to cause work accidents. It would be appropriate to provide training to the personnel to be trained in the power plants by experts and trainers who are experienced in the field of equipment and operation. Our aim in this thesis study is to identify technical personnel working in the high-temperature steam boiler and turbine sections of biomass power plants and those who will be employed in such energy facilities in the future; Technical information, details of the equipment and equipment used, their order in the process, working principles, general information and the products created by this growth are to prevent possible work accidents and

occupational diseases. Due to the wide range of equipment and armatures of high and low steam boilers used in the industry, growth in boiler rooms is the future of the guide in order to prevent possible work accidents and occupational diseases. Information was obtained about the occupational health and life of the technical personnel working in our biomass energy facilities built and ongoing in Turkey and facilities using industrial steam boilers, as well as the interruptions made, backup of the facilities and mechanical parts. Within the framework of the research conducted, it has been observed that some of the equipment used in the facilities differ as biomass power plants have just taken their place in the sector, that the working personnel do not have sufficient knowledge of the plants and the fixtures and equipment used, and that they continue their work with a lot of incomplete information. Generally, personnel are selected from the regions where the power plants are established. It is thought that in order for these personnel to be trained well, there should be a source that explains the equipment and fixtures in their possession and explains the damages that these parts may cause in written form. At the same time, it will reduce employees' prejudices against the power plant in terms of work accidents. It takes a long time to train experienced personnel who contribute to the operation of power plants. In order to make it possible to train more experienced employees in a short time, to work in healthier environments and to ensure the continuity of the business; it is thought that it would be appropriate to provide written resources to employees with accurate information and examples.

Keywords: Biomass, Soot Blower, Scada, Recuperator, Minimum Flow, Steam Drum, Economizer, Degasser

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ETİK SÖZLEŞME.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. TEORİK BİLGİLER	4
2.1. Biyokütle Nedir?	4
2.2. Biyokütle Enerji Santrali Nedir?	5
2.3. Biyokütle tesislerindeki Ekipmanlar (Donanımlar)	7
2.3.1. Baca fanı	7
2.3.2. Yakma fanı.....	9
2.3.3. Yanma ocağı	10
2.3.4. Buhar kızdırıcıları-superheater	11
2.3.5. Degazör tankı	12
2.3.6. Kondens tankı	14
2.3.7. Su yumuşatma ve hazırlama üniteleri	14
2.3.8. Besi suyu pompaları.....	16
2.3.9. Multi siklon.....	18
2.3.10. Reküperatör-hava ısıtıcı	19
2.3.11. Baca ünitesi	20
2.3.12. Islak filtre	22
2.3.13. Esp (elektrostatik) ve Torbalı filtrasyon	22

2.3.14.	Tesisat boruları.....	23
2.3.15.	Ekonomizer	25
2.3.16.	Yakıt besleme ve hazırlama sitemleri	26
2.3.17.	Cüruf deşarj sistemleri	27
2.3.18.	Buhar soğutma sistemleri.....	29
2.3.19.	Desuperheater.....	29
2.3.20.	Buhar Türbini	30
2.3.21.	Trafo sistemi.....	32
2.3.22.	Elektrik ve otomasyon panoları	33
2.3.23.	Jeneratörler	36
2.3.24.	Yangın tesisatı ve pompa sistemleri.....	37
2.3.25.	Su borulu kazan.....	37
2.3.26.	Steam drum	39
2.3.27.	Soot blower	40
2.3.28.	Buhar susturucu üniteleri	41
2.3.29.	Kompresör	43
2.3.30.	İzolasyon	43
2.4.	Biyokütle tesislerindeki armatürler	44
2.4.1.	Buhar vanası	44
2.4.2.	Emniyet vanası.....	45
2.4.3.	Su seviye cihazları	46
2.4.4.	Basınç ölçüm transmiteri	47
2.4.5.	Basınç prosestatı	48
2.4.6.	Manometre	49
2.4.7.	Çekvalf (çek vana)	49
2.4.8.	Kompansatör	50

2.4.9.	Kondenstop	51
2.4.10.	Buhar sayacı	52
2.4.11.	Otomatik Yüzey ve dip blöf vanaları	52
2.4.12.	Basınç düşürücü vana.....	53
2.4.13.	Pislik tutucu filtreler.....	54
2.4.14.	PT100-Termokupl ısı sensörleri.....	55
2.4.15.	Minimum akış vanası	56
2.4.16.	Debimetre	57
2.4.17.	Motorlu Hava kilidi.....	57
2.4.18.	Baca analiz ölçüm cihazı.....	59
2.4.19.	Vakum transmiiteri.....	59
3.	YÖNTEM VE BULGULAR.....	61
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
	KAYNAKLAR	68
	EKLER.....	71
	ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil Numarası	Sayfa
Şekil 2.1. Biyokütle Enerji Santrali Örnek Akış Şeması	6
Şekil 2.2. Titreşim Alıcısı Olmayan Fan	8
Şekil 2.3. Su Yumuşatma Ünitesi	15
Şekil 2.4. Kazan Besi Suyu Pompası	17
Şekil 2.5. Multi Siklon	19
Şekil 2.6. Baca Sistemi	21
Şekil 2.7. Kazan Ekran Boruları	24
Şekil 2.8. Yakıt Besleme Sistemleri	27
Şekil 2.9. Cüruf Taşıma Sitemi	28
Şekil 2.10. Desuperheater-Buhar Soğutma Sistemi	30
Şekil 2.11. Buhar Türbini	31
Şekil 2.12. Trafo merkezi	33
Şekil 2.13. Elektrik ve Otomasyon Panoları	36
Şekil 2.14. Su Borulu Biyokütle Kazan Tesisi	39
Şekil 2.15. Buhar Drum	40
Şekil 2.16. Soot Blower	41
Şekil 2.17. Susturucu Blöf Tankı	42
Şekil 2.18. İki Yollu Elektrik Aktuatörlü Vana	45
Şekil 2.19. Su Seviye Cihazı	47
Şekil 2.20. Flanş Montajlı Çekvalf	50
Şekil 2.21. Kompansatör	51
Şekil 2.22. Pislik Tutucu	54
Şekil 2.23. Termovelli Termokupl	55
Şekil 2.24. Minimum Flow Vanası	57
Şekil 2.25. Hava Kilidi	58

KISALTMALAR LİSTESİ

Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)

Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (SCADA)

Elektro statik filtre (ESP)

Kişisel koruyucu donanım(KKD)

Amerikan test ve malzeme kurulu (ASTM)



1. GİRİŞ

Biyokütle enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretebilmek için yüksek basınç ve sıcaklığa sahip buhar kazanlarının kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye de enerji santrallerinin kurulumunun birçoğu yurt dışı firmaları tarafından yapılmaktadır. Bazı yurtdışı firmaları yüksek basınçlı buhar kazanı kısımlarını Türkiye'deki çözüm ortaklarıyla birlikte imal ettikleri bilinmektedir. İmalat ve şantiye aşamalarında geçmişteki saha izlenimlerimizde birçok iş kazasına maruz kalındığı, bu tür şantiyelerdeki kazaların ciddi sonuçlarının olduğu bilinmektedir. Geçmişteki kazalardan ders çıkararak bundan sonrada herhangi bir iş kazasına sebebiyet vermemek adına santrallerin kurulum aşamasından itibaren iş güvenliği uzmanlarının ve çalışmaların yapıldığı sahadaki işkoluna ait mühendislerin de bulunduğu ekip tarafından kurulum yapılmalıdır. Biyokütle Enerji üretim tesisleri, işyerlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından yer aldığı tehlike sınıfları belirlenirken, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının 27417 sayılı Resmî gazetede yayınlan tebliğinde, elektrik enerjisi üretim tesislerinin çok Tehlikeli sınıfta yer aldığı bilinmektedir. Enerji üretim tesislerinin çok tehlikeli iş kolu sınıfında yer almasından dolayı, yakıtın santrale girişinden hazırlanmasına, taşınmasına, yakılmasına, yakılan yakıtın yüksek basınçlı buhar enerjisi üretiminde kullanılmasına, buhar enerjisinin üretilmesiyle sistemde eksilen temiz suyun temininden kazana girişine, buharın türbine verilmesiyle elektrik enerjisine dönüştürülmesine, bu enerjinin şebekeye verilmesine, ocakta yanan gazların hava kanalları ve fanlar yardımıyla dışarı atılmasına kadar sistemin çalışmasına yardımcı olan tüm ekipman ve armatürlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelenmesinin yapılacağı ve bu incelemeler neticesinde iş kazası ve meslek hastalık oranlarının azalmasında büyük katkı sağlayacağı düşünülmüş bu konuda çalışma yapılması ihtiyaca hasıl olmuştur. Bundan dolayı tesiste kullanılacak her bir cihazın, armatürün ve ekipmanın sisteme uygunluğu, montaj yerleri, çalışma prensibi, prosesteki yeri, iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir. Biyokütle enerji santralleri ve Endüstriyel buhar kazanların bulunduğu tesislerdeki bazı ekipman ve armatürlerin çalışma prensiplerinin benzerlik gösterdiği bilinmektedir. Bu alanlarda yapılacak çalışmalar biyokütle enerji santrallerinin dışında endüstride kullanılan buhar kazanlarının kullanıldığı tesislere de fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Biyokütle enerji santrallerinde çalışan personellerin, çalıştıkları bu tesislerde kullandıkları ekipman ve armatürlerin kullanım amaçlarının, prosesteki önemlerinin, sistemde eksiklikleri sonucunda oluşabilecek olumsuz durumların, İş Sağlığı ve Güvenliği yönünden ne gibi sorunlar çıkaracağı ve bu sorunların hangi yöntemlerle aşılabileceği, konularında tesislerde yapılan mülakatlar neticesinde tatmin edici bilgilerin alınamamasından, ayrıca kurulma aşamasında ve ileriki dönemlerde yapılması planlanan biyokütle enerji santrallerinde çalışmayı düşünen kişiler de göz önünde bulundurularak, tesislerdeki bu eksikliğin giderilmesi, iş kazası meslek hastalıklarını minimum seviyelere indirecek bilgi eksikliklerinin giderilmesine büyük katkı sağlayacağı yazılı bir kaynağın bulunmasının gerekli olduğu düşünülmüştür. Geçmişte biyokütle santralleri hakkında ki literatür çalışmaları incelendiğinde;

Kapluhan (2014) yaptığı çalışmada biyokütle yakıtlarından elde edilen enerjinin dünyada ve Türkiye’de kullanımı, biyokütle yakıtların neden kullanılması gerektiği, kalkınmaya olan faydaları, sürdürülebilirlik ve enerji alanında değerlendirilmesi konularını ele almıştır.

Karayılmazlar ve arkadaşları (2011), biyokütlenin Türkiye’deki enerji sistemlerin de kullanımı, biyokütle yakıtların oluşturulurken kullanılan yöntemler, oluşturulan bu yakıtların hangi alanlarda kullanılabileceği, biyokütlenin şu anda ve gelecekte dünyadaki yeri, Türkiye için avantajlarından bahsedilmiştir.

Al (2021), biyokütle Enerji Santrallerinde değerlendirilen tarımsal atıklar. Şanlıurfa ilindeki yapılan tarımdan açığa çıkan atıkların enerji dönüşümündeki yeri ve diğer illerimizde kurulmuş olan biyokütle santralleriyle kıyaslanması, bu ilde enerjinin devamlılığının yapılan tarımdan dolayı mümkün olduğu konusyla ilgili çalışma yapılmıştır.

Ersöz ve arkadaşları (2015), biyokütle enerji santrallerinin maliyet değerlendirmeleri, OECD ülkelerinin biyokütle enerji üretimindeki oranları, ülkelerin enerji benzerlikleri yönünden sınıflandırılması Türkiye’nin bu sınıflandırmadaki yeri ve hangi ülkelerle hangi sınıfta olduğu, konulardan oluşan çalışma yapıldığı tespit edilmiştir.

Kayısoğlu ve Diken (2020), Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının sorunlarının araştırılması, Türkiye'de ki biyokütle enerji kaynaklarının potansiyeli, bu kaynakların enerji alanında değerlendirilip değerlendirilemediği ve enerjinin değerlendirilmesinin önündeki engeller ve çözümleri sunulmuştur. Bu kaynakta Türkiye'de biyokütle yakıtlarının değerlendirilmesi ve enerjide kullanımının arttırılması yönünden çalışma yapılmıştır.

Rohr ve arkadaşları (2015) biyokütle yakıtlı enerji santrallerinde gaz ve toza maruz kalınması, biyokütle enerjisinin toz yakılmadan önce, yakılma anındaki ve cüruf aşamalarındaki gaz, toz ve mantar oluşumlarının araştırılması yapılmıştır.

Jumpponen ve arkadaşları (2014) biyokütle yakıtlı enerji santrallerinde katı kimyasal maddelere mesleki maruz kalma ve buna bağlı sağlıkta ki etkileri ele alınmıştır. Biyokütle kazanlarında toz temizliği yapan çalışanların alüminyum, arsenik, kurşun, kadmiyum ve manganeye maruz kalmaları sonucu oluşacak hastalıklar incelenmiştir, toz temizliğin de kullanılmasının uygun olacağı maske çeşidi belirlenmiştir.

Yaptığımız literatür taramalarında biyokütle yakıtların sektördeki varlığı, maliyetleri, açığa çıkarılan enerjinin kullanımı, ülkelerin biyokütle kullanımında ki payları, gibi yakıtların; özellikleriyle, maliyetleriyle, teminiyle, çevresel etkileriyle, yakıtların oluşturacağı kimyasal sorunlarla alakalı çalışmalar yapıldığı saptanmış olduğu, biyokütle enerji santrallerinde kullanılan armatür ve ekipmanların iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelenmesinin ve araştırmasının yapılmadığı anlaşılmış, bu yönüyle de özgün bir çalışma olacağı düşünülmektedir. Literatürdeki bu boşluğun doldurulması, sonraki çalışmalara ışık tutması, yazılı bir kaynak olarak kolayca erişilebileceği ayrıca endüstrideki buhar kazanlarının kullanıldığı tüm tesislere de yol göstereceği düşünüldüğünden endüstriye büyük katkı sağlayacağı kanısına varılmıştır.

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Biyokütle Nedir?

Biyokütle yakıtlar; doğada kısa süre içerisinde yenilenebilen, bitkiler, orman atıkları, hayvan atıkları, kent atıkları, gıda sektöründeki atıklardan elde edilebilen enerjiye dönüştürülen atıklardır. biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. Bu enerji; elde etmiş olduğumuz biyokütle yakıtlarının yakılmasıyla açığa çıkmaktadır. Bu ısı enerjisini endüstriyel yüksek basınçlı kazanlarda kullanmak suretiyle buhar basıncına dönüştürdükten sonra türbinin elektrik enerjisi üretmesini sağlanmaktadır.

Dünyada ki nüfusun hızla artmasıyla birlikte enerjiye olan taleplerde büyük artış olduğu bilinmektedir. Gelişen dünyada ülkeler enerji ihtiyaçlarının büyük çoğunluğunu fosil yakıtlardan sağlamakta iken, son yıllarda fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar, yenilenebilir olmaması, kullanılmasından ötürü geri dönüşü olmayan zararlar ve iklim değişikliklerinin yaşanması, ülkeleri alternatif enerji kaynak kullanımına yöneltmiştir. Bu enerji kaynaklarından biyokütle enerji kaynakları kullanımı da büyük oranda artış göstermiştir.

Biyokütle yakıtların yanma özelliklerine göre biyokütle enerji santralleri, yanma ocak tasarımları yapılmaktadır. Ülkeler kayda değer enerji ihtiyaçlarını artık yenilenebilir kaynaklardan sağlamak üzere yatırımlarını artırmışlardır. Bundan dolayı biyokütle yakıtlarıyla enerji üretimi de enerji sektöründeki önemini artırmış bulunmaktadır. Her biyokütle yakıtın, yanma verimi, kalori değerleri, kül oranları farklıdır. Yeni kurulmak istenen bir tesis için iyi bir fizibilite çalışması yapıldıktan sonra imalat aşamasına geçilmelidir. Biyokütle yakıtlar enerji santrallerinde yanma ocaklarında yakılıp ısı açığa çıkarılıp çıkan ısıyla buhar kazanındaki su ısıtılıp yüksek basınçlı kızgın buhar fazına çevrilip elektrik enerjisi üretimi için türbine gönderilir, türbin rotoru yüksek basınçlı buharla dönmeye başlar ve elektrik enerjisi üretilir. Üretilen enerji senkronizasyon panoları yardımıyla şebekeye verilmektedir.

Zamanla üretilen enerji miktarı arttıkça yeni tesisler kuruldukça fosil yakıt olan talepler azalacak ve çevre kirliliğinin de önüne büyük ölçüde geçilmiş olacaktır.

Biyokütle enerji santrallerinde enerji üretimi yapılırken, mal kabul aşaması, yakıt besleme üniteleri, santralin su temini, yüksek basınçlı buhar kazanın üzerinde kullanılan ekipman ve armatürler, yangın hatları, havalandırma üniteleri, türbin kısmı, elektrik sistemleri santralin içerisinde enerji üretiminde kullanılan tüm armatürlerin ve ekipmanların iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelemesini yapılacaktır. Bu kapsamda tesiste kullanılan ekipman ve armatürlerin teknik tanımları ve özellikleri hangi ekipmanın ne gibi iş kazalarına yol açabileceği ve iş kazasına yol açmaması için ne gibi önlemlerin alınabileceği, teknik personellerin mesleki yeterliliklerinin incelemeleri. Amacımız enerji santrallerinde enerji üretimi yapılırken çalışan personellere tesiste kullanılan ekipman ve armatürlerin anlaşılır ve açık şekilde tanıtılması, prosesteki önemleri, bu cihaz ve armatürlerin sebep olabilecekleri kazalar hakkında bilgi sunulması, oluşabilecek arızaların kaynaklarını tespit edebilmesi, herhangi bir iş kazasına ve meslek hastalığına sebebiyet vermeyecek şekilde çözümler sunması, daha güvenli bir çalışma ortamı sağlanmasını, gelecekte tesislerde çalışacak personellerin elinde yazılı kaynağın bulunması ve çevrenin olumsuz olarak az etkilenmesi amaçlanmıştır.

2.2. Biyokütle Enerji Santrali Nedir?

Biyokütle enerji santralleri, doğadaki orman atıkları, evsel atıklar, gıda atıkları, tarım atıkları, hayvan atıklarının diğer bir deyişle organik atıkların yüksek basınçlı buhar kazanlarının ocaklarında yakılarak açığa çıkarılan ısı enerjisinin kızgın buhar enerjisine dönüştürüp yüksek basınçlarda türbinle elektrik enerjisi üretimi yapabilen tesislere denir.

Biyokütle enerji santralleri son yıllarda ülkemizde varlığını artırmakla birlikte enerji arzında ki payı geçmiş yıllara göre yükselmektedir. Biyokütle enerji santralleri kurulumlarında ve enerji üretim aşamalarında birçok olumsuz iş kazalarıyla karşılaşilmektedir. Bu iş kazalarının azaltılması veya minimize edilebilmesi için tesislerde çalışacak personellerin yapacakları işlerle alakalı yerlilik belgelerinin olması işe başlama ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin eksiksiz şekilde verilmesi gerekmektedir. Bu tesislerin kurulum aşamasından üretim aşaması süresince iş

Tesislerde gerekli tedbirlerin alınmadığı sadece üretim odaklı çalışıldığı gözlenmiştir. Yetkili kişiler eksikler konusunda bilgilendirilmiştir. Bu tip ve benzeri Elektrik Santralleri birçok ekipman, armatürden ve mekanik parçaların bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Bu ekipman ve armatürlerin montaj yerlerinde her birinin tesisin çalışmasında çok kritik görevleri vardır. Bundan dolayı bu parçaların iyi bir şekilde öğrenilmesi ve anlaşılması gerekir. Şekil 2.1.'de ileri itimli su borulu drum haznesi dışta olan donanımları numaralandırılmış örnek Biyokütle enerji santrali akış şeması verilmiştir. Bu akış şemalarının tüm tesislerde operatörlerin olduğu kumanda odalarında bulunmasının işin bütünsel olarak kavranması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

2.3. Biyokütle tesislerindeki Ekipmanlar (Donanımlar)

Bu kısımda biyokütle santrallerinde kullanılan ekipmanlardan bazılarına yer verilecektir. Bu ekipmanların sayısı tesisin işlevi ve büyüklüğüne göre değişim gösterebilmektedir.

2.3.1. Baca fanı

Biyokütle enerji santrallerinde kullanılan yüksek basınçlı buhar kazanların yanma odasında yanan biyokütle yakıtından açığa çıkan yüksek ısılı egzoz gazlarının cebri olarak bacaya taşınmasını yapan endüstriyel fanlardır. Baca fanları tasarlanırken yüksek ısılara ve bacaya transfer olan partiküllerin oluşturacağı aşınmalara karşı dayanıklı malzemeden imal edilmiş olması gerekir. Eğer fanda kullanılan malzeme kalitesi düşük tutulursa fan gövdesinde partikül sürtünmesinden kaynaklı delinmeler oluşacaktır, buralardaki açıklıklardan karbon monoksit, kükürt dioksit, karbondioksit gibi zararlı egzoz gazlarının ortama salınacağı ve solunum yolu hastalıklarına yol açacağı bilinmelidir. Bu tarz bir gaz kaçağı durumunda sistem durdurulup tamir

edilmelidir. Tamir yapılmadan gaz kaçağlarının olduğu bölgelerde çalışmalar yapılmamalı ve maskesiz müdahaleler edilmemelidir.

Baca fanlarının buhar kazanının gövdesinden bağımsız olarak titreşimleri sönümleyen ısıya dayanıklı yanmaz kumaşlardan kompensatör ve montaj ayaklarına titreşim sönümleyici lastik takozlar yapılması, baca fanına gelen titreşimleri sönümleyip fanda balans oluşumunu engelleyecektir. Şekil 2.2.'de titreşim sönümleyici lastik takozları olmayan balans yapmaya müsait fanı görmektesiniz. Eğer fanda balans oluşursa fan içerisindeki rotor kanatlarında kopmalar ve fanın parçalanıp çevredeki personel ve sistemlere zarar vermesiyle çok ciddi iş kazaları oluşmasına sebep olacaktır. Fan çalışırken sarsıntı veya sesinde herhangi bir uğultu oluşması durumunda yetkililere haber verilmelidir. Balans için tornaya gönderilen fanlarda kanat kaynaklarından torna yapılmasına izin verilmemelidir, herhangi bir şüpheli durumda fan rotorunun montajının yapılmaması gereklidir. Varsa yedek rotorla değiştirilmesi tavsiye edilmelidir.



Şekil 2.2. Titreşim Alıcısı Olmayan Fan

(Henan Zhirong Blower Co, 2023)

Baca fanlarında kazandan gelen yüksek sıcaklıklı egzoz gazından dolayı dış kısımlarında, insan vücudunda ciddi yanıklar oluşturabilecek ısı mevcuttur. Bu ısı aynı zamanda fan üzerinde birikmesi muhtemel yakıt tozlarının alevlenmesine yol açacaktır. Bundan dolayı ısı kaçaklarının engellenmesi ve iş kazalarına yol açmaması için ısı yüzeyleri izolasyon malzemesiyle kapatılmalı, fanların elektrik motor bağlantıları yanmaz kablo ve yanmaz sprell hortumlarla yapılmalıdır. Yanmaz malzeme kullanılmadığı takdirde kabloların ısıyla teması ya da motorların yüksek akımlarda çalışması durumunda kablo erimesi sonucu gövdeye elektrik kaçağı olacağı bilinmelidir.

Fanların rulmanlarının rutin yağlama yapılması, varsa rulman soğutma sistemlerinin çalışıp çalışmadığı sürekli kontrol edilmelidir. Bir bacaya sadece bir adet fan bağlanmalı aksi halde biri diğerinden hava emişi yapacağından veya basma ağzında basınç oluşturacağından kazanlardaki yanma değerleri değişecektir, çalışmayan kazanın fan rotoru vakumdan ya da ventürü yapıp dönmesinden dolayı gaz çekişi olup ciddi iş kazaları oluşturacağı unutulmamalıdır. Çok dikkat edilmesi gereken montaj hatalarındandır. Her yıl kontrolleri yetkili firmalar tarafından yapılmalıdır. Kayış kasnak kısımlarının muhafazalı olmasına dikkat edilmeli, fanın üzerine uyarı işaretlerinin konulmuş olması gereklidir. Fan davlumbazlarının ön ve arka kısmına fan parçalanmalarına karşı beton bariyerlerin yapılmasının koruma için uygun olacağı düşünülmektedir.

2.3.2. Yakma fanı

Ortamdan emmiş olduğu taze havayı; reküperatörden geçirdikten sonra kazan yanma odasına ısınmış halde transferini sağlayan endüstriyel tip fanlardır. Yakma fanlarının debileri ve basınçları kazan kapasitesine uygun seçilmelidir, kullanılacak yakıt cinsine göre fanların kapasiteleri değişkenlik gösterebilmektedir. Bu fanlar reküperatörden ısınan havayı yanma odasına transfer ederken gövde kısımları ve hava kanalları yüksek ısılara maruz kalacak, bu kısımlara temas edildiğinde vücutta yanık yaralanmalarına sebebiyet vereceğinden izolasyonla kaplanması büyük önem arz etmektedir. Bu fanların ortamdan taze hava emdiğinden dolayı herhangi bir kazaya sebebiyet vermemesi için emiş ağızlarının ızgaralı kapaklarla kapatılması uygun

olacaktır. Izgarayla kaplanmadığı durumlarda fanın emiş ağzından personelin iş elbise, dışardan yabancı cisimler fanın rotor kısmına girdiğinde ölümlerle sonuçlanabilecek iş kazaları ya da ağır yaralanmalı iş kazaları oluşabilecektir. Fanın iç kısmına yabancı cisimlerin kaçmasının sonucunda içeride yüksek devirde dönen rotor kanatlarına çapması sonucunda fan kanat parçalanmaları, dış kısımlara kesici demir parçaları fırlatması muhtemeldir.

Fan şaseleri, emiş ve basma hava kanallarının ısıya dayanıklı kumaştan kompansatörle montajının yapılması sağlam malzemeden imal edilmiş şasede titreşim sönümleyici lastik takozlar olması gerekir. Fan motorlarının elektrik bağlantıları ısıya dayanıklı yanmaz ve blendajlı kablolarla yapılmalı, emme ve basma hatları arasına vakum transmidi takılarak fan tıkanıklığı kontrol edilebilir. Bu fanlar tozlu ortamlarda çalıştılarından mikron seviyesindeki tozlar rulman aralarına girip rulman dağılmasına ve fan rotorlarının döndüğü millerin balans yapmasına mil kesmeye kadar büyük arızaların oluşması fan parçalanmalarına yol açabilir. Fanların soğutma sistemleri ve yağlama sistemleri sürekli kontrol edilmelidir. Yakma fanlarına taze hava fanı da denmektedir. Fandaki ısı değişimlerini ve basınç farklarını SCADA ekranından görünmesinin sağlamak için vakum transmidi ve termokuplların sisteme entegrasyonunun yapılması gereklidir. Yapılan bu entegrasyonla kullanıcılara sağlıklı bir veri akışını sağlanacağı düşünülmektedir. Sistemler genellikle PID kontrollü çalışmalarından dolayı, fanların hızları proses basıncını yakaladıktan sonra yavaşlamaya başlayacağından belirli bir süre sonra motorun frekansı sıfır olur motor hazırda bekler ama dönmez ne zaman ki istenen proses değerinin altına düşer o zaman motorlar dönmeye başlayacaktır. Motorun durduğu bu anda motorun dönen aksamlarına herhangi bir müdahale yapılmamalıdır. Aksi halde uzuv kopmalı iş kazaları yaşanabilecektir.

2.3.3. Yanma ocağı

Yakıt besleme sisteminin yakıt bunkerine doldurduğu yakıtı otomatik olarak olarak taze hava fanları ve sekonder fanlar aracılığıyla yakıldığında ortalama 850 ile 1000 derece ısı enerjisinin açığa çıkarıldığı, döküm malzemeden imal edilmiş, ateş tuğlalarıyla oluşturulmuş kazanın alt kısmına denir. Biyokütle enerji santralleri için

yanma ocakları birkaç çeşit üretilmekte bunlar; sabit yataklı, döner ızgaralı, ileri itim ızgara, akışkan yataklı. Yanma ocaklarında çalışma yapılacağı zaman sistem SCADA ekranından stop pozisyonuna alınıp kazan panosuna ait şalterler indirilip pano üzerine çalışma olduğuna dair tabela asılıp pano başında yetkili personel görevlendirildikten, ocağın ve kazan su borularının soğuduğundan emin olduktan, kazan içerisindeki cürufklar temizlendikten sonra girilmelidir. Kül ve cürufklar kazan içerisinde üst üste yığıldığında iç kısımdaki küller sıcaklığını korumaktadır. Eğer cürufklar ve küller temizlenmeden kazan içerisine girilecek olursa kenarlarda ve boru aralarına biriken küller kor olarak üzerimize dökülebilir.

Ocak yanarken gözetleme kapakları açılmamalıdır. Eğer sistem çalışır durumdayken gözetleme kapakları açılacak olursa ocak içerisindeki hava dengesi bozulacağından kapaktan dışarıya doğru alev püskürmesi oluşacaktır. Alev püskürmeleri ciddi yanıklar oluşumuna sebep olmaktadır. Bu tür yaralanmaların önüne geçebilmek için ocak kameraları kullanılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca şeffaf ısıya dayanıklı camlardan gözetleme camları yapılabilmektedir. Yanmanın verimliliğinin artırılması için yanma ocaklarında hava kontrolü, sıcaklık kontrolleri belirli bölgelerde yapılmalı ve SCADA ekranda bu değerler gözlemlenmelidir. Ocakların yan ekran borularıyla arasında birikmesi muhtemel küller karşı ısıya dayanıklı harçlarla şev verilmelidir. Yanma ocaklarının içerisine parlayıcı ve patlayıcı madde atılmamalıdır. Ayrıca kazanlar ilk ateşlendiği zamanlarda ocağın içerisine atılmak suretiyle uçucu maddeler kullanılarak kazan ateşlenmemelidir. Aksi halde ocakta yayılan gazın geniş bir alanda patlamasına neden olup istenmeyen sonuçlara yol açabilecektir. Yanma odalarının gözetleme kapaklarını döküm malzemedan yapılmalı, kapağın ocak içerisine bakan kısımlarını ısıya dayanıklı izolasyon malzemesiyle kaplanıp yapılması gerekir, bu kapaklar çok kullanıldığı için bazen eldivensiz müdahalelerde el yanıkları oluşabilmektedir.

2.3.4. Buhar kızdırıcıları-superheater

Kazanın drum kısmında biriken sulu buhar doymuş buhar olarak adlandırılmaktadır. Doymuş buharın içerisindeki su damlacıkları türbin kanatlarına

çarptığında zamanla kanatlarda küçük deformeler oluşturup parçalanmalara sebep olduğundan, türbine içerisinde su damlacıklarının minimize edilmiş şekilde buharın gönderilmesi için tasarlanmış yüksek derecelerde kızgın buhar oluşturulan sistemlerdir.

Buhar kızdırıcıları buharın sıcaklığını yüksek ısılara çıkarabilmek için ocak içerisinde alev oluşan kısmın üstüne montaj edilirler. Bu borular ihtiyaca göre kaset şeklinde imal edilmektedirler.

Kızdırıcı boruları özel 16 molibden 3 alaşımlı borulardan veya muadilinden yapılmalıdır. Farklı boru kullanılması durumlarında yanma odasındaki 850 ile 1000 derecedeki ısıya maruz kalan bu borular delinip ocağa buhar püskürmesi sonucu kazan dışına ani alev patlaması yapıp iş kazalarına yol açacaktır. Kızdırıcı boruları; sistem ilk çalıştırılırken içerisinden belli bir basınç oluşana kadar desuperheaterlarla soğutulmalı ve egzoz yapılmalıdır. Kızdırıcı ilk çalışma aşamasına eğer içerisine su takviyesi yapılmadığında borularda sarkma gibi deformeler oluşarak boruların yırtılmalarına yol açacaktır. Yırtılan borulardan ocak içerisine buhar akışı olacak buda ocaktaki yanma kalitesinin düşmesine ve etrafa duman yayılmasına, kazan içerisinde döküm parçaların ani soğuyup parçalanmalarına sebep olacaktır. Kızdırıcı boruları imal edilirken boruların birbirlerine aynı alaşımlı parçalarla sabitlenmesi yapılmalıdır. Bu sabitlenmelerin yapılmaması boruların sarkmasına mevcut pozisyonlarından daha aşağıya inmelerine ve ocak kısmına daha fazla yaklaşıp boruların erken deformasyon ve istenmeyen kızgın buhar ısılarına ulaşip boru tesisatlarına, armatürlere, conta patlamalarına, yangın oluşumuna sebep olacak, ayrıca türbin kısmına da zarar verecektir. Kızdırıcı boruları soğutulurken iki superheater, kazan dışında birleştirilip ters U şeklinde omega tesisat yapılıp oradan soğutma işlemi yapılmalıdır. Dış kısımdaki omega ve armatürler yüksek kalitede izolasyonla kaplanmalıdır. Eğer izolasyon iyi şekilde yapılmaz ise açıkta kalan tesisat kısımlarına biriken yakıt tozlarının yangın çıkarma ihtimali yükselecektir. Ayrıca bu kısımda kızgın buhar olduğu için temas edilmesi durumunda ciddi yanıklar oluşacağından kaplama kesinlikle yapılmalıdır.

2.3.5. Degazör tankı

Buhar üretimi yapan kazanların çok sıklıkla karşılaştıkları buhar boru delinme arızaları ve bu arızalardan dolayı oluşan iş kazaları. Buhar kazanlarına besi suyu

pompası aracılığıyla gönderilen suyun içinde bulunan oksijeni (O_2) ve karbondioksiti (CO_2) uzaklaştıran sistemlerdir. Degazörler buhar kazanlarının ömürlerinin uzamasında çok büyük bir etkidir. Kazan borularının deformasyona uğrama sebebi suyun içerisinde bulunan oksijenin borularda ısıyla birlikte tahribata yol açmasıdır.

Degazör tanklarının sac malzemeleri çelik çekme veya paslanmaz malzemelerden imal edilmelidir. Eğer besi suyunun içerisindeki oksijen ve karbondioksiti minimize edersek kazan boruları uzun süre kullanılabilir. Degazörler kazanlardan geri dönüş sularıyla beslenir. Kazanda oluşan su kayıpları degazörün üst kısmında buharla ısıtma yöntemi kullanılarak eklenen suyla giderilir. Eklenen bu su buharla ısıtıldığında içerisindeki oksijen ve karbondioksit açığa çıkar, aynı zamanda kazan geri dönüş suyuna da belli miktarda buhar verilerek kazandan dönen suyun içerisindeki oksijen ve karbondioksit arındırılıp atmosfere atılır. Degazördeki suyun sıcaklığı kazan verimini artırmak için pompaların kavitasyon yapmayacağı yüksek derecelerde tutulmaktadır. Daha düşük sıcaklıklarda çalışan kazanların boru ömürleri kısalmaktadır. Bundan dolayı sıcaklığın yüksek tutulması degazör içerisindeki oksijen ve karbondioksit azalmaktadır. Degazör sıcaklığı yüksek tutulurken dikkat edilmesi gereken kazan besi suyu pompalarının degazörden yüksekten basınçlı şekilde emiş yapmasını sağlamaktır. Eğer pompalara sıcak su basınçsız şekilde verilirse pompa kavitasyon yapacak suyun sıcaklığı basma sıcaklığının üzerine çıkıp pompada hava oluşacak basamayacak ve kazan susuz kalabilecektir. Ayrıca kanatlarda zamanla aşınma olacak, pompada balans ve kazana su basamama sorunu ortaya çıkacaktır. Kazana su basamama durumlarında kazan susuz kalacak ve superheater boruları duşlama yapılamadığından susuz kalıp ocak ısı radyasyonu ile deforme olup delinmesini hızlandıracaktır. Bu tür durumlar için yedek pompaları otomatik devreye girecek şekilde otomasyon sisteminin kurulmuş olması gerekir.

Degazörler ısıtılırken kazandan alınan yüksek basınçlı buhar, basınç düşürücü vanalar yardımıyla düşük basınçlarda degazöre verilmektedir. Bu aradaki basınç düşürücü vanaların arıza yapması, vanaların buhar kaçırmaları durumları göz önünde bulundurularak yedekli olarak ve emniyetli olarak imal edilmiş olması gerekir. Çünkü yüksek basınçlı buharın sıcaklığı degazördeki suyun sıcaklığından yüksek olacağından soğuk-sıcak çakışması yaparak patlamaya sebep olabilmektedir. Bu da çevresinde çalışan personel ve cihazlara büyük zarar verecektir. Degazörlerin üzerinde emniyet

ventilleri, çekvalf vanaları, termostatik vanalar, su seviye cihazları, sıcaklık transmitterleri, havalık vanaları, egzoz boruları eksiksiz olarak basınç sınıfları ve özellikleri uygun şekilde seçilip yapılmalıdır. Degazörden su emişi yapan Pompaların vakum yaparak degazör tankında deforme oluşturmaması için degazörde havalıklar olmalı, tankın izolasyonu doğru şekilde yapılmalıdır. Degazörler yüksek yerlerde bulunmalarından dolayı tanktan seviye arızalarından dolayı sıcak su taşma ihtimali yüksektir, bu ihtimali azaltmak için yedek seviye emniyetleri ve uyarı cihazları kullanılmalıdır.

2.3.6. Kondens tankı

Kondens tankları; kazandan üretilen buharın türbin kısmında elektrik enerjisi üretiminde kullanıldıktan sonra türbin kondenser ve soğutma kuleleri yardımıyla sıcak su fazına dönüştürülüp pompalar yardımıyla basılıp tekrar kullanılmak için toplandığı tanktır. Sıcak su bu tanktan pompalar yardımıyla degazör ünitesine gönderilmekte ve tekrar ısıtılıp kazan besisi suyu olarak kullanılmaktadır. Kondens tanklarının yüzeyleri sıcak olduğundan hem kazaya sebebiyet vermemek hem de ısı enerji kaybını azaltmak için izolasyonu uygun malzemeden kaplanmalıdır. Taşmaya karşı emniyetler alınmalı drenaj hatları yapılmalıdır. Pompaların vakumla vereceği zararlara karşılık hava alma vanaları bırakılmalı, armatürler sistem tasarımına uygun ve yedekli seçilmeli, otomasyon sisteminden kontrolü sağlanmalıdır. Degazöre su besleme yapacak pompaların emiş ağızları, tankın tabanında biriken çamuru çekmemesi için kondens tankının tabanından biraz üstte monte edilmelidir.

2.3.7. Su yumuşatma ve hazırlama üniteleri

Yeraltında artezyenler ve benzeri yöntemlerle çıkarılan suyun kullanılabilmesi için içerisindeki bazı minerallerden arındırılması gerekir. Tesisin kimyasal su analizleri yapıldıktan sonra uygun cihazlar ve üniteler kullanılır. Su yumuşatma sistemleri aslında tesisatlara zarar veren ve suyun içerisinde bulunan kireç miktarını azaltmaktır. Suyun yumuşatılması arıtıldığı anlamına gelmemektedir. Düşük basınçlı buhar kazanlarında

her ne kadar kullanılsa da yüksek basınçlı kazanlarda suyun kullanılabilmesi için iletkenliğinin düşürülmesi, ters ozmos yönteminin kullanılması, sudaki birçok mineralin kimyasal yöntemlerle alınması sağlanmaktadır. Su yumuşatma sistemleri basınçlı kaplar yönetmeliğine göre yıllık periyodik kontrolleri yapılmalıdır. Sistemin düzgün çalıştığından emin olabilmek için belirli aralıklarla su sertlik analizi yapılmalıdır.



Şekil 2.3. Su Yumuşatma Ünitesi

(Baysal, 2023)

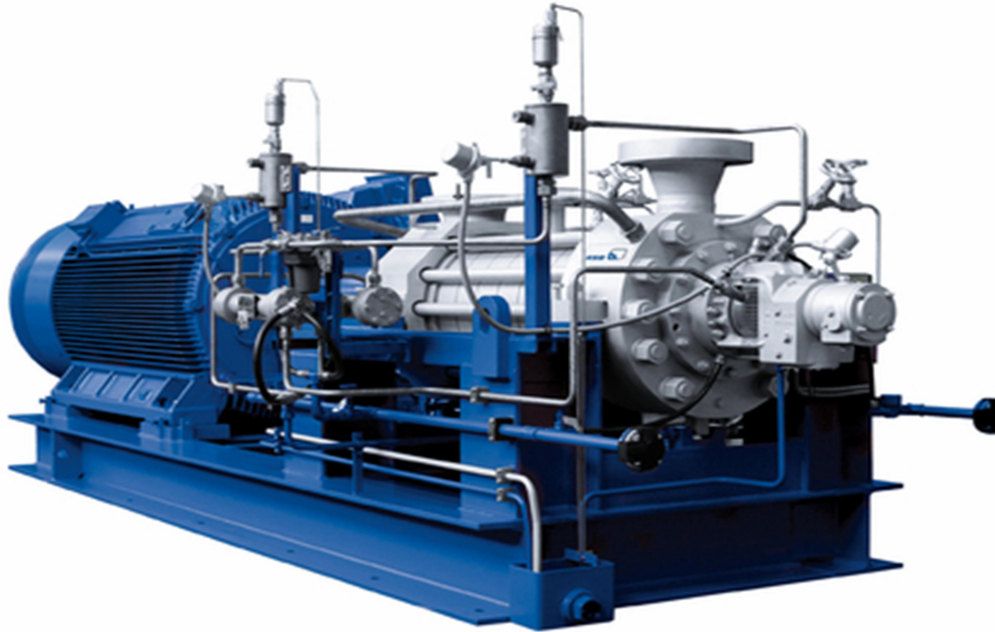
Yumuşatılmamış su kazanlarda, tesisat borularında, armatürlerde kireçlenmelere sebep olacağından acil kapatılması gereken vananın kapatılamamasına, tesisat borularında istenen su akışının sağlanamamasına, kazan boru yüzeylerini kaplayarak su ile alev arasında duvar örerek boruların erimesine ve iş kazalarına yol açmasına, tesisin iş kaybına, sistemin sağlıklı çalışmamasına yol açmaktadır. Su yumuşatma ünitelerinin kurulumu yapılacak yerlerin havalandırmaları iyi şekilde yapılmalıdır aksi takdirde metal borularda korozyon oluşumu gözlemlenecektir. Sistemde kullanılacak pnömomatik aktuatörlü vanaların valfleri yağlı regülatörler aracılığıyla beslenmelidir. Aksi halde

vanalar ve valfler kireçlenme ve oksitlenmeden dolayı açılmayıp görevlerini yerine getiremeyecektir. Yumuşatma ünitelerinde bulunan genleşme tanklarının yıllık hidrostatik test basınçlarının yetkili firmalar tarafından yapıp raporlanması gereklidir. Yumuşatmaların elektrik panolarının sızdırmazlığının iyi olacak malzemelerden yapılmış olduğuna dikkat edilmeli, sistemdeki titreşim oluşumuna karşı bağımsız montaj yapılmalıdır. Şekil 2.3' de tandemli su yumuşatma ünitesi görülmektedir.

2.3.8. Besi suyu pompaları

Kazan besi suyu pompaları degazörden almış olduğu arındırılmış suyu kazan su seviye bilgilerine göre basan yüksek basınçlı pompalardır. Bu pompalar kurulacak tesisin kapasitesi ve çalışma basıncına göre dizayn edilirler. Besi suyu pompaları; insanın yaşamı için kalbi ne kadar önemliyse bir buhar kazanı için besi pompası o kadar önemlidir. Pompalar yetkili servis elemanlarınca devreye alınmalıdır. Besi pompalarının su emme ağızlarında pislik tutucular, vanalar, fark basınçölçerler, kompensatör, manometreler, termometreler, su basma ağızlarında da çek valfler, kaçırma vanaları, vanalar, termometreler, manometreler, akış ölçerler, pompa sıcaklık transmitterleri, bypass hatları, kompensatör, basınç transmitterleri uygun basınç sınıfı gözetilerek kullanılmalıdır. Pompalar yedekli yapılmalı eş yaşlandırılmalıdır. Soğuk havalarda don olaylarından korumak için kapalı yerde muhafaza edilmelidir. Pompalar emiş ağızındaki su basıncının düşük olması, suyun sıcaklığının da yüksek olması durumlarında kavitasyon yapacaktır. Oluşan kavitasyon kazana su yetiştirememe, kızdırıcı borularının soğutmasını yapamama, kazan su seviyelerindeki değişimlerle türbin ve kazanın acil durmaları, boru delinme ve kazan patlamalarına kadar yol açmaktadır. Besi suyunun emiş ağızındaki pislik tutucuda oluşacak kirlenme pompanın yeteri kadar su alamamasına ve içerde su çiğneyip buharlaştırmasına ve kavitasyon yapmasına yol açacaktır. Bu tür arızaların oluşmaması ve iş kazasına yol açmaması için gerekli cihazların yerinde çalışır durumda oldukları yetkili personeller tarafından günlük kontrol edilmeli. Pompaların üzerine ayakla basılmamalı, dönen aksamlarına sistemi kapatmadan müdahale edilmemeli, muhafaza kapakları; el, ayak ve iş elbiselerinin pompa miline sıkışmalarına karşın takılı olmalıdır, pompaların otomatik yağlama sistemlerinin olmasına özen gösterilmelidir, yok ise rulmanlar sürekli kontrol edilmeli

ısınmaların kontrol edilmesi için sıcaklık transmitterlerinin kullanılması ve otomasyon sistemine bağlı olması sağlanmalıdır. Pompalar kazan tarafına basınçlı şekilde su basmak zorundadır, karşı basınç oluşmamışsa pompa motoru yüksek akım çekip kablo erimelerine, sürücü ya da kontaktör cihaz arızalarına, motor yanmalarına sebep olur. Bu eriyen kablolar ve yanan motorlar elektrik kaçaklarına yol açıp elektrik çarpması ve ölümle sonuçlanan iş kazalarına yol açabilir. Pompaların sürekli çalışması sağlanmalı, kazana basılan suyun seviye kontrolleri yardımıyla aktuatörlü ve minimum akış vanalarıyla sağlanmasına dikkat edilmelidir. Motorlar düşük devirlerde çalıştırılmamalı, mümkünse motor etiketindeki şehir şebeke frekansında çalıştırılmasına önem verilmelidir. Pompaların kazana su basan flanşların contalarının çelik olarak seçilmesi gereklidir. Flanşlardan basınçlı sıcak su kaçaklarından kaynaklı iş kazalarının önüne geçebilmek adına cıvata ve somunların tork anahtarlarıyla sıkılmış ve titreşimlerde gevşemeyecek şekilde kontra somun kullanılması uygun olacağı kanısına varılmıştır. Şekil 2.4.'de kademeli yüksek basınçlı besleme suyu pompası verilmiştir.



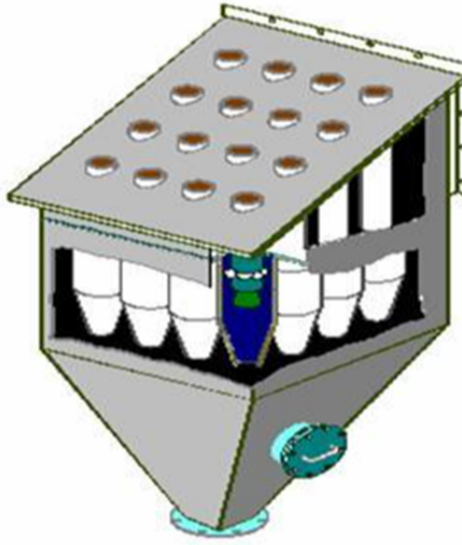
Şekil 2.4. Kazan Besi Suyu Pompası

(Shanghai, 2023)

2.3.9. Multi siklon

Kazan yanma odasında yakılan yakıt baca fanı aracılığıyla çekilirken, havada askıda bulunan partikülleri bacaya taşır. Çevreye zarar vermemesi, bacada ve hava kanallarında kanalların da aşınmalara sebep olmaması için kazan çıkışında partiküllerin alınması için tasarlanmış endüstriyel parçalardır. Multi siklonlar üzerlerinde yüksek ısı geçişi olduğundan aşırı bir ısınmayla karşı karşıya kalırlar. Burada oluşan yüksek ısının çalışanlara zarar vermemesi ve enerji kaybının önlenmesi için izolasyonla kaplanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Bazı sistemlerde birden çok yerde kullanılabilir. Partikül sürtünmesinden dolayı saclarda incelmeler ve gaz kaçakları oluşmaktadır.

Multi siklonların alt kısmına biriken partiküllerin atılması sistemin dışarıdan ekstra hava almaması için hava kilitleri kullanılmalı. Hava kilitlerinin kullanılmadığı yerlerde personeller el arabalarına doldurmak suretiyle bazen yanmamış partikülleri kor şeklinde atmaktalar, genellikle bu işi yaparken maske ve benzeri koruyucu donanım kullanmamaktadırlar. Hava kilidi ve cüruf deşarj sistemlerin kullanılması iş kazası ve meslek hastalıklarını azaltacaktır. Belirli aralıklarda temizliklerinin yapılması gereklidir. Hava kanallarının giriş çıkışlarının kontrolü için vakum transmiyeri kullanılmalıdır. Tıkanıkların oluşması kazandaki yanmanın bozulmasına, ocak içerisinde pozitif basınç oluşumuna yol açacaktır. Bu pozitif basınç yüzünden gözetleme kapaklarından alev püskürmeleri, kapaklarda aşırı ısınma ve tavlama meydana geleceği bilinmelidir. Şekil 2.5.'da örnek Multi siklon üç boyutlu olarak verilmiştir.



Şekil 2.5. Multi Siklon

(Ducon, 2023)

2.3.10. Reküperatör-hava ısıtıcı

Yanma odasında oluşan ısının büyük kısmı buhar oluşumunda kullanılırken bir kısmı baca fanı tarafından atmosfere atılır. Bacanın çekmiş olduğu bu atık ısı, kazanı terk ederken taze hava fanı aracılığıyla içerisinden geçirilen havayı atık ısıyla ısıtıp yanma odasına yakma havası olarak sıcak şekilde verip verimin artmasına sağlayan parçalardır.

Reküperatörün hava emiş ağzı içerisine parça ve yabancı cisim girmesini engellemek için ızgarayla kapatılmalıdır, içerisinden sıcak hava geçtiği için dış kısımları izolasyonla kapatılmalıdır. Reküperatörlerin alt kısımlarında partikül birikimi olacağından hava kilidi sistemi ve cüruf çekme sistemi kullanılmalıdır. Birçok tesis maliyetleri azaltmak adına bu tür parçaları kullanmadığı görülmüştür.

Reküperatörlere müdahale edileceği zaman görevli çalışanlara izolasyonsuz kısımların zarar verdiği, vücutlarında yanıklar olduğu, ortamdaki konfor ısını artırdığı, tozdan dolayı solunum yolu hastalıklarına yakalandıkları bulgularına rastlanmıştır.

Bu tarz ekipmanların hava giriş çıkışlarında ısı sensörlerinin olması iç kısımlarındaki tıkanmalar hakkında bilgiler vereceğinden tavsiye edilmektedir. İçerideki boruların delinmesi durumunda bacaya gidecek yanmış egzoz gazı sisteme yakma havası olarak basılabilir, buda hem kazanın ocak kısmına yanmış partiküllerin taşınıp tıkanmasına hem de yanma kalitesini düşürüp kazanı verimsiz hale getireceği ön görülmektedir. Ayrıca reküperatörlerdeki boru delinmeleri taze hava fanı ve baca fanının birbirlerine karşı ters çekiş yaptıracağından motorların yüksek akım çekip arızaya geçmesine sebep olabilmektedir. Taze hava kanallarının da ısı temas yüzeyi açıkta kalmayacak şekilde izolasyon yapılması verimi artıracığı gibi termal konforunda iyileşmesini sağlayacağı bilinmektedir. Bazı tesisler ısı kaybını engellemek, iş kazasına meyil vermemek adına bu izolasyonlara önem vermekte, bazıları çok kayıp olmadığını düşünüp izolasyona öncelik vermemektedirler. İş güvenliği ön planda tutulmak suretiyle yapılacak hava ısıtıcılarının, sistemin verimliliğini artırdığı için kullanılması tavsiye edilmektedir.

2.3.11. Baca ünitesi

Endüstriyel buhar kazanlarında kazan yanma odasında yanan yakıtların açığa çıkardığı zararlı egzoz gazlarının ısıya dayanıklı baca fanları yardımıyla atmosfere atılmasını sağlayan sistemin son ekipmanıdır.



Şekil 2.6. Baca Sistemi

(Güçsan, 2023)

Kazan içerisinden atmosfere atılan gaz ve tozların bacadan geçerken oluşturdukları sürtünmeler, düşük baca ısılarında oluşan sülfürik asit (H_2SO_4) baca iç çeperinde tahribata ve delinmelere yol açacağından bu kısımlar paslanmaz çelikten çift cidarlı imal edilmesine özen gösterilmeli ve tesisler buna teşvik edilmelidir. Aksi halde deforme olan baca yıkılabilir, delinen yerlerden çevreye gaz yayılımı olur. Bacalar cebri çekiş yapabilmeleri ve çıkan gazların atmosfere rahat şekilde gönderilebilmesi için çatı

seviyelerinden daha yükseğe montaj yapılmalıdır. Bacaların iç kısımlarında atmosfere atılan gazlarda bulunan toz zerreciklerinin tutulması için fıskiyeli yıkama (ıslak filtre) sistemi yapılmalıdır.

Bacaların çaplarının dar seçilmesi, fandan çıkan gazların ve partiküllerin hızlarının artmasına ve yıkamayla oluşan cürufun bacadan çevreye saçılmasına yol açacağı bilinmelidir. Bacaların üzerine gaz analiz cihazlarının bağlanabilmesi için maşonlar bırakılmalı, baca etrafına ve üst kısımlarına platform yapılmalıdır. Bacalarda hava araçlarının göreceği şekilde ikaz alarm lambalarının takılmasına önem gösterilmelidir, birçok tesis bu tarz ikaz lambalarını takmamaktadır. Şekil 2.6.'de örnek baca platform görülmektedir. Bacaların tepe noktalarına hava araçlarının görebileceği şekilde alarm sinyal lambası takılmalı. Baca Gazı Desülfürizasyonu sisteme eklenmelidir. Bacada oluşan atık suyun tekrar arıtılıp kullanılması ve çöktürme yöntemleri kullanılarak atıkların katılaştırılıp bertaraf edilmesi temiz çevre için tavsiye edilmektedir.

2.3.12. Islak filtre

Katı yakıtlı kazanlardan çıkan duman gazını yıkamak ve tozu tutmak için kullanılan bir filtre sistemidir. Yıkama ünitesinin sağlıklı çalışmaması bacadan atmosfere atılan gaz ve partiküllerin artmasına neden olacağından çevreye büyük zarar verecektir. Islak filtreler sitem kapasitesine göre belirlenir, yıkama üniteleri belirli zaman aralıklarında, suyun kalitesi göz önünde bulundurularak püskürtme ağızları temizlenmelidir. Birçok firmanın ıslak fitreyi bacaların iç kısımlarına yerleştirdiği tespit edilmiştir. Bu tarz ıslak filtrelerde bacadan püskürmüş cürufların çevreye verdikleri zararlar tespit edilmiştir. Islak filtreler bacayla bir bütün olarak yapıldıkları zaman müdahale için sistemlerin kapatılması gerekebiliyor. Sistem çalışır durumdayken müdahalelerin yapılabilmesi için ayrı ıslak filtre ve bypass gaz kanalları montajının yapılması tavsiye edilmektedir.

2.3.13. Esp (elektrostatik) ve Torbalı filtrasyon

Yanma odasında ürünler yandıktan sonra baca fanı yardımıyla atmosfere atılmak için çekilir. Filtrenin içinden geçen partiküller elektrikle yüklenerek toplayıcı bölümdeki (+) ve (-) kutuplu plakalar tarafından yakalanır. Titreşimli çubuklar sayesinde kül haznesine partiküllerin dökülmesi prensibiyle çalışır. Temizliğinin uzman kişiler tarafından yapılması gereklidir. Üzerinde birikecek yağlar belirli bir süre sonra filtrenin işlevinin azalmasına zararlı gaz, duman, yağ partiküllerin geçişine sebep olur. Bütün tesisler elektrostatik filtre kullanmamaktadır. Bu filtreler yerine alternatif olarak 250 derece ısıya dayanıklı torbalı filtrelerde kullanılabilmektedir. Torbalı filtreler ince tozların torbalarda tutulup mekanik ve pnömatik sistemle temizlenerek cürufa atılmasıdır. Torbalı filtrelerde torba delinmeleri temizlenmelerdeki olumsuzluklar baca çekişini engelleyeceğinden ocak kısmından dışarıya alev ve duman sızmasına sebebiyet verecektir. Bu tür gaz ve alev sızmaları yanık ve solunum yolu hastalıklarına sebep olabilmektedir. Torbalı filtre kullanılan yerlerde yoğunlaşmanın olması, boru delinmelerinden kaynaklı buharın torbalara ulaşması torba yüzeyindeki tozların çamurlaşp gözeneklerinin tıkanmasına ve baca fanının çekişini azaltıp sistemin hava dengesini bozabilmektedir. Torbalı filtreler genelde 250 dereceye kadar dayanabilen malzemelerden üretilmekte olduğundan filtreye kazan arasındaki ısının yüksek olmaması gereklidir. Bu filtrelerin giriş çıkışlarında basınç ve sıcaklık kontrolleri olmalıdır. Bu tarz filtrelerin temizliklerinin otomatik şekilde basınç kontrolüne endekli otomasyon üzerinden kontrollü yapılması gerekir. Torbalı filtre kısmında çalışmalar yapılacağı zaman kişisel koruyucu donanımların kullanılmasına özen gösterilmelidir. Bu filtrelerin alt kısımlarındaki kül alma ağzlarına hava kilidi montajı veya pnömatik cüruf taşıma sistemlerinin yapılması tavsiye edilmektedir.

2.3.14. Tesisat boruları

Biyokütle santralleri, genellikle yüksek basınçlı kazanların kullanılmasından dolayı boruların kazan borusu yani ısıya dayanıklı çelik çekme borulardan ve basınç sınıfı uygun malzemelerden imal edilmiş olmalıdır. Türkiye de genellikle Avrupa normu EN10216-2 ve Amerikan normu ASTM (American Society for Testing and

Materials) kalitesindeki borular tercih edilmektedir. Kazan boruları ısı verimliliği iyi olması açısından et kalınlığı uygun ve dayanıklı malzemeden seçilmelidir. Kazanlarda kullanılan ek parçaları, dirsek, T (te) kazanda kullanılan boru alaşımlarıyla aynı kalitede yapılmış, basınç sınıfına uygun ve çelik çekme malzemelerden imal edilmiş olduğundan emin olunması gerekmektedir.



Şekil 2.7. Kazan Ekran Boruları

(HDB, 2023)

Kazanlar hidrostatik basınç testleri yapılırken kazan çalışma basıncının 1.5 katı basınçla test edilmeli, tesisat ve ek parça kaynaklarına tahribatsız muayene yapılmalı problemleri kaynaklar yeniden temizlenip yapılmalıdır. Tesisat borularının basınç testleri her yıl yapılmalıdır. Tesisat malzemeleri uygun olmayan herhangi bir parça tespitinde sistemin çalıştırılması kazan patlaması ve tesisat yırtılmaları sonucu büyük iş kazalarına sebep olabilmektedir. Kazan borularında yapılacak tamiratlarda yetki belgeli personellerin çalışmasına öne verilmeli, yetkisiz ve bilgisiz kişiler tarafından yapılan kaynaklar ve eklemeler bu tarz kazanlarda çok büyük kazalara yol açacağı bilinmelidir.

Şekil 2.7.'da lama kaynakları yapılmış kaynak ağızları açılmış kazan ekran boruları görünmektedir. Bu borularda kazan içerisine baktığınızda eğer kızarıklık görürseniz sistemin komple kapatılması ve sisteme su verilmeden soğutulması, emniyet vanalarından buhar tahliye edilmesi, kazan içerisindeki yakıtın boşaltılması acilen yetkililere haber verilmesi gerekmektedir. Eğer boruların yüzeyi kızarıırken su basılacak olursa basılan su anide kızgın buhar fazına döner ve kazan patlaması meydana gelebilir çok dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Boru yüzeylerindeki kızarıkların sebebi kazan borularının susuz kalması ya da boru iç çeperinin kireçlenmesinden kaynaklanacağı bilinmelidir. Boruların aralarındaki lamalarda kızarıklık oluşuyorsa o zaman lamalar borulardaki suyun soğutamayacağı et kalınlığında seçilmiş olduğu bilinmelidir

Yeni yapılacak tesislerde tesiste çalışacak personellerin önceden işe alınmasının, yapım aşamalarında sahada gözlemci olarak bulunmaları ileriki dönemlerde oluşabilecek arıza ve kazaların önüne geçebilmek adına teknik bilgiye sahip olabilecekleri, ayrıca sistemin çalışma prensibi hakkında ön bilgi sahibi olmalarının daha yararlı olacağı tavsiye edilmektedir.

2.3.15. Ekonomizer

Ekonomizer, sistemdeki atık ısıyı kullanarak, kazana verilecek besi suyunun degazörden ısıtılıp geçirildikten sonra besi pompaları yardımıyla kazana verilmeden önce tekrar ısıtarak yüksek sıcaklıklara çıkaran kazan verimini en üst seviyeye taşıyan mekanik sistemlerdir. Her kazanın üreteceği buhar kapasitesine, baca ısının sülfürik asit oluşumunu engelleyecek şekilde ve hava debilerine göre ekonomizerler üretilmektedir. Ekonomizer kapasiteleri uygun seçilmediği takdirde kendisinden sonraki bacaya doğru filtre sistemlerine, baca fanı rotoruna, gaz kanalı kısımlarının aşırı derecede ısınmasına sebep olup parçaların deforme olmasına yol açacağı bilinmelidir. Ekonomizer temizliği buhar kazanı çalışırken yapılmamalıdır ya da sistemi otomatik temizleyiciler kullanarak temizlenmelidir. Ekonomizerlerin her yıl kazanla birlikte bir bütün olarak hidrostatik test yapılmalıdır. Isı kayıplarını engellemek için izolasyon yapılması gerekmektedir. Ekonomizer kullanılmayan tesislerin verimliliği düşük olacak,

baca sıcaklıklarının yüksek derecelere çıkabileceği açıktır. Bu türden yüksek ısılar filtreler ve baca fanı rotorları ve diğer aksamalar için istenmeyen ısılardır. Ekonomizerlerin giriş çıkışlarında termometreler, termokupllar, transmitterler, manometreler, emniyet ventillerinin bulunmasının herhangi bir olumsuzluğun yaşanmaması açısından gerektiği ve birçok tesiste eksikliği var olan bilgilerin Scada ekranından takip edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

2.3.16. Yakıt besleme ve hazırlama sistemleri

Biyokütle enerji santrallerinde ve birçok enerji tesisinde kazanların verimli ve sorunsuz şekilde çalışmaları, istenen basınç değerlerinde kalabilmeleri en önemli etkenlerden biri olduğu bilinmelidir. Bunu sağlamanın en önemli etkenlerinden biriside kazan yanma ocağına sabit oranlarda biyokütle yakıtın verilmesiyle mümkün olduğu biliniyor. Yakıt besleme ve hazırlama sistemleri tesislerde çalışma sisteminin başlangıç noktası olarak kabul edilebilirler. Tesisin ihtiyacı olan yakıt hazırlanırken birçok makine ve teçhizat kullanılmaktadır. En çok kullanılan yakıt transfer sistemleri konveyör bant ve zincirli konveyör sistemleri olduğu görülmüştür. Bu yakıtların hazırlanma aşamasında birçok iş kazası ya da meslek hastalığı ortaya çıkabilmektedir. Yapılan incelemelerde yakıt hazırlama sahalarında çalışan iş makinelerinin bazı tesislerde kapalı alanlarda kolonlara çarptıkları görülmüştür. Araç geri gelirken alarm ve lambasının çalışmaması, besleme bunkerlerinin kenarlarında koruma demirlerinin bulunmaması, istiflenen yakıt balyalarının düzensiz ve dengesiz şekilde yerleştirildiği dikkat çekmektedir. Taşıyıcı konveyör bantlarının muhafaza aparatlarının olmaması, personelin tozlu ortamlarda maske ve KKD kullanmamaları gözlenmiş olup birçok tesiste aynı çalışma ortamlarıyla karşılaşmıştır. Tesislerin yakıt hazırlama ünitelerinin sağlıklı şekilde işletilmesi çalışanların önce sağlığı sonra işletmenin devamlılığını sürdürmesi açısından önemlidir. İş makinelerinin çalışma alanlarına hiçbir şekilde yetkisiz personel girişine izin verilmemelidir. Kapalı alandaki kolonların etrafına koruma demirleri yaptırılmalıdır. Yakıt bunkerlerine çalışanların ve yabancı maddelerin düşmemesi için zeminden itibaren korkuluklar yaptırılmalı, konveyör taşıma bantlarına çalışanların sıkışmalarını engelleyecek korumalar yapılmalı, hazırlama alanı kapalı ise havalandırma sistemi konmalı, yakıt hazırlama bölgelerinde personelin kişisel koruyucu

donanım kullanmalarına özen gösterilmelidir. Şekil 2.8.'de hidrolik pistonlar yardımıyla çalışan yakıt havuzu görünmektedir. Bu havuza iş makineleri tarafından direkt yakıt beslemesi yapıp kazan yanma ocağına kadar zincirli konveyör tarafından taşınmaktadır. Zincirli konveyörlerin ve yakıt havuzunun etrafı korkuluklarla kapatılmasının kazaların yaşanmasını engelleyecektir. Aksi halde ölümlü ve uzuv kayıplı iş kazaları ve meslek hastalıkları ortaya çıkacaktır.



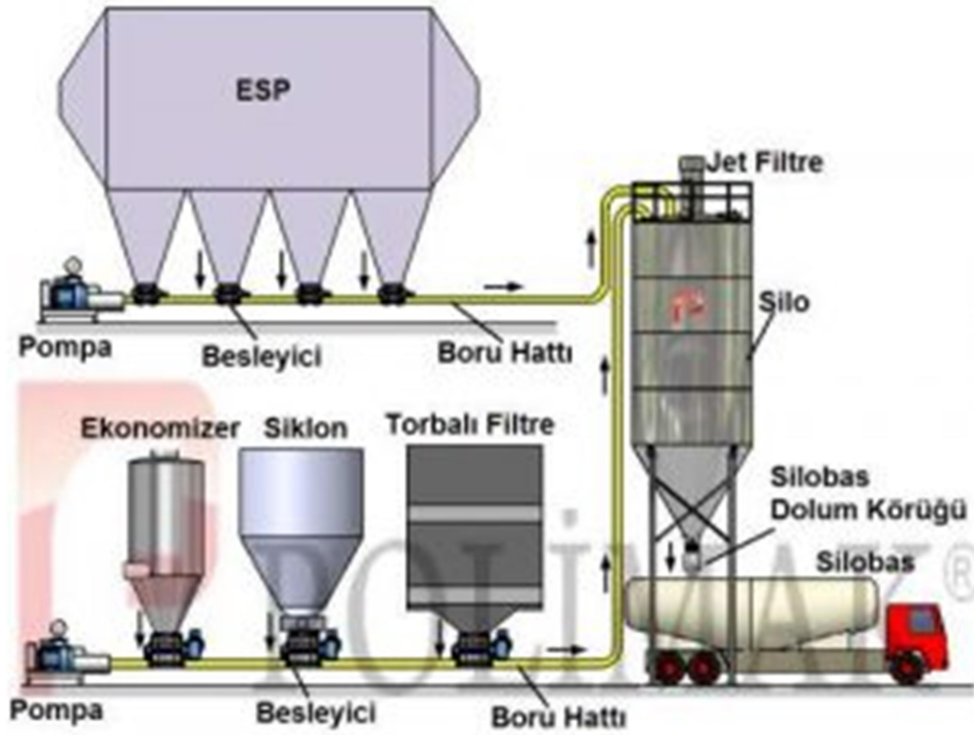
Şekil 2.8. Yakıt Besleme Sistemleri

(MEKBoiler, 2023)

2.3.17. Cüruf deşarj sistemleri

Biyokütle santrallerinde yakılan yakıttan arta kalan toz ve yanmayan parçalar cüruf deşarj sistemleriyle atılmaktadır. Cüruf deşarj sistemleri aşınmaya dayanıklı malzemelerden imal edilmiş olmalıdır ayrıca motor ve redüktörlerin muhafaza kapaklarının takılı olmasına, uyarı işaretlerinin tesisteki tüm alanlarda olduğuna dikkat edilmelidir. Cüruf deşarj sistemlerinin genellikle kapalı veya ıslak şekilde yapılmış olduğu tespit edilmiştir. Açık şekilde yapılan cüruf taşıma sistemlerinde yanmış

yakıtlardan çıkmaya devam eden zararlı gazlar ortama yayıldığı, yanmaya devam eden küllerin deşarj üniteleri sulu şekilde yapılmadığında toz parçacıkları solunum yolu hastalıklarına ve tozdan etkilenecek mekanik parçaların arızalanıp tesisin durmasına yol açacağı bilinmelidir. Kapalı sistemlerle taşınan cüruflarda yanmaya devam eden küllerden dolayı taşıma yapan parçalara dokunulmamalı, elektrik motor kablolarının bu sıcak yüzeylere temas etmesinin önüne geçilmelidir. Şekil 2.9.'de ESP sisteminde, filtreler, ekonomizer ve siklonlarda biriken küller pompalar yardımıyla siloya doldurulup buradan bertaraf edilmek üzere taşınmasının yapıldığı görülmektedir.



Şekil 2.9. Cüruf Taşıma Sistemi

(Polimak, 2023)

Cüruf sistemleri mümkün oldukça makineleşmeli elle cüruf taşıma ve doldurma yapılmamalıdır. Biyokütle santrallerin giderek çoğaldığı, bu santrallerde çıkan cürufların gün geçtikçe arttığı artan bu Biyokütle yakıtlarından organik gübreler üretildiği bilinmektedir. Bu tür atıklar çevreye atılmaktansa tarım sektöründe

değerlendirilmek üzere gübre fabrikalarına verilmesinin uygun olacağı eğer verilemiyorsa da cürufurların ıslak şekilde taşınması tavsiye edilmektedir.

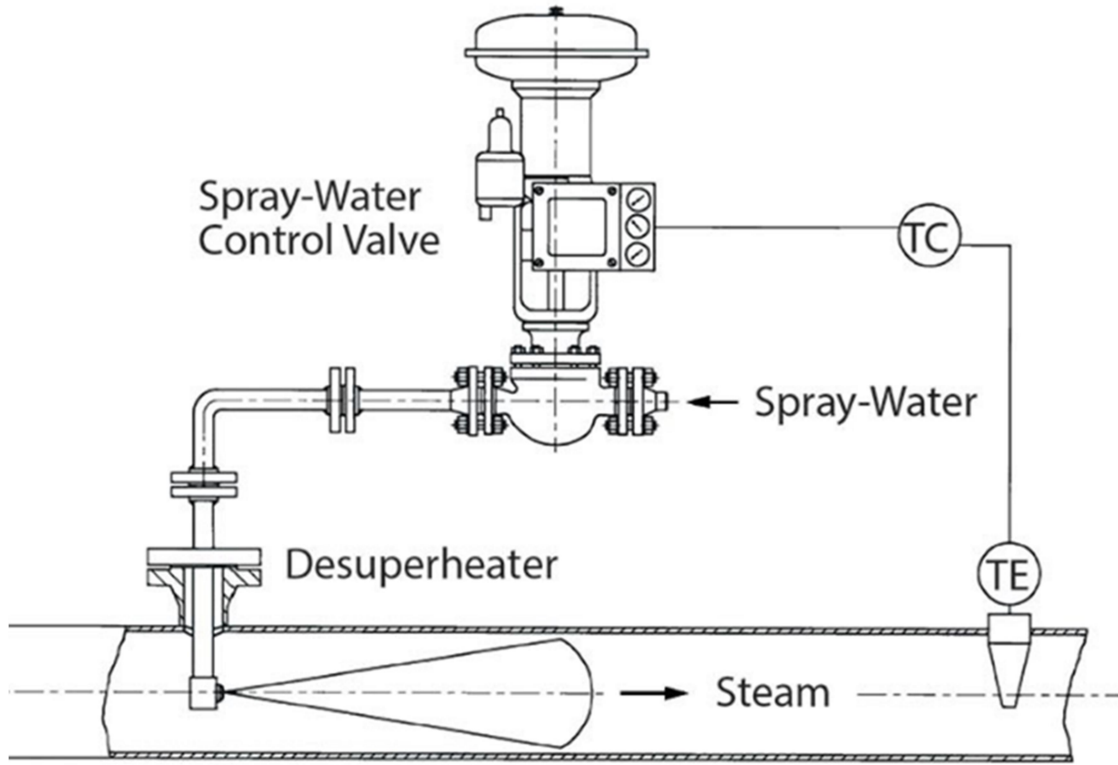
2.3.18. Buhar soğutma sistemleri

Soğutma kuleleri türbinden geçen kızgın buharı kondense kazandırmak için kazana sıcak su olarak göndermek ve verimliliği yüksek tutmak için kullanılmaktadır. Soğutma kuleleri karşı akışlı ve çapraz akışlı olarak iki grupta toplanır. Soğutma kulelerinde buharın soğutulması aşamasında bir miktar su buhar olarak atmosfere karışır. Kazanın kondens suyunda bir miktar (%5) azalma meydana gelebilir. Azalan bu miktarı otomatik olarak tamamlamak gerekir. Soğutma kule fanlarının pervane kısımlarına çevrede rüzgârla birlikte ot, naylon, yabancı cisimler ve kuşların girme ihtimaline karşı ızgara yapılmalıdır. Havuzun suyu sürekli kontrol altında tutulmalıdır ve otomasyon sisteminden kontrol edilmesi için gerekli seviye ölçüm cihazları bağlanmalıdır. Soğutma kulesinden açığa çıkan buharlaşmanın yakıt stok sahasındaki yakıtların nemlilik oranlarını artıracak göz önünde bulundurularak montaj alanları seçilmesinin uygun olacağı bilinmelidir. Santralleri; buhar soğutma ünitelerindeki sıcak suları yerleşim yerlerinin ısıtma ve banyo suyu temininde kullanılmasının geri dönüşüm açısından kazanç sağlayacağı bilinmektedir.

2.3.19. Desuperheater

Bu sistemler türbine gönderilecek kızgın buharın derecesini düşürmek için kullanılmaktadır. Su girişi kazan besleme pompası tarafından sağlanmakta, vana giriş ağzında sürekli basınçlı sıcak su bulunmaktadır. Desuperheaterların çalışmaması durumunda türbin kısmına doğru istenmeyen yüksek derecelerde kızgın buhar geçişi olacağı, derecesi yükselen buhardan dolayı superheater borularında deformeler olması, boruların yırtılması ve tesisat borularında fazla uzamalardan kaynaklı arıza oluşumları, contalarda buhar kaçaqları, aşırı ısınmadan kaynaklı termokupl ve diğer ölçüm sensörlerinin zarar görmesi vb. arızalara yol açacağı bilinmelidir. Desuperheater aktuatörlü vanaların hava tesisatları bakır borudan ve kablo tesisatları yanmaz kablolardan montajlanmalıdır. Kullanılacak termokupl yuvalarında yüksek sıcaklıklara

dayanıklı kaynaklı termowellerin kullanılmasına özen gösterilmelidir. Kullanılacak oransal vanaların montajı mümkün oldukça kızgın buhar tesisatından uzağa montajlanmalıdır. Desuperheater sisteminde kullanılacak oransal vanaların mümkünse elektrik aktuatörlü seçilmesi tavsiye edilmektedir. Şekil 2.10.'da desuperheater montaj resmi verilmiştir.



Şekil 2.10. Desuperheater-Buhar Soğutma Sistemi

(Thakur, 2023)

2.3.20. Buhar Türbini

Kızgın hale dönüştürülmüş buhar enerjisinin türbin kanatlarına çarptırılarak milin hareketlenmesi ve bu hareketin mekanik işe dönüşmesini sağlayan parçadır. Türbinler birçok mekanik ve elektriksel aksamdan oluşmaktadır. Yüksek basınçla çalışan türbinlerde kanatların deforme olmaması ve türbinin ömrünün uzun olması açısından verilecek buhar içerisinde su zerreciğinin bulunmaması gerekir. Bunun için yüksek basınçlı kazanlarda üretilen doymuş buharı superheaterlar aracılığıyla 350

derece ile 540 derece arasında ısıtılıp içerisindeki su taneciklerini minimum seviyeye indikten sonra türbine verilmektedir.

Türbin kısmını kullanacak teknik personelin uzman kişiler tarafından eğitilmesi gerekir. Türbin yağlama sistemleri buhar ile yapılıyorsa doymuş ve oransal vana kullanılarak sabit basınçla çalıştırılmalıdır. Türbin kısmını kullanan teknik personelin yüksek desibellerden etkilenmemek için kulaklık kullanmaları meslek hastalığına yakalanmamaları ve işitme kaybı yaşamamaları için çok büyük önem arz etmektedir. Birçok tesiste kullanılmadığı gözlenmiştir.



Şekil 2.11. Buhar Türbini

(Trend Enerji, 2023)

Buhar türbinlerinin boru tesisatlarında stres analizlerinin yapılmış ve uygun tesisat ve borular kullanılmış olması gerekir. Tesisat üzerinde kondenstopların kullanılması türbine su taneciklerinin gitmemesi için önemlidir. Türbinde oluşan acil arıza durumları için hem kendi içerisindeki blöf vanasını hem de türbin otomasyon sistemi üzerinden kazan otomasyon sistemine sinyal göndererek, motorlu egzoz vanalarının açılmasını sağlamalıdır. Türbin tesisat borularında kızgın buhar geçtiğinden yüksek ısılara dayanıklı izolasyon malzemesiyle kaplanmalı, herhangi bir yangın oluşumuna sebep

olmamak adına tesisatların üzerinde biriken biyokütle yakıt kalıntılarının temizlenmiş olduğuna dikkat edilmelidir. Yapılan çalışmalar neticesinde kumanda odalarının birçoğu türbinden ve kazandan uzak noktaya yapıldığı ses izolasyonun iyi olduğu gözlenmiştir. Şekil 2.11.'da ülkemizde de birçok tesiste kullanılan Triveni marka türbin gözükmektedir. Türbin tarafı ve kazan tarafı egzoz vanalarının çalışır durumda ve montajlarının yapılmış olduğu tespit edilmiştir.

2.3.21. Trafo sistemi

Trafo merkezleri tesisin kurulu gücüne göre toleranslı olarak seçilmelidir. Trafoların ve topraklamaların bakımları yıllık yapılmalıdır. Trafo merkezlerini kontrol edecek personellerin yetkili sertifikalı personeller olmasına dikkat edilmelidir. Trafo merkezlerinin dış ve iç kısımları temiz tutulmalıdır. Çevresindeki otlar yangın oluşumuna karşı temiz tutulmalıdır. Trafo merkezlerinde E sınıfı yangınlar oluşacağından buralarda kuru kimyevi toz ve genellikle kullanılan karbondioksitli söndürücülerin kullanılması gerekmektedir. Trafo merkezlerinde iyi bir aydınlatma, akü ve şarj sistemi, ayırıcılar, kesiciler, parafudur sigortalar, kauçuk halı, bulunmalı çalışma yapacak yetkili personele de yüksek gerilim eldiveni, plastik sehpa kauçuk halı, manevra anahtarı, uzaktan kumanda kesici açıcı bulunmasına dikkat edilmeli.

Trafo merkezi çevreden yetkisiz kişilerin müdahale etmemesi ve tehlike arz etmemesi için etrafı çit telleriyle kapatılmalıdır. Bu merkezlerin temiz olduğundan emin olunmalı. Türbin ile şebeke arasında otomatik senkronizasyonu sağlayan şalterler bulunmalı ve kontrolünün türbin kontrol merkezinden sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Trafolarda yapılacak çalışmalarda; Elektrik Kuvvetli Akım Tesislerinde Yüksek Gerilim Altında Çalışma İzin Belgesine (EKAT) sahip personeller tarafından yapılmasının gerektiği bilinmelidir. Tesislerde bu sorumluluk Elektrik mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Trafo merkezlerine sürüngen ve kemirgen hayvanların girmemesi için kablo giriş yerlerinde, çit aralarında boşluklar bırakılmamalı, gerekli ilaçlamalar yapılmalıdır. Şekil 2.12.'de koruma altına alınmış köşk tipi trafo merkezi görülmektedir.



Şekil 2.12. Trafo merkezi

(Mekayenerji, 2023)

2.3.22. Elektrik ve otomasyon panoları

Endüstriyel tesislerin kontrolünü otomatik olarak çalışmasını sağlayan, daha az insan gücüne ihtiyaç duyan, verimliliği üst seviyelere taşıyan elektrik elektronik aksamalardan kurulu sistemlerdir. Biyokütle enerji santrallerinde kazan dairesi ve türbin kısımlarını uzaktan kontrolünü sağlayan otomasyon ve elektrik panoları mevcuttur. Bu tesislerin otomasyon panoları ve yazılımları sistemin çalışma ve proses bilgilerine iyi derece hâkim kişiler ve yetkili personeller tarafından tasarlanmalı ve yapılmalıdır. Kazan dairesindeki yüksek basınçlı kazan üzerinde kullanılan armatürler den alınan bilgileri otomasyon panolarında PLC (Programmable Logic Controller) ve SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) üzerinden operatörlerin kullanımını kolaylaştıracak şekilde tasarlanması ve sistemde oluşabilecek tüm arızaların alarm sistemleri tarafından ve SCADA ekranından gösterilmesi sistemin kullanımını kolaylaştıracaktır. Otomasyon pano odalarında ısınan elektronik cihazların soğutulması için klima sistemleri kurulmalıdır. Bu odalarda elektrik ve elektronik alanlarında yetkili ve sertifikalı personellerin çalıştırılması uygun olacaktır. Aynı zamanda bu kumanda personellerine yardımcı olarak kazan dairesinde çalışacak ateşleyici belgesine sahip

personeller çalıştırılmalıdır. Birçok tesis bu tür ayrıntılara önem vermediğinden genellikle kazan dairesinde çalışan personelleri otomasyon pano kontrolünde kullanmaktadır. Bu tür durumlarda arıza oluşumları ve çözümlerinde bazen geç kalınmış olabiliyor, müdahalede geç kalınan durumlar iş kazalarını artırdığı gibi işletmenin iş kaybına sebep olmaktadır. Otomasyon panoları iş kazalarını büyük ölçüde azalttığı gibi tesislerin verimli çalışmasına da büyük katkı sağlamaktadır. Otomasyon panolarının bulunduğu bölgenin yıllık topraklama ve paratoner ölçümleri yapılmalı ve rapor verilmelidir. Bazen topraklama sistemleri yıllık kontrollerinin yapılmadığı durumlarda topraklama dirençlerinde yükselme meydana gelebiliyor. Bu değerlerin yükselmesi panolardaki küçük kaçakların toprağa iletilememesine ve pano üzerindeki cihazların kalibrasyonlarını bozmaya, sahadan gelen zayıf sinyallerin doğru çalışmamasına sebep olabiliyor. Bu sinyallerdeki yanıltıcı bilgiler kazanların susuz kalmasına, basınç bilgilerinin, yanlış okunmasına, seviye kontrollerinin düzensiz çalışmasına bunlardan dolayı alınamayan doğru bilgi yanlış çalışmalara ve iş kazalarına yol açabiliyor.

Otomasyon panoları güç panolarından ayrı şekilde montaj yapılmalıdır, çünkü güç devrelerinde genellikle sistemde çalışan motorların klemens bağlantıları olduğundan elektriksel gürültü yüksek olup zayıf akım ve sinyallere olumsuz etkileri olmaktadır. Türbin ve buhar kazanının otomasyon kontrol sistemleri aynı yerden kontrol edilmesi, kazan ve türbinin koordineli çalışmasını, karışıklık oluşmamasını, bilgi alışverişinin sağlıklı olması açısından çok önemlidir. Otomasyon sistemleri yetkili personeller tarafından sürekli kontrol altında tutulmalı, kazan üzerinde kullanılacak seviye, basınç, sıcaklık, vakum, bilgilerinin geldiği cihazların yedeklerinin bulundurulması gerekir. Bu panolarda çalışacak personellerin KKD kullanmalarına dikkat edilmelidir. Herhangi bir arıza oluşumunda yetkili birim sorumlularına haber verilmelidir. Sisteme müdahale edileceği zaman amirlerin bilgisi ve nezaretinde yapılmalı. Otomasyon panolarının olduğu bölümler klimalı sistemlerle soğutulmalıdır. Odaların havalandırması yeterli şekilde yapılmalı. Odalardan kazan ve türbin kısmı görüntülü olarak izlenebilmelidir. Bazen haber verilmeden personeller dönen parçalara müdahale edebilmektedir bu tür sorunların ortada kaldırılması için operatörlerin tesisin tüm kısımlarını görmesi ve ekipmanlara hâkim yerde olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca sistemin kumanda merkezinden kamera sistemleriyle izlenmesi uygun olacağı

düşünülmektedir. Sistemlerin ve panoların tesisin dışında olumsuz durumlarda kapatılabilmesi için acil stop butonlarının konulması gereklidir. Otomasyon panoları vana, flanş, ek parçalar, tesisatın çok yakınına, blöf hat yakınlarına vb. sıvı, ısı ve buhar kaçağı durumları göz ardı edilmeden tesis edilmeli. Pano odalarında sisteme girilmiş parametrelerin elektrik kesintilerinden etkilenmemesi için kesintisiz güç kaynaklarıyla PLC ve SCADA kısımları beslenmelidir. Sistem üzerinde yanmaz ve çelik zırlı kabloların kullanılmasına, kabloların korunaklı şekilde döşenmesine, kablo tavalarının kapaklı ve ısı yüzeylerinden uzağa döşenmesine dikkat edilmelidir. Otomasyon yazılımları kolay ve anlaşılır şekilde yazılmalıdır. Çok karışık yapılan yazılımlar operatörlerin kullanımını zorlaştırdığı gibi acil durum müdahalelerinde zaman kaybı yaşanıp olumsuz durumlara yol açabilmektedir. Yapılan incelemelerde tesislerde genellikle teknik personeller sadece kullanmış olduğu kısmın bilgisine sahip olmasının yeterli olduğunu düşünmektedir. Aslında personellere eğitimler verilirken tesisin tüm kısımlarına hâkim olacak şekilde eğitimlerinin verilmesi daha uygun olacağı düşünülmektedir. Elektrik yangınlarına karşı otomasyon oda içerisinde kuru kimyevi toz ve karbondioksitli yangın söndürücüler bulundurulmalıdır. Otomasyon panoları zamanla toz toplayıp elektrik ve elektronik parçalar üzerinde iletkenlik özelliği yapabileceği gibi kontaktör ve benzeri anahtarlama yapan cihazların kontak uçlarında yalıtkan görevi yapıp motorların yüksek akım çekmesine ve yanmalarına gövdeye elektrik kaçaklarına sebep olabilmektedir. Panoda yapılacak çalışmalarda uyarı levhaları ve emniyet tedbirleri alınmalı, sistem hakkında bilgisi az veya herhangi bilgisi olmayan kişilerin müdahalesine izin verilmemeli, aksi halde yanlış yapılacak herhangi bir uygulamanın sonuçları çok ağır olabilecektir. Tesislerde yapılan incelemelerde otomasyon sistem bağlantıları iş güvenliği gözetilmeden yapılmış durumda olduğu gözlemlenmiştir. Kablolar korumasız şekilde, ısı kaynaklarına yakın yapılmış, kumanda odasındaki bazı gösterge panellerin çalışmadığı, basınç ve su bilgilerindeki eksik ve yanlış bilgiler alındığı gözlemlenmiştir. Şekil 2.13.'de 6MW biyokütle santrali otomasyon pano kumanda odası ve yazılımları görülmektedir. İnceleme yapılan tesislerdeki otomasyon panoları ve kumanda odalarının tesisi kuran firmalara göre farklılık gösterdiği herhangi bir standardın olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 2.13. Elektrik ve Otomasyon Panoları

2.3.23. Jeneratörler

Biyokütle enerji tesislerinde enerji kesintilerinden dolayı sistemde büyük problemler oluşabilmektedir. Bu tür olumsuzların önüne geçebilmek ve sistemin çalışmasının devamlılığını sağlamak için tesisin kurulu gücü göz önünde bulundurularak senkron çalışan yedekli jeneratörler tesis edilmeli. Jeneratörün olmadığı tesislerde elektrik kesintilerinde buhar kazanının içerisindeki yakıtın kendiliğinden yanmaya devam etmesi gazları egzoz yapan baca fanının durması tesis içerisinde gaz kaçağının oluşması sonucu gaz zehirlenmelerine, yakıt bunkerlerinde yangın oluşmasına sebep olabilir. Yanma ocaklarına taze hava üfleyerek yakıtın yanmasına ve ızgaraların soğumasına katkısı olan fanlarının çalışmaması ızgara sistemlerinde yakıtın kendiliğinden yanmasın dolayı deforme oluşturabilecektir. Tüm tesisteki elektrikli ve pnömatik vanaların çalışmamasına ve vanaların istenmeyen pozisyonlarda kalmasına neden olacaktır. Türbin yağlama sisteminin sirkülasyonu çalışmaması durumunda yağ sıcaklığının yüksek ısılara çıkmasına neden olacağı bilinmelidir. Yaptığımız incelemelerde birçok tesiste jeneratör bulunduğu, bazılarının kazan dairesi ihtiyacını

karşılایacak kapasitede olduğu, bazılarının da sadece kritik yerleri besleyecek kapasitede olduğu gözlenmiştir. Tüm tesislerde jeneratör kullanılması önerilmektedir.

2.3.24. Yangın tesisatı ve pompa sistemleri

Biyokütle enerji tesislerinin en büyük sorunlarından bir tanesi de yangın çıkma ihtimalinin yüksek olmasıdır. Yakıt stok sahalarından, yakıt tozlarının birikip ısıyla temasından bazen de uzun süre bekletilen ve istifleme yükseklikleri fazla yakıtların kendiliğinden kızışıp yanmasından kaynaklı yangınlar oluşmaktadır. Biyokütle yakıtlar uçuculukları yüksek yakıtlar olduğundan yangınların itfaiye tarafından söndürülmesi uzun zaman almaktadır. Bu tür yangınların önüne geçebilmek ve çok kısa sürelerde müdahale edebilmek adına tesise yangın sistemlerinin bulunması büyük önem arz etmektedir. Yangın sistemleri kapalı alanlar için yangın dolapları, açık alanlarda sahanın büyüklüğüne göre hidrant sistemleriyle döşenmelidir. Kapalı stok alanlarında yangına müdahalenin zor olduğu düşünülürse yangın sprinkleri kullanılması yangının söndürülmesi açısından önem taşımaktadır. Yangın pompaları 1900 l/dk su basabilecek kapasitede olmasına ve en uzak noktadaki hidrant ağzında en az 7 bar basınç olacak şekilde tasarımının yapılmış olmasına dikkat edilmelidir. Yangın pompalarının herhangi bir olumsuz durumla karşılaşmamak adına yedeğinin olması önerilmektedir. Yedek pompanın elektrik kesintilerine karşın dizel yakıtlı yangın pompası olarak seçilmesine özen gösterilmelidir. Bazı tesislerin kendi arazileri üzerine kuruldukları bazılarının da yakıt stok alanlarının yetersiz kalmasından dolayı arazi kiraladıkları gözlemlenmiştir. Kendine ait arazide kurulmuş olanlarda yangın hatlarının döşendiğı, kiralık arazilere yangın hatlarının döşenmediğı görülmüştür. Tesislere kendi bünyelerinde yangın hatlarının ve yangın söndürme araçlarının olmasının yangınlara erken müdahalede büyük avantaj sağladığı bilinmeli ve sahip olunması gereklidir.

2.3.25. Su borulu kazan

Biyokütle ve benzeri yakıtlar kullanılarak elektrik enerjisi elde edilirken su borulu ya da alev borulu kazanlar kullanılmaktadır. Genellikle bu tür tesislerde yüksek

basıncılara dayanıklı, su borulu, drumlu kazanlar tercih edilmektedir. Bunun birçok sebebi vardır, su borulu kazanlarda ani buhar oluşumları, kazan patlamasının alev borulu kazanlara nazaran daha az olması, tamirin kolay yapılabilmesi, montaj kolaylığı gibi avantajları mevcuttur.

Yüksek ve düşük basınçlı kazanlar CE standartlarına uygun, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü'nün 3 Mart 2018 Cumartesi 30349 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Basınçlı Ekipmanlar yönetmeliğine uygun olarak imal edilmelidirler (T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü, 2024). Yüksek basınçlı kazanlarda kazanın tesise montajının başladığı andan enerji üretim anına kadar tüm takılan parçaların uygunluğu özenle kontrol edilmelidir. Bazen montaj çalışanları malzemelerin kalitesinden ve özelliğinden haberdar olmadıklarından yanlış yerlere yanlış parça montajları yapabilmektedirler. Bu tür yanlış montajlar iş kazalarına yol açabilmektedir. Kullanılan kaynak telleri sistemdeki boruların alaşımlarıyla aynı özellikleri taşıyan kaynak malzemesi kullanıldığından emin olunmalı. Kazanlar montaj yapılırken boru kaynakları, türbin kısmına yapılan kaynaklar, tahribatsız kaynak kontrol yöntemleri kullanılarak test edilmelidir. Kazanın üzerine montaj yapılacağı çelik yapının kaynaklarının sağlamlığı kontrol edilmeli. Yüklenici firmanın montajlı şekilde getirmiş olduğu borular ve kazan ekipmanları montaj yapılmadan kontrole tabi tutulmalıdır. Kazan dairesinin montajının bitiminde ekipmanlarıyla birlikte kimyasal temizliğinin yapıp, işletme basıncının 1,5 katı hidrostatik test basıncıyla test edilmelidir. Her yıl bu şekilde akredite firmayla ya da makine mühendisleri odasının kontrolüyle hidrostatik test basınçları yapıp raporlanmalıdır. Kazanların üzerinde kullanılan ekipmanların, tesisat borularının hepsinin etiketlenmesi sistem takibi açısından önemlidir, önerilmektedir. Kazanda çalışma yapılacağı zaman yetkilerin kontrolünde emniyet tedbirleri alınarak yapılmalıdır. Şekil 2.14.'de iki adet Biyokütle yakıtla çalışacak su borulu dıştan drumlu kazan montaj aşamasındadır. Su borulu kazanlar yüksek basınçlı tesisler için daha uygun ve güvenli olduğu tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde çeşitli güçlerdeki tesislerde su borulu kazanların kullanıldığı, yanma ocaklarında ve ekipmanlar da değişik modeller gözlemlenmiştir.



Şekil 2.14. Su Borulu Biyokütle Kazan Tesisi

(Selnikel, 2023)

2.3.26. Steam drum

Su borulu kazanların hem borudaki buharlaşan suyun yerine yenisinin akışını sağlamak, hem de kazanda oluşan buharın depolandığı hazne olarak kullanılmaktadır. Yüksek buhar basınçlı kazanların drumlarının imalatı yapılırken yüksek kalitede kazan sacından yapılmalıdır. Bu tür yüksek basınçlı drumlar sac et kalınlıkları fazla olduğu için bunlara montajı yapılacak boruların yerleri ısı kaynaklarıyla tavlandıktan sonra yapılmalıdır. Aksi halde kaynak sac ve boru arasına tam nüfuz edemediğinden boru yırtılmaları meydana gelip buhar püskürmesi gibi kazalar oluşacaktır. Eğer drum montajı tesiste yapılacak ise drum montajı yapılacak boruların minyatürleri kaynatılmış şekilde gönderilmelidir. Drumların mümkün oldukça alev görmemesine dikkat edilmelidir. Yıllık hidrostatik test basınçları yapılmalıdır. Drum içerisine müdahale edilebilmesi için kapaklar bırakılmalıdır. Bu kısımda doymuş buhar olduğundan izolasyonu ona göre yapılmalıdır. Bazı tesislerde yaptığımız incelemelerde Kazan dairesi havalandırmasının uygun yapılmamasının sonucu olarak drum kısmında çok

fazla duman birikmesi gözlemlenmiştir. Şekil 2.15’de imalat aşamasında üzerine kısa boru montajları yapılmış druma örnektir.

Drumlar kazanın en tepe noktasında ölçüm cihazlarının ve su seviye bilgi cihazlarının bağlandığı önemli bir ekipman olduğundan bu kısmın gözle kontrolü zor olmaktadır. Bu kısımdan oluşabilecek kaçaklar ve arızaların tespiti için pano kumanda odasına kamera izleme sistemi kurulmalıdır.



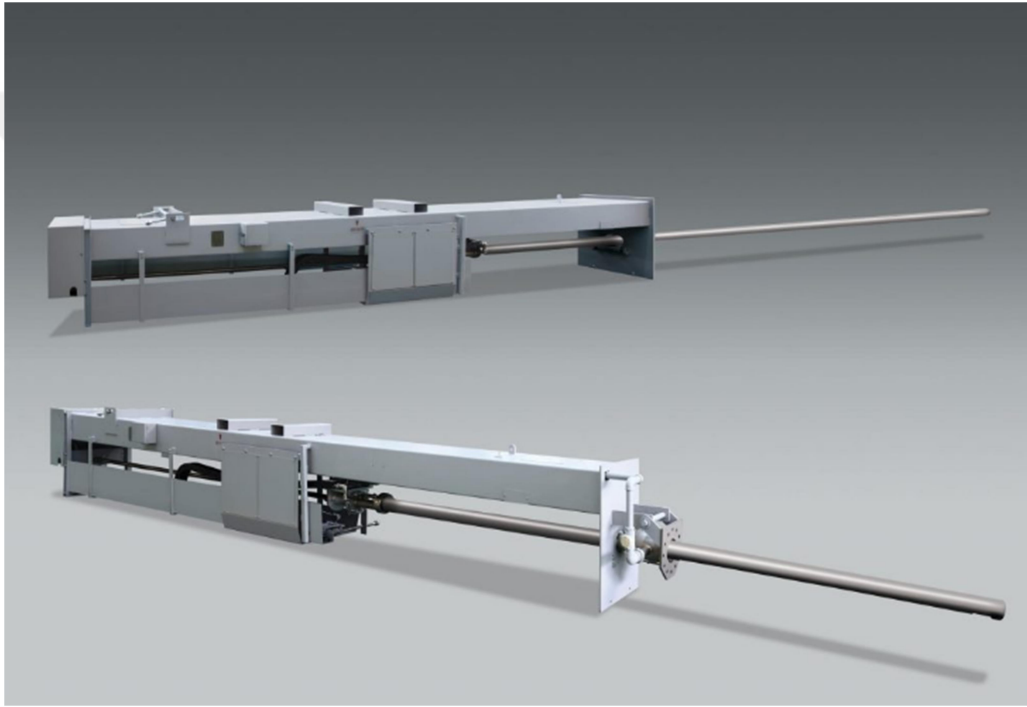
Şekil 2.15. Buhar Drum

(ETW International, 2023)

2.3.27. Soot blower

Soot blowerlar kazanların içerisinde borulara ve yan ekran borularına yapışan külleri basınçlı buhar vermek suretiyle otomatik ya da manuel olarak temizleyen sistemlerdir. Soot blower çalışırken hareketli kısımlara dokunulmamalıdır. Kazanlar soot blowerla temizlenirken buharın püskürmesiyle iç kısımlarda pozitif basınç oluşacağından fan baca fan çekişi kontrol altında tutulmalıdır, otomatik vakum sistemi olan kazanlarda vakum transmitterine göre ayarlayacaktır. Ayarlanmadığı durumlarda kazan kapaklarından dışarıya duman ve alev püskürme oluşacaktır. Soot blowerlar da

ileri geri için kullanılan sınırlayıcı sensörlerin tozlanmaya karşı sürekli temiz tutulması gerekiyor. Yan muhafaza kapakları takılmış olmalıdır. Şekil 2.16.'de soot blower ve yataklanmış ısıya dayanıklı buhar borusu gözükmektedir. Buhar bağlantı ağzları titreşimlerden etkilenip cıvatalarının gevşeme ihtimaline karşı kontra somunlarla sıkılmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği yönünden çalışanların toz ve ısıya maruz kalma sürelerini azaltan bir ekipman olmasından ötürü tüm tesislerde kullanılması önerilmektedir.



Şekil 2.16. Soot Blower

(US Korea Hotlink, 2023)

2.3.28. Buhar susturucu üniteleri

Biyokütle enerji santrallerinde kazan ve türbin tarafından kullanılan buharın, kazanın blöflerinin, türbinin ilk devreye girme aşamalarında kullanmış olduğu buharın istenen basınç ve sıcaklığa ulaştırana kadar atmosfere atılırken çevreye zarar vermemesi için yapılan mekanik ekipmanlardır. Egzoz buharları direkt atmosfere atıldığı durumlarda yangın çıkarma riski ve çalışanların buhardan etkilenme riski olduğundan

susturucu ünitelerinin yapılmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır. Yüksek basınçlı kazanlardan çıkan buharın sesi iç kulak bozukluğuna veya iç kulak zarının yırtılmasına kadar zarar verebilmektedir. Tesis çalışanlara bu durumlar ve diğer seslerden korunmak için kulak koruyucular kullanandırılmalıdır. Atmosfere atılan buhar çevreyi rahatsız edici derecede ses çıkardığından buhar susturucu ünitelerinin yapılması zorunluluk arz etmektedir. Buhar susturucu sistemleri ani buhar püskürmeleri yaptığından personele zarar vermeyecek yerlere montajının yapılması gerekir. Yapmış olduğumuz çalışmalarda bazı tesislerin susturucuları bilinçsiz şekilde yerleştirilmiş olduğu yerden üç metre yukarıdan yürüyüş yoluna ve araçların geçtiği yere montaj yapıldığı gözlemlenmiştir. Kamyonlar ve personel geçişlerinde buharın egzoz yapılması durumunda iş kazaları kaçınılmazdır. Buhar çıkış ağızlarında sürekli buhar çıkışı olmadığından kuşların bu ağızlara girmeleri mümkün olmaktadır. Buhar çıkış ağızları çelik ızgara ile kapatılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Şekil 3.16’da susturucu blöf çıkışının ızgarasız olduğu ve bacaya çok yakın olarak montajının yapıldığı görülmektedir.



Şekil 2.17. Susturucu Blöf Tankı

(Dürr Group, 2023)

2.3.29. Kompresör

Kompresörler işletmelerdeki pnömatikle çalışan tüm ekipmanların basınçlı hava ihtiyacını sağlayan makinelerdir. Kompresörler her tesiste olduğu gibi enerji üretim tesislerinde birçok pnömatik aktüatörlü vanaların çalışması için hava temini sağlamaktadır. Kompresör yeterli hava üretmediğinde ya da arıza durumunda tesis durmak zorunda kalacaktır. Bu yüzden tesisin çalışmasında kritik bir yere sahiptir. Yıllık basınçlı kaplar yönetmeliğine göre hidrostatik basınç testine tabi tutulmalıdır. Test kabın işletme basıncının 1.5 katı olacak şekilde test edilir. Emniyet ventilinin işletme basıncının 1.1 katı basınçta açtığından emin olunmalıdır. Kompresörler tozlu ortamlara konmamalı ve etrafına gereksiz istiflemeler, yanıcı maddeler konulmamalıdır. Acil durum ikazları bulunmalı, Kurutucu sistemler kullanılmalı çalışmaların rahat yapılması göz önünde bulundurularak montajlarının yapılması uygun olacaktır. Motordan elektrik kaçağına karşı kaçak akım koruma rölesi takılı olmalıdır. Patlama olasılığı dikkate alınarak personele ve çevreye zarar vermemesi için tesisin dış kısmına montaj edilmelidir. Tank üzerinde emniyet ventili olduğundan emin olunmalıdır. Yaptığımız incelemelerde kompresörlerin bakımlarının yapılmadığı, emniyet tedbirlerinin alınmadığı, ikaz işaretlerinin bulunmadığı, hortumların her an kopabileceği ve iş kazalarına yol açabileceği gözlenmiş yetkili kişiler uyarılmıştır. Tesiste yedek tank ve yedek kompresör olması önerilmektedir.

2.3.30. İzolasyon

Endüstride izolasyon; tesisatlar, kazanlar, tanklar gibi ekipmanların ısı, nem, duman, yangın gibi olumsuz durumların ortaya çıkmaması ve kullanılan malzemenin ömrünün uzatılması için yapılmaktadır. İzolasyon yapılmayan kazanlarda yüksek oranda ısı kaybı, verimsizlik, çevre kirliliği gibi şikâyetler olmaktadır. Ayrıca izolasyon dış ortamla metal arasında bir duvar görevi gördüğünden korozyon ve aşınmalara karşıda büyük fayda sağlamaktadır. Santrallerde yüksek basınca bağlı olarak buhar sıcaklığı da yüksek olmaktadır.

Kazan yanma odasında yanan yakıtlar ısı açığa çıkarır, bu ısının kazan dış yüzeyine yansımaması, çalışanların bu kısımlara temasının engellenmesi ve bu yüzeylerden çıkan gazların sağlığını tehdit etmemesi için izolasyon kullanılmalıdır. İzolasyon malzemeleri içerisinde asbest barındırdığından izolasyon yapımı yetkili kişiler tarafından iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alınacak şekilde yapılmalıdır. Bu incelemeler neticesinde kazan izolasyonları tam olarak yapılamadığı, zamanla oluşmuş olan deformelerin tamir edilmediği, izolasyon malzemelerinin gelişi güzel ortalığa serildiği bunun ileri zamanlarda çalışanlarda ciddi hastalıklara yol açacağı tespit edilmiştir. Tahribata uğrayan izolasyonların tamir edilmesinin uygun olacağı, tamir edilmediği durumlarda izolasyonun açık olan yerlerinden nemlenme, toz girişi sonucu sarkmalar oluşacaktır. Bölgesel arızaların tamir edilmesi önerilir. Kazan dış kısımlarının ve izolasyon yapılmış bölgelerin termal kameralarla ölçümlerinin yapılması sağlanmalıdır.

2.4. Biyokütle tesislerindeki armatürler

2.4.1. Buhar vanası

Buhar vanaları, buhar kazanlarından çıkan buhara yön verilmesini, debisini, basıncını ayarlamak için kullanılan mekanik armatürlerdir. Biyokütle santrallerinde yüksek basınç ve sıcaklık bulunmasından dolayı genellikle motorlu ve aktuatörlü vanalar kullanılmaktadır. Bu gibi büyük tesislerde buhar vanaları seçimi büyük öneme sahiptir. Seçilen vananın sıcaklık ve basınç dayanımı sistemin buhar kapasitesine, çalışma basıncına, buhar çalışma sıcaklığına göre temin edilmelidir. Bu tür tesislerde vanaların iş güvenliği açısından otomatik kontrollü vana olması daha uygun olacaktır. Eski tesislerde genellikle manüel kullanılan vanalarda conta delinmelerinden kaynaklı iş kazaları, vana salmastrası buhar kaçağından doğan iş kazaları, izolasyonsuz vanalarda kızgın yüzey temasları sonucu oluşan iş kazaları yaşanmıştır. Biyokütle tesislerinde vanaların otomatik ve kendi üzerinde manüel açma kapama sisteminin olması gerekmektedir. Bu tür sistemler iş kazalarını, zaman kayıplarını azaltacak iş verimini de büyük oranda arttıracaktır. Tesisler de yapılan incelemelerde vanaların bir kısmı otomatik bir kısmı manüel olarak montaj yapılmıştır. Şekil 2.17.'de otomatik ve manüel

kontrollü, oransal çalışabilen elektrik aktuatörlü vana görünmektedir. Bu tipteki vanalar diğer aktuatörlü vanalara nazaran pahalı durumdadır, ama daha sağlıklı çalışmaktadırlar. Mümkünse tesislere bu tip vanaların kullanılması yönünde teşvik de bulunulmalıdır. Manüel vanaların sistem yıllık bakımlarında durdurulduğu esnada otomatik vanalarla değiştirilmesi önerilmektedir.



Şekil 2.18. İki Yollu Elektrik Aktuatörlü Vana

(Unox Valve Company, 2023)

2.4.2. Emniyet vanası

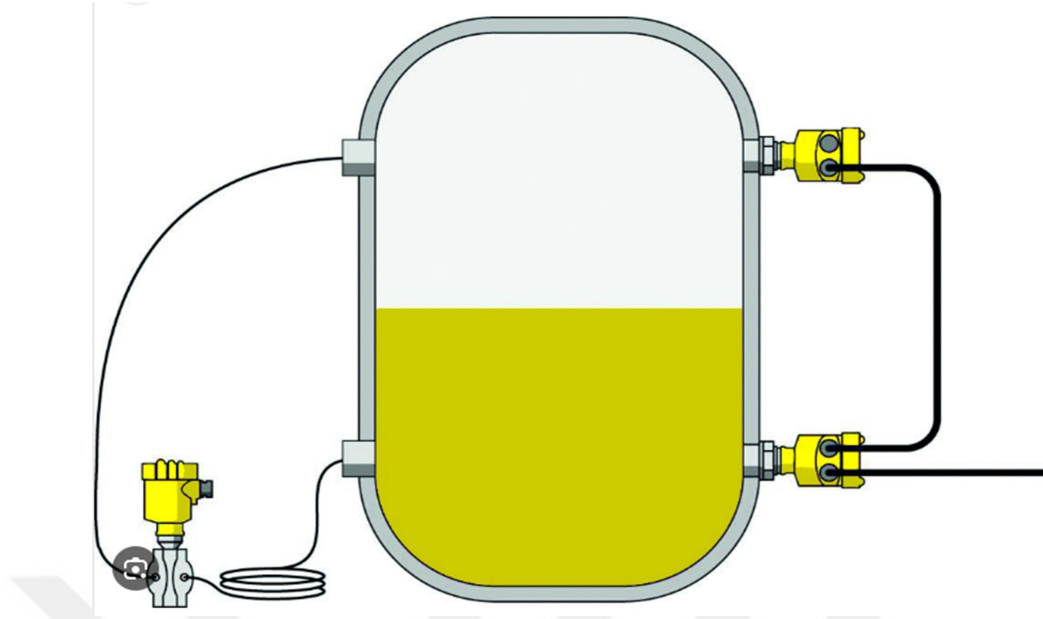
Emniyet vanaları; kazanda üretilen buhar basıncının işletmede kullanılacak buhar basınç değerini geçmesi durumunda sistemden tahliye ederek basıncı düşüren, düşürülen basıncın tekrar kendi set değerine geldiğinde kapatan mekanik vanalardır. Kazanlarda drum üstüne en az iki adet konmalıdır. Ekonomizer, pompa tesisatları, degazör, buhar hatları, kompresörler vb. basınç kontrolü istenen yerlerde

bulundurulmak zorundadır. Bu vanalara piyasada emniyet ventilide denmektedir. Bu vanaların boru hatları susturucu tesisatına bağlanmalı boruları izolasyonla kaplanmalıdır. Aksi takdirde bazı tesisler boruları açıktan veya yerden götürüp izolasyonsuz yaptığından istenmeyen durumlar oluşmaktadır. Eğer emniyet vanalarını susturucu ünitelerine bağlanmamışsa çıkış uçları çevreye zarar vermeyecek izole kaplamalı, boru ağzı yukarı bakacak şekilde montaj edilmelidir. Bu emniyet ventili yıllık kazanla birlikte hidrostatik test basıncına tabi tutulmalıdırlar. Bazı zamanlarda buharı proses basıncının üzerine çıkarıp ventillerin testi yapılabilir. Drum kısmına direk bağlanmalı araya vana konmamalıdır.

2.4.3. Su seviye cihazları

Buhar kazanlarındaki iş kazalarının başında kazanların susuz kalmasına bağlı patlamalar meydana gelmektedir. Buhar kazanlarında besi suyu doymuş buhar haline geçtikten sonra drum kısmında su eksilmesi meydana gelecek, eksilen suyun sistemden kontrolü için tasarlanmış elektrik sinyalli, elektronik sinyalli cihazlar ve mekanik su seviye kontrol cihazları kullanılmaktadır. Buhar kazanlarında emniyet açısından en az üç tane su seviye kontrol cihazı kullanılması tavsiye edilmektedir. Cihazlar farklı kollektörlerle drum'a bağlanmalı cihazlar ve drum arasına mümkünse vana konmamalıdır. Yapılan incelemelerde tesisin birinde su seviye cihazlarının sinyal bilgileri yanlış şekilde alınmasına rağmen üretime devam edildiği tespit edilmiştir. Cihazların kabloları genellikle sıcak yüzeylere temas eder durumda ve sprell hortumlar kullanılmamıştır. Bu ileriki zamanlarda kazanda eksilen suyun sinyalinde olumsuz yönde bilgi verip kazanda büyük iş kazalarına yol açacaktır. Yapılması öngörülen sistemdeki su seviye cihazlarının sayısının artırılması ve sinyal vericilerin acilen değiştirilmesidir.

Şekil 2.18.'de kazanların su seviyeleri ve kazan basınlarının kontrolünün yapıldığı fark basınç transmiiteri bulunmaktadır. Drumda basınç ve seviye bilgilerinin kontrolünün sağlıklı işlenmesi ve doğruluk ortalamasının alınabilmesi için üçer adet kullanılması tavsiye edilmektedir.



Şekil 2.19. Su Seviye Cihazı

(VEGA Seviye ve Basınç Ölçüm Cihazları, 2023)

2.4.4. Basınç ölçüm transmitteri

Tesislerdeki akışkan ve gazların basınçlarının kontrolünü sağlamak için akışkan veya gazın basıncını volt ve mili amper cinsinden sinyallere çevirip siteme veren elektronik kartlı cihazlardır. Biyokütle enerji tesislerindeki kazanların drum kısımlarında üç adet bulunup, drumdan almış olduğu buhar basıncını otomasyon kontrol kısmına göndererek kazanın istenen işletme basıncında sistemin verimli olarak çalışmasını sağlamaktadırlar. Bu cihazlar arıza durumları göz önünde bulundurularak yedekli olarak drumun farklı bölgelerine montaj edilmesinin çalışmaların devamlılığı için önerilmektedir. Drumdan ölçülen buhar basıncının her yerde farklı olarak ölçülebildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı yerlerden alınan basınç bilgilerinin ortalaması sistemin basınç bilgisinin türbine daha sağlıklı iletilmesini sağlayacağı bilinmelidir.

Basınç transmitteri yüksek sıcaklık olduğu durumlarda kazan gövdesinden uzağa montaj edilmeli, mümkünse fark basınç transmitteri kullanılmalıdır. Birçok tesiste ortalama basınç alınmadığından kazandaki basınçla türbindeki basınç arasında farklar (tesisat basınç düşümleri hariç) oluşmaktadır.

Biyokütle tesislerinde basınç transmitterleri birçok yerde kullanılmakta olup, besi suyu giriş çıkış basıncı, kazan vakum sistemi, ekonomomizer giriş çıkış basıncı vb. kısaca basıncın ölçüne ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılması gereklidir. Transmitterlerle drum arasına vana konmamalıdır. Basınç transmitterleri otomasyon sisteminin çalışmasında öncelikli cihazlardır. Sistemin çalışması basınç ve sıcaklık üzerinde inşa edildiğinden kazan tesisinin devamlılığı için büyük öneme sahiptir. Bundan dolayı kalibrasyonu iyi olan kaliteli ürünlerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Otomasyon sisteminde basınç bilgilerinin okunması sırasında değerlerin ani değişimleri gözlenirse sistem stop edilerek arızanın kaynağı tespit edilmelidir.

2.4.5. Basınç prosestatı

Akışkanların basınçlarını mekanik olarak ölçüp elektriksel sinyal olarak veren emniyetli proses cihazıdır. Biyokütle enerji santrallerinin buhar kazanlarında basınç transmitteri ve emniyet vanasının haricinde basınç prosestatı kullanılmaktadır. Sistemde basınç prosestatı drum üzerinde kollektör üzerine önünde kesici vana olamamak şartıyla en az iki tane montaj edilmesinin uygun olacağı bilinmelidir. Transmitterler ayarlanan proses set değerlerinde kazanı çalıştırırken herhangi bir olumsuzluk durumunda proses basıncının aşılmaması için prosestatlar ayarlanan set değerlerine göre sistemin devre dışı kalmasını sağlayacaktır. Prosestatların devre dışı bırakmadığı durumlarda emniyet vanaları devreye girecektir. Bu tür cihazlar sürekli takipte ve belirli aralıklarda kontrol edilmelidir. Yıllık testlerde yerlerinden sökülüp bağlantı ağzları kirlenmeye karşı temizlenmelidir. İncelemelerde bulunduğumuz tesislerin bazıları basınç prosestatı yerine fark basınç transmitterlerini kullandıkları tespit edilmiştir. Elektriksel aksamlarının ısıdan zarar görmemesi için kazan gövdesinden uzağa montajının yapılması uygun olacağı düşünülmektedir. Endüstride birçok buhar kazanının çalışma sistemi prosestatlar aracılığıyla yapıldığı tespit edilmiş olup, ölçüm ağzının kireçlenmesi, emniyet ventillerinin açmaması sonucu birçok iş kazasının yaşandığı bilgisi edinilmiştir. Eğer prosestat yerine fark basınç transmitterleri kullanılırsa ve kazan seviyesinin altına montaj yapılırsa çamur birikmesini önlemek adına günlük blöfle temizlenmesi önerilmektedir.

2.4.6. Manometre

Akışkan malzemelerin mekanik olarak basıncını ölçen cihazlardır. Sistemde tesisatlar üzerinde ihtiyaç duyulan yerlere konmalı sağlamlığı elektronik sinyal veren basınç transmitterleriyle karşılaştırılmalıdır. Sistemin kontrolü gözle yapıldığı durumlarda saha ortamında gözetim için önceli bir yere sahiptirler. Tesislerin birçoğu sistemin çalıştırılmasının ardından belirli bir süre sonra sistemde SCADA ekranlarında basınç bilgilerini gördüklerinden, manometrelerin kontrolü ve izlenmesi önemini yitirdiği düşünülmektedir. Bu tür tesislerde ne kadar çok veri sağlanabilirse o kadar sağlıklı bir çalışma yapılabilir. Tesislerdeki manometrelerin göstergelerinin skalasının bazıları bar, bazıları pascal olarak takılmıştır. Operatörler basınç bilgilerini doğru anlayamayacağı kanısına varılmış. Bazı manometrelerin çalışmadığı personellerin arızalı olup olmadığı konusunda kontroller yapılmadı anlaşılmıştır. Manometrelerin skalalarının tek türden basınç bilgisinin verilmesinin daha sağlıklı olacağı düşünülmüştür.

2.4.7. Çekvalf (çek vana)

Akışkanların ve gazların bulunduğu tesislerde ters akışı engellemede kullanılan mekanik armatürlerdir. Biyokütle enerji tesislerinde tesisatların birçok yerinde basınçlı su ve buhar hatlarına montajı yapılmaktadır. Montaj yönü ve pozisyonu çek valfin üretim şekline göre yapılmalıdır. Besi pompasından itibaren, ekonomizer ve drum kısmına kadar iki adet kullanılması önerilmektedir.

Bazen su ve kazan içerisinde partikül ya da yabancı bir cisim çek valfi açık bırakabiliyor buda geri akış olmasını sağlıyor, tesisatlar da geri akış istenmeyen sonuçlar doğuracaktır. Tesisat üzerinde pislik tutucuların temizlenmesi ve eksik görülen yerlere takılması bu tür arıza oluşumundan kaynaklı iş kazalarını engelleyebilecektir. Geri akışın olabileceği yerlerde çekvalflerin bulunduğu hat üzerinde basınç, sıcaklık, debi ölçümlerinin yapılması kumanda odasında scada ekranında izlenmelidir.

Tesislerdeki çek valflerin montajları incelenmiş herhangi bir olumsuzlukla karşılaşılmamıştır. Şekil 2.19.'da flanş montajlı döküm çek valf verilmiştir.



Şekil 2.20. Flanş Montajlı Çekvalf

(Wenzhou Kerui Valve Industry, 2023)

2.4.8. Kompansatör

İçerisinden akışkan geçen tesisatlar akışkanın ısısından dolayı genişerek uzayıp kısalabilirler. Buhar kazanlarında bu uzama sıcaklık yükseldikçe artacağından, tesisatlardaki bu uzamayı almak için basınç sınıfı ve sıcaklığı uygun kompansatörler kullanılmalıdır. Yüksek sıcaklık ve basınç olan yerlerde bazen U şeklinde omega denen tesisat çözümleri de kullanılmaktadır.

Yapılan incelemeler neticesinde tesislerin türbin kondenser, bazı pompaların çıkışlarında, temiz su hatlarında kompansatörlere rastlanmıştır. Kızgın buharın olduğu kısımlarda genellikle omega tesisat kullanılmış olduğu tespit edilmiştir. Kompansatörlerin kullanılmadığı tesisatlar da uzamalar sonucunda tesisat üzerindeki

diğer armatürlerin zarar göreceği iş kazalarına yol açabileceği bilinmektedir. Herhangi bir olumsuz durum oluşmamıştır. Şekil 2.20.'de eksenel körüklü kompansatör verilmiştir.



Şekil 2.21. Kompansatör

(Pompa&Vana Sistemleri Dergisi, 2023)

2.4.9. Kondenstop

Buhar hatlarında sıvı hale dönen buharın tesisatın dışına atılmasında kullanılan mekanik armatürlerdir. Biyokütle santrallerinde buhar tesisatlarında türbin kanatlarına su moleküllerinin çarpması kanatların aşınıp parçalanmasına sebep olmaktadır. Buhar hatları üzerine kondenstop konularak türbine giden su zerreciklerin alınması sağlanmaktadır. Kondenstoplar dan çıkan kondensler izolasyonlu borular yardımıyla deşarj edilmelidir. Aksi halde kondens sürekli çalıştığından yüksek ısılar tesisat yüzeylerinden çalışanlar için tehlike arz etmektedir. Ayrıca tesisteki tozların bu tesisatlardan yayılan ısıyla alev alarak yangın çıkarabildiği gözlemlenmiştir. Yapılan incelemelerde tesislerin birçok kısmının biyokütle yakıt tozlarıyla kaplı olduğu gözlenmiş, kondenstop tesisatları ve ısı kaynakları üzerindeki tozlar temizlenmelidir. Temizlenmeyen toz tanelerinin yangın çıkarma riski bulunmaktadır. Genellikle kazanın

yakıt besleme ünitelerinden ve bunkerlerden oluşan tozlardan kaynaklandığı için bu alanların sızdırmazlık çalışmaları iyileştirilmelidir.

2.4.10. Buhar sayacı

Sistemde üretilen buharın debisini elektronik sinyaller vasıtasıyla kullanıcıya sunan, raporlayan mekanik parçalardır. Buhar sayaçları montajı genellikle türbin kısmına giden kızgın buhar tesisatı üzerine takılmakta olup buradaki montaj sıcaklık göz önünde bulundurularak temin edilmelidir. Contaları paslanmaz çelik contalarla yapılmalı, klingrit contalar yanacağı için kullanılmamalı. Sayaçların okunması scada ekranından kontrol edilmeli, personellerin sayacın üzerinde okuma ekranı bulunsa dahi üzerinde okumanın tehlikeli olabileceği bilgisinin verilmesi gerekmektedir. Sayaç kısmında çalışmalar tesis durdurulduğunda yapılması gereklidir. Buhar sayaçlarına tamiratlar ve bağlantılar için korkuluklu platformlar yapılmaz. Tesislerin yetkilileri ve yüklenici firmalar bazen sayaç bilgilerini bilgisayar ortamından okuduklarından buhar sayaçlarının bulunduğu alanlara platformu yapılmasını uygun görmemektedirler. Ama arıza ve değişim durumlarında genellikle yüksek yerlerde montajı bulunan sayaçlara merdivenlerle ulaşmaya çalışılmaktadır. Buhar sayaçlarının bulunduğu tesisatlara Merdivenle çalışmaların yapılmasının uygun olmayacağı bilinmelidir. Platform yapılması önerilmektedir.

2.4.11. Otomatik Yüzey ve dip blöf vanaları

Buhar kazanlarındaki buharlaşma neticesinde askıda kalan, açığa çıkan birçok maddenin istenmeyen seviyelere ulaşmaması için kazan içerisinden atılmasına blöf denir. Buhar içerisinde bulunan çözünmemiş madde miktarı suyun iletkenlik değerlerini yükseltmekte, sıvı haldeki maddeler su içerisinde yüzer pozisyonda ya da suyun yüzeyinde birikir bunların atılması için yüzey blöf, çözünmemiş katı halde kalan maddeler ağırlıklarından dolayı kazanın dip kısımlarına çökerek kazan verimliliğini ve ekipman, armatürlere zarar verecek şekilde bulunmasını engellemek için dip blöf

sistemleri kullanılmaktadır. Biyokütle basınçlı buhar kazanlarının blöf sistemleri yüksek basınçlarla çalışıldığı için otomatik motorlu vanalarla yapılmalıdır.

Kazan içerisinde askıda kalan cisimler türbin kısmına gidebileceği gibi kazan içerisinde birikmeden dolayı boruların tıkanmasına ve boru patlamalarına yol açmaktadır. Kazanın su iletkenliğini ölçüp drum kısmında biriken köpüğü ve askıda çözünmüş maddeleri dışarı atan otomatik yüzey blöf vanalarının da sistemlerde kullanılması gerekmektedir. Bu vanalar kullanılmadığı durumlarda su seviye cihazlarında ve sensör çubuklarında çamurlaşmalar, kazan dip kısımlarında madde birikimine, boru tıkanıklığı ve delinmelere yol açacaktır. Bu tip sorunlar büyük iş kazalarına sebep olabilmektedir. Biyokütle enerji santralleri ve basınçlı buhar kazanlarının uzun ömürlü olabilmesinin ilk şartlarından birisi iyi şekilde terbiye edilmiş besi suyunun olmasıdır. Bunu sağlamak için su arıtma ve yumuşatma sistemlerine önem verilmeli, kazanların temiz şekilde kimyasal tarafından yıkanmasının önemine varılmıştır. İncelemelerimiz çerçevesinde tesislerin blöf vana hatları bulunmakta ve sürekli kazanın belirli bölgelerinden gelen numuneler laboratuvar ortamında ölçülmekte ve raporlanmaktadır.

2.4.12. Basınç düşürücü vana

Basınç düşürücü vana yüksek basınçlı akışkan ve gazların proses değerinde sürekli aynı debide ve basınçta akışı verebilen mekanik vanalardır. Biyokütle enerji santrallerinde kazan için su temini yapan degazörlerin buharla ısıtılmasında kullanılır. Degazör ısıtılırken kazandan çıkan doymuş buhar kullanılarak basınç düşürücüye girmeden önce buhar basıncı yüksek olduğundan ön düşürücü vana sistemi kullanılması gerekli olduğu bilinmelidir. Daha sonra basınç düşürücü vana kullanılmalıdır. Bu tür vanalar yüksek basıncı çok düşük basınç seviyelerinde tutamayabilir, vananın buharı degazöre kaçırmaması durumunda degazördeki düşük sıcaklık suyla yüksek sıcaklıktaki buharın çakışması degazör tankını patlaması gibi iş kazalarına yol açacağı bilinmelidir.

Bazı tesisler vana kullanmak yerine küçük çaplı boruları ısıtmada kullanabiliyorlar ısınmada sınırlamalar kullanılmadan yapılan bu sistemler bazen kullanılması zor istenmeyen ısılar oluşturmaktadır. Bu türden uygulamalar sistem çalışır

durumdayken geçerli olabilir ama sistem stopta iken sürekli degazör ısıtması yapacağından tanktaki su buharlaşmaya başlayacaktır buda pompaların besi suyunu kazana basamaması anlamına gelmektedir. Bu vanaların Kalibrasyonu sistem üzerinden takip edilmelidir.

2.4.13. Pislik tutucu filtreler

Kazan besi suyu hazırlanırken ham su deposundan suyun ısıtılıp kazana temiz şekilde verilmesi aşamasına kadar tesisatların birçok yerinde kullanılmaktadır. Pislik tutucular içerisindeki süzgeçlerin haftalık temizliğinin kontrol edilmesi, ayrıca giriş çıkışlarına basınç trans미터lerinin takılması önerilmektedir.

Pompaların emiş ağızlarındaki pislik tutucuların tıkanık olduğu durumlarda pompanın kavitasyon yapmasına neden olacağı. Kavitasyon yapan pompalar; yaprakları zarar görüp kazanın su ihtiyacı anında su basamama kazanın susuz kalma durumları ortaya çıkabildiği anlaşılmıştır. Bazen de pislik tutucular taş, demir parçası, kaynak çapakları gibi sistemde kullanılan motorlu vanalar da açma kapama sıkışmaları ve çek valflerde geri kaçırmaya sebebiyet verebildiği anlaşılmıştır.



Şekil 2.22. Pislik Tutucu

(TieMech Muhendislik, 2023)

Açık alanlarda montajlanmış tesisat malzemeleri ve pislik tutucular don olaylarına karşı izolasyonları yapılmış olması, ya da bu kısımların kapalı alan içerisine alınması gerekir. Şekil 2.22’de flanşlı filtreli tip pislik tutucu gözükmemektedir. Birçok tesis pislik tutucu kullanımına önem vermektedir ama bakım konusunda çoğu sorumlu personel arıza açmadığı sürece temizlik yapmadığı anlaşılmıştır. Sistem çalışırken pompa emiş ağzındaki pislik tutucuları temizleyebilmek için yedekli bypasslı olarak yaparak çözüm üretilebileceği tavsiye edilmektedir.

2.4.14. PT100-Termokupl ısı sensörleri

Sistemlerin daha sağlıklı işletilmesi verimlerin en üst düzeylere çıkarılması sahadan alınan verilerle mümkün olmaktadır. Biyokütle tesisleri kurulum yeri ve kullanılan ekipman, armatür yönünden çok zengin olduğundan dolayı birçok noktadan ısı bilgileri alınmak zorunda olduğu ve bu verilerin tesisin çalıştırılması için PLC ve SCADA yardımıyla kullanıldığı bilinmektedir.



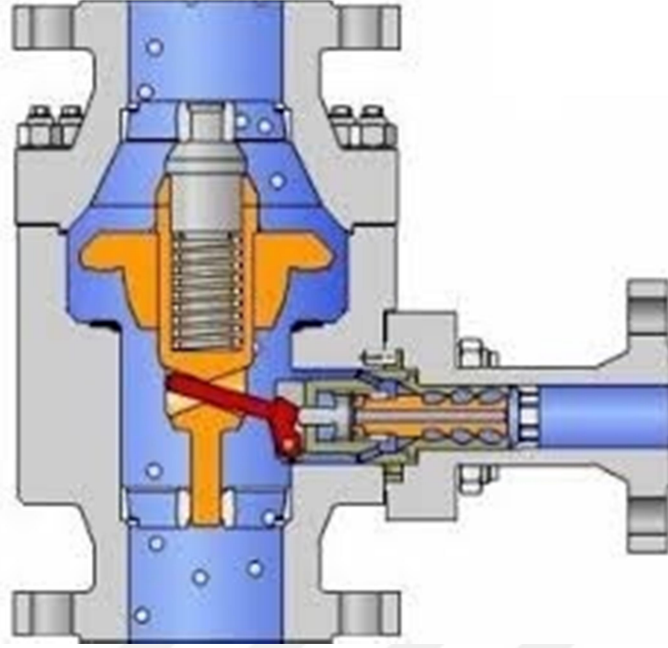
Şekil 2.23. Termovelli Termokupl

(Alibaba.com, 2023)

Isı sensörleri; sıcaklık bilgisini direnç, voltaj, mili amper cinsinden veren elektronik parçalardır. Eğer montajlarını doğru yere, doğru izolasyon malzemeleriyle yapmadığınızda bu sensörler çevresel şartlardan etkilenecek çalışma siteminde bozulmalara, iş kazalarına, tesisin durmasına kadar giden sorunlar yaşatabilmektedir. Sensörlerin içerisindeki elektronik çevirici kısımları ısı kaynağından ne kadar uzağa taşınabilirse ölçümler o kadar sağlıklı olacaktır. Kızgın buhar hatlarına konacak ısı sensörlerinin ise prob kısımlarına termovel malzemesiyle kılıf yapılarak montajlanmasının prob uçlarında oluşabilecek deformenin önüne geçtiği anlaşılmıştır. Şekil 2.23.'de örnek termovelli termokupllar görmektesiniz. Tesislerde kullanılan ısı sensörlerden bazılarının yerlerinin uygun montaj edilmediği, bazılarının koruma izolasyonlarının olmadığı, sensör kablolarının açıkta korunaksız olduğu tespit edilmiştir. Bu türden sorunlarla karşılaşıldığı anlarda gerekli revizyonların yapılmasının herhangi bir kazaya hataya sebebiyet vermemesi adına uygun olacağı düşünülmüştür.

2.4.15. Minimum akış vanası

Genellikle pompa sistemlerinde fazla vana kullanılmasını engellemek ve sürekli devrede kalması gereken pompaların kavitasyon yapmaması için kullanılmaktadır. Pompalar tesisin işletme basıncının üzerinde seçilmekte olduğu bilinmektedir. Biyokütle buhar kazanlarının su besleme kısmı oransal vanalarla yapıldığından, kazana basılan suyun, düşük debilerde tesisattaki basıncı yükseleceğinden mekanik olarak minimum flow hattından besi suyu tekrardan degazör tankına dönecektir. Bu tür vanalar kullanılmadığı durumlarda kazan uzun süre besi suyu istemediğinde pompalar su basma hattı kapalıyken çalışmaya devam ederse pompa içerisindeki su buharlaşıp pompanın basamayacağı sıcaklığa ulaşır, hava yapar, kazan susuz kalabilir. İncelemelerimizde tesislerin bazılarında pompa çıkışlarına iki adet vana kullanılmış, bazılarında minimum akış vanası kullanılmıştır. Şekil 2.24.'de örnek minimum akış vanası görülmektedir. İki adet vana kullanılmasının yerine mekanik aksamli bu vanaların kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.



Şekil 2.24. Minimum Flow Vanası

(Yaang Pipe Industry Co., 2023)

2.4.16. Debimetre

Sıvı ve gazların miktarını, hızını ölçen cihazlardır. Biyokütle enerji santrallerinde kazana ve desuperheaterlara basılan suyun miktarını ölçer. Bu tür tesislerde flanşlı debimetreler yerine ultrasonik debimetrelerin kullanılması daha uygun olacağı düşünülmüştür. Çünkü montajı kolay elektriksel bağlantıları bağımsız, pompaların elektriksel gürültüsünden etkilenmez ölçümleri daha sağlıklı olacağı kanısına varılmıştır. Otomasyon sisteminde raporlanmalıdır. Kablo bağlantıları izolasyonlu yapılmalı, blendajlı sinyal kabloları kullanılmalıdır. Debimetrelerin bir diğer avantajı Pompaların su debileri okunduğundan besi suyu pompaları ve tesisatlar da oluşabilecek arızalar, tesisatlarda oluşabilecek patlakların kontrolünde bilgi sahibi olmamızı sağlarlar.

2.4.17. Motorlu Hava kilidi

Katı yakıtların kullanıldığı tesislerde hava kilitleri, içerisinden deşarj edilecek cürufuruları dışarı atarken sistemin içerisine hava emişini engellemesinden dolayı hava

kilidi denmiştir. Hava kilitleri montajı esnasında kesinlikle iç kısmına el sokulmamalıdır, hava kilitleri tozlu yerde çalıştıklarından bazen sıkışmalar olabilir, bu tür arıza durumlarında sistem kapalı olmadan müdahale edilmemelidir. Hava kilidinin içerisinde yanmaya devam cüruf kalma ihtimali yüksek olduğundan gövde kısımları çok sıcak küllerin kaldığı elle temastan kaçınılması gereken yer olduğu tespit edilmiştir. İçerisine el sıkışma durumunda uzuv kopmasına kadar varan iş kazaları oluşabilecektir. İnceleme yaptığımız tesislerde bazı bölgelere hava kilidinin konduğu bazı bölgelere gerek görülmediğinden alev püskürmeleri oldu gözlemlenmiştir. Bu tür alev püsküren yerlerde zehirli gaz kaçaklarının büyük oranda ortama yayılması, çevredeki yakıt tozlarının tutuşarak yangın çıkarma ihtimali yüksek olması hava kilidinin ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Şekil 2.25.de redüktörlü montajlanmaya hazır hava kilidi seti görünmektedir. Tüm siklon, Multisiklon, filtrelerin alt kül haznelerine hava kilidinin takılmasının sistemin işleyişi ve çevre sağlığı açısından büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 2.25. Hava Kilidi

(YST Redüktör, 2023)

2.4.18. Baca analiz ölçüm cihazı

Buhar kazanlarının yanma odalarında yanan yakıtların egzoz fanıyla bacadan dışarı atılırken egzoz gazı içerisindeki atık ve zararlı gazların, çevreye atılan kirleticilerin miktarını ölçen cihazlardır. Baca gazı analiz ya da diğer adıyla emisyon cihazları biyokütle tesislerinde yakıtların atmosfere atılırken karbon monoksit, kükürt, yakıt tozu, oksijen, azot, karbondioksit ve sıcaklık miktarlarını ölçerek sistemin verimli yanıp yanmadığı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Baca dan ölçülen fazla oksijen kazan ısısının dışarı atıldığını, karbon monoksit yüksekliği ise kazan ocak kısmındaki yakıtın kötü ve verimsiz olarak yandığı bilgisini vermektedir. Bacadan atmosfere atılan karbon monoksit değerinin katı yakıtlarda 100ppm değerinde, oksijen miktarının da %5-6 aralığında olması ideal değerler kabul edilmektedir. Katı ve sıvı yakıtlı tesislerde baca gazı sıcaklıkları 130-175 °C aralığı uygun değer kabul edilmektedir. Baca sıcaklığının çok düşük olduğu zamanlarda baca kısmından atılan kükürt su buharıyla birleşerek sülfürik aside dönüşür. Karbondioksit değerleri katı ve sıvı yakıtlarda %14 ideal değer kabul edilmektedir (Yılmaz & Bulut, 2001).

Bu değerlerin dışındaki değerlerde çalışan sistemler çevreye ve insana büyük zararlar vermektedir. Yanma verimi iyi olmayan tesislerin birçok sorun yaşattığı gibi, tesislerin yakıt sarfiyatları artmakta, firmaların maliyetleri yükselmektedir. Düşük verimde (zengin yanma) yanma, ileriki dönemlerde tesislerin yakıt temininden kaynaklı problemler yaşanmasına yol açacağı bilinmelidir. Yeni kurulan tesislerde emisyon cihazlarının mevcut olduğu sürekli sisteme yanma ile ilgili verileri aktardığı görülmüş, eski tesislerde sonradan eklenen emisyon cihazları olduğu, bazı tesislerde olmayıp dışarıdan hizmet alımlarıyla ölçüm yaptırdıkları tespit edilmiştir. Bu türden sorunların olmasının önüne geçebilmek, yanma verimini kontrol edebilmek, en önemlisi insan sağlığı ve çevre açısından fayda sağlamasından dolayı tavsiye edilmektedir.

2.4.19. Vakum transmitteri

Katı yakıtlı buhar kazanlarında kazan içerisindeki hava dengesinin korunmasını sağlayan elektronik kartlı transmitterlerdir. Sadece kazan yanma odası değil, kazanın birçok ekipmanın giriş çıkışındaki hava farklarını da ölçmekte olup SCADA ekranından görüntülenmektedir. Vakum transmitterleri kazandaki tıkanıkların en belirgin anlaşılacağı cihazlardır. Eğer sistemde kullanılmazlar ise baca fanı ve taze hava fanları arasındaki basınç farkı bilinmediğinden yakıt hava dengesi sağlanamadığı gibi, verimli bir yanmanın olmayacağı bilinmelidir. Kazanların arka kısmında yer alan filtre sistemleri, multi siklon ve reküperatörlere takılması uygun olacağı düşünülmektedir. Kazanda gözetleme kapaklarının açılmasıyla kazan içerisinde baca fanı tarafından çekilmesi gereken havanın gözetleme penceresinden karşılanması sonucu kazanın ocak kısmında anlık hava dalgalanmaları oluşturup kapaktan dışarıya doğru alev püskürmesi meydana gelebildiği tespitler arasındadır. Tesislerde yapılan çalışmalarda kazan yanma odasında vakum transmitterlerinin kullanılmış olduğu tespit edilmiştir. Vakum transmitteri kullanılmayan kısımların cüruf temizliklerine dikkat edilmelidir. Multi siklon, ekonomizer, reküperatör, torbalı filtre, elektro statik filtre, siklonlar buralarda mümkünse kullanılması tavsiye edilmektedir.

3. YÖNTEM VE BULGULAR

Nitel araştırma yöntemi kullanılarak hazırlanan bu tez çalışmasında Balıkesir ili Gönen ilçesinde faaliyet göstermekte olan 30 MW kurulu güce sahip Mutlular Biyokütle Enerji Santralinde mevcut ekipman ve armatürlerin iş sağlığı ve güvenliği açısından incelemesi yapılmıştır. Veri toplama aracı olarak gözlem yapma yöntemi kullanılmış ve bu amaçla sahadaki incelemelerin verimli olması açısından tesis iş güvenliği uzmanı ve saha kontrol mühendisinden destek alınmıştır.

Özel bir firma olan Mutlular Biyokütle Enerji Santralinde etik kurallar çerçevesinde gerekli gözlem ve incelemeleri yapabilmek için kurum müdürü ile görüşülmüş, Ek-1.'de verilen izin belgesi alınmıştır. Alınan izin belgesinin ardından kurumda görev yapan saha kontrol mühendisi ile birlikte tesis giriş kapısından başlayarak en ücra noktaya kadar incelemeler yapılmış ve notlar alınmıştır. Bu süreçte; santralin yakıt stok sahası, ürün hazırlama alanları, yakıt taşımak için kullanılan konveyör bantların kurulu olduğu kapalı tünel sistemi, su hazırlama üniteleri, yangın hidrant sistemleri, soğutma kuleleri pompa dairesi, cüruf sahası, türbin kısmı, kazan suyu numune alma sistemi, buhar kazanı yakma ocağı, buhar kazanı ve çelik konstrüksiyon sistemi, kazan filtre sistemi, kazan siklon sistemleri, baca fanı, taze hava fanı, ekonomizer, degazör sistemi, türbin kondenser sistemi, kazan besisi suyu sistemi ve kollektörleri, buhar kazanı ve tesisatlarında kullanılan vanalar, su seviye cihazları, basınç transmitterleri, kumanda kontrol odası, soot blowerlar, buhar drumu, izolasyonlar, etiketlemeler, cüruf taşıma sistemleri gibi noktalar tek tek gezilmiştir.

Tesis yetkili müdürü ile yapılan görüşme sonrası tesisin incelenmesi esnasında güvenlik ve mahrem kuralları gereği fotoğraf çekimi yapılmaması gerektiği belirtilmiştir. Bu yüzden yapılan tespitlerle ilgili görüntü kaydı tutulmamıştır. Yapılan gözlemler ve belirlenen eksiklikler maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Mal kabul aşamasında yakıtlar kantardan geçtikten sonra stok sahasına boşaltılmaktadır. Tesisin stok sahasında balya halindeki çeltik saplarının sekiz ve dokuz katlı olarak istif edildiği yalnız istifleme yapılırken balyaların kayma yaptığı ve her an devrilme tehlikesi taşıdığı gözlenmiştir. Bu türden

hacmi küçük balyaların yüksek katlarda istif edilmesinin tehlike doğuracağı açıkça görülmüştür.

2. Stok sahasına yetkisiz kimselerin girmemesi gerektiğine dair hiçbir tabelanın olmadığı tespit edilmiştir.
3. Sahadan balyalar ürün hazırlama alanına taşınırken arkadaki balyalar stok önceliklerine göre taşınmalıdır. Çünkü arka kısımlarda kalmış bazı balyalarda yanmalar bazılarında çimlenmeler tespit edilmiştir. Bu türden yakıtlar kazana verilmiş olsa dahi kalorifik değerlerini yitirdiklerinden enerji üretim maliyetinde büyük artışlar görülecek, tesisin enerji üretim kapasitesinde düşüslere sebep olacaktır.
4. Stok sahasında yangın hatlarının döşenmiş olduğu belirli noktalarda yangın dolaplarının varlığı herhangi bir yangın anında kısa sürede müdahale edilebileceği tespit edilmiştir.
5. Stok sahasından ürün hazırlama alanına gelen biyokütle yakıtlar burada bir tanesi ürün karma yapan loder diğeri manitou olmak üzere iki iş makinesi yardımıyla hazırlanmaktadır. Ürün hazırlanması yapılan kapalı alanın çatısında şeffaf aydınlatmasının olduğu, elektrik ışıklandırmasının yetersiz olduğu, var olan aydınlatmaların toz kapladığı ve yeterince ışık veremediği tespit edilmiş. Bu tür durumların iş makinesi operatörlerinin kaza olasılıklarının yüksek olduğu açıktır. Ayrıca ürün hazırlama kapalı alanındaki kolonlarda iş makinelerinin vermiş olduğu hasarlar tespit edilmiştir.
6. Yakıt hazırlama alanında çalışan personelin ortamın tozuna karşı herhangi bir önlem almadıkları tespit edilmiş olup bunun sonucu olarak da zaman içerisinde solunum yolu hastalıklarına yakalanacakları düşünülmektedir.
7. Ürün karışımından sonra yakıt bunkerlerine aktarılmaktadır. Yakıt, bunkerlerden iki adet kazan yakıt besleme konveyör bant sistemine dökülmektedir. Bu besleme bantlarındaki yakıtlar galeri sistem içerisinden kazan girişindeki yakıt besleme silosuna dolmaktadır. Bu galeri sistemi içerisinde bantların etrafında ve merdivenlerin kenarlarında korkulukların olmadığı tespit edilmiştir.

8. Santralin yüksek basınçlı buhar kazanının çelik konstrüksiyonu kazanın tüm kısımlarına ulaşılabilir şekilde montaj yapılmış, çatı kısmı eklenirken saçak kısımları aşağıya fazla indirildiğinden kazandan oluşan kaçak gazların burada birikmesine sebep olabileceği anlaşılmıştır.
9. Drum kısmında yapılan incelemelerde bazı flanşlarda buhar kaçakları olduğu gözlemlenmiştir.
10. Su seviye cihazlarının kablolarının açık şekilde kazan sıcak yüzeyine temas ettiği, tamiratlar yapıldıktan sonra parçaların platformda unutulduğu tespit edilmiştir.
11. Sıcak alan yüzeylerdeki izolasyonlarında deformasyonlar olduğu gibi izolasyon sacıyla kaplanmayan kısımların varlığı da tespit edilmiştir.
12. Kazan ısı sensörlerinin bazılarının yerinin uygun olmadığı kazanın gözetleme kapaklarının üzerine yerleştirildiği, bu kapaklardan çıkacak alev veya ısınn cihaza zarar vereceği bunun sonucunda veri alışverişindeki değişkenliğin oluşturabileceği gözlenmiştir.
13. Kazan üzerinde kullanılmış armatürler basınç ve sıcaklık sınıfı gözetilerek konulduğu görülmüştür.
14. Kazanın alt kısmında yanmış haldeki cürufaların tahliyesinde zincirli cüruf çekme sistemi kullanıldığı gözlenmiştir. Zincir tamiraty yapılması için bırakılan kapakların yerlerine takılı olmadığı tespit edilmiştir.
15. Kazanın filtreleme kısmı incelendiğinde torbalı filtre kullanıldığı görülmüştür.
16. Toz toplama siklonlarından kazana yakın olanlardan birinde hava kilidinin olmadığı bunun yerine kül alma arabasının kullanıldığı görülmüştür. Bu açıklıktan kazanın ihtiyaç fazlası havayı alıp yanmanın bozulmasına sebep olup yanma verimini düşürecektir. Ayrıca açıklığın çevresinden kıvılcımların saçıldığı bu türden kıvılcımlar tesislerde istenmeyen yakıt tozlarının birikmesiyle birleşince yangın çıkarma ihtimalini akla getirmektedir.
17. Buhar blöf hatlarının bağlı olduğu tahliye tankı çıkış ağzı zemine paralel yapılmış durumda olduğu, blöf anında cüruf taşıyan kamyon içerisindeki kişilerin yaralanmasına sebep olabileceği tespit edilmiştir.

18. Kazanın su hazırlama ve su kontrol analizi için her noktadan numune almak koşuluyla analiz cihazları kullanıldığı görülmüştür.
19. Sistemde kullanılan buhar ve soğuk su vanalarının kalitesi sistemin çalışma şartlarına göre seçildiği görülmüştür. Shoot blowerların aktif oldukları, ısı sensörlerinin uzunluklarının ideal olduğu, eksik olan basınç prosestatlar yerine elektronik fark basınç transmitterleri kullanıldığı tespit edilmiştir.
20. Cihazlarda, ekipmanlarda ve armatürlerin üzerlerinde etiketlemenin yeteri kadar yapılmadığı, yapılan yerlerde ise etiketlemenin yabancı dilde yapıldığı görülmüştür.
21. Tesisin Çin’li bir şirket tarafından kurulup iki yıl boyunca bu şirket tarafından çalıştırıldığı ve yetkili personellerin ellerinde yazılı kaynak olarak kazan akış şemasının olduğu görülmüştür. Kazan ekipman ve armatürlerin detaylı bir şekilde açıklandığı yazılı bir kaynağın olmadığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mutlular Biyokütle enerji santrali özelinde tüm benzer santrallerde kullanılan ekipman ve armatürlerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden incelemesi konulu tez çalışmamız, halihazırda üretim yapan ve yeni kurulacak tesislerdeki olası güvenlik zaaflarının belirlenmesi ve önlenmesi veya minimum düzeye çekilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Aynı zamanda yapılan bu çalışma neticesinde endüstride kullanılan ekipman ve armatürleri benzerlik gösteren düşük basınçlı buhar kazanı tesislerin de faydalanacağı bir kaynak teşkil edecektir. Bu tür enerji tesislerinde işe başlayacak ya da çalışmayı düşünen personellerin iş başı yapmadan önce okuyup bilgi sahibi olmaları, işe başlarken ön bilgi edindikleri bilgilerin verdiği güvenle çalışmalarını sürdürecekleri yazılı kaynağın olması büyük avantajlar sağlayacaktır.

1. Biyokütle enerji santralleri kurulum yapılacağı bölgenin fizibilite çalışması çok ince ayrıntılarına kadar iyi şekilde yapılmalıdır. Bu iş yerlerinin iş sağlığı ve güvenliği yönünden çok tehlikeli sınıfta yer aldığı bilinmektedir. Tesislerin kurulumundan itibaren iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının sahadaki yerlerini almalarının kurulumu devam eden tesislerde oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçeceği düşünülmektedir.
2. Ürün karışımını iş makinesi yardımıyla yapan tesislerde kolonların etraflarına koruma demirleriyle korkuluk yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.
3. Çeşitli biyokütle yakıtların homojen karışımının sağlanması için iş makinesi yerine karışım makinesinin kullanılmasının daha güvenli olacaktır.
4. Konveyör bant kenarlarına ve merdiven kenarlarına korkuluklar yapılması, ayrıca herhangi bir çalışanın konveyöre sıkışması durumunda sistemi durduracak acil stop halatlı anahtar montajının yapılması uygun olacaktır.
5. Saçakların kaldırılması ve ayrıca drum kısmının gaz kaçaklarına karşı havalandırma yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.
6. Kazan ısı sensörlerinin sıcak yüzey olan kapaktan uzak bir noktaya konmasının ölçüm doğruluğu açısından uygun olacağı öngörülmektedir.
7. Siklon filtrenin alt kısmına motorlu hava kilidi takılması veya elektrostatik filtrelerin torbalı filtrelerden daha verimli çalıştığı göz önünde

bulundurulduğunda torbalı filtrenin ESP ile değiştirilmesinin hem çevreye olumlu yönde katkı sağlayacağı hem de enerji tasarrufu sağlayacağından tavsiye edilmektedir.

8. Cürufun sulu sistemler aracılığıyla taşınmasının daha sağlıklı olacağı, cüruf atma sisteminde bulunan zincir sisteminin tamirâtı yapılması için bırakılan kapakların yerlerine takılı olmadığı, acilen yerine menteşeli olarak kapak montajının yapılmasının uygun olacağı önerilmektedir.
9. Buhar blöf hatlarının çıkış ağzının baca şeklinde yukarıya doğru olacak şekilde yapılması tavsiye edilmiştir.
10. Kazan üzerindeki tüm cihaz ve armatürlerin kazanın imalatından sorumlu firma nezaretinde etiketlenmesinin çalışanların tesisi ve cihazları tanıma ve kontrolünde kolaylık sağlayacağı bilinmelidir. Bu yüzden mevcut etiketlemelerin Türkçe olarak, olmayan yerlere ise uygun etiketlemenin yapılması tavsiye edilmiştir.
11. Su seviye cihazlarının yanmaz kablolar kullanılarak yeniden döşenmesi gerektiği tavsiye edilmektedir.
12. Su ve buhar kaçaklarının olduğu flanşların, enerji üretim sürecinin durdurulup kazan soğutulduktan sonra uygun çelik contayla yeniden sızdırmazlığının sağlanması gerektiğinin, revizyonda kalmış malzemelerin emniyetli şekilde aşağı indirilmesi gerektiği bildirilmiştir.
13. Baca fanı ve diğer taze hava fanlarına temas edilebilecek şekilde montajları yapılan kabloların etrafına koruma ve izolasyon yapılması uygun görülmüştür.

Buradan sonuçla yeni kurulacak benzer biyokütle tesisleri için de tavsiyelerde bulunmak gerekirse;

Verimli, sorunsuz, iş kazası ve meslek hastalığı yönünden minimum seviyelerde çalışan biyokütle enerji santrallerin kurulması ve işletilmesinin mümkün olduğu, bu türden bir tesise sahip olabilmek için mimarisi ve tesiste kullanılacak tüm ekipman ve armatürlerin projeye uygunluğundan taviz verilmeden yapılmasını sağlamaktan geçmekte olduğu kadar, nitelikli personel çalıştırılması, çalışma sistemleri hakkında bilgi edinmelerini sağlamak, üretim yapan herhangi bir tesiste eğitim almaları sağlanmak, çalışacak personele yazılı kaynakların sunulması, çalışanlara iş sağlığı ve

güvenliği eğitimlerini belirli bir program dahilinde verilmesi, çalışma ortamlarının iyileştirilmeleriyle mümkün olacağı bilinmelidir.



KAYNAKLAR

- Al, K. (2021). Biokütle Enerji Santralleri İçin Tarımsal Atıklar: Şanlıurfa İlinde Tarımsal Atık ve Artıkların Değerlendirilmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 67-76.
- Alibaba.com. (2023, 12 16). <https://turkish.alibaba.com:https://turkish.alibaba.com/product-detail/SENTEC-MT1210-Hot-sell-resistance-Temperature-60860339254.html> adresinden alındı
- Baysal, A. v. (2023, 11 18). Baysal Arıtma ve Mühendislik: <https://www.baysalaritma.com/faaliyet-alani/otomatik-tandem-su-yumusatma-cihazlari> adresinden alındı
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2009). İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği. *Resmi Gazete*(27417).
- Ducon, T. I. (2023, 08 29). Ducon Technologies India Private Limited: <https://m.indiamart.com/proddetail/ducon-multitube-cyclones-dust-collector-6711999212.html> adresinden alındı
- Dürr Group. (2023, 08 17). <https://www.durr-universal.com:https://www.durr-universal.com/en/products/noise-abatement/vent-silencers> adresinden alındı
- Ersöz, T., Türkoğlu Elitaş, M., & F., E. (2015). OECD ülkelerinde Biokütle enerji üretiminin çok boyutlu ölçekleme analizi ile inceleme. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 1-11.
- ETW International. (2023, 06 27). <https://www.etwinternational.com/:https://www.etwinternational.com/1-boiler-steam-drum-127144.html> adresinden alındı
- Güçsan, M. D. (2023, 11 23). Güçsan Makina Doğalgaz Madencilik Gıda San. ve Tic. Ltd. Şti.: <https://www.gucsanmakina.com.tr/3/31/60/urunlerimiz/cesitli-imalatlarimiz/sulu-filtre/> adresinden alındı
- HDB, I. B. (2023, 11 25). Zhang Jiagang Huadong Boiler Co., Ltd.: <http://hdboilerparts.com/7-water-wall-panels.html> adresinden alındı
- Henan Zhirong Blower Co, L. (2023, 11 10). Henan Zhirong Blower Co, Ltd: <https://tr.zrbowers.com/centrifugal-fan/boiler-centrifugal-fan/boiler-centrifugal-exhaust-id-fan-forced.html> adresinden alındı
- Jinan Boiler Group Co., L. (2023, 11 18). Jinan Boiler Group Co., Ltd.: <https://www.jinanboiler.com/industrial-waste-boiler/57666175.html> adresinden alındı

- Jumpponen, M., Rönkkömäki, H., Pasanen, P., & Laitinen, J. (2014). Occupational exposure to solid chemical agents in biomass-fired power plants and associated health effects. *Chemosphere*, 25-31.
- Kapluhan, E. (2014). Biokütle enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki kullanım durumu. *Marmara Coğrafya Dergisi*.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., & Kurt, R. (2011). Biokütlenin Türkiye'de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 61-75.
- Kayısoğlu, B. (2020). Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımının mevcut durumu ve sorunları. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 61-65.
- Mekayenerji. (2023, 07 20). <https://mekayenerji.com.tr:https://mekayenerji.com.tr/monoblok-kosk-yerlesimi-teknik-bilgiler/> adresinden alındı
- MEKBoiler. (2023, 12 02). Mekboiler Makine Kazan İnşaat Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.: <https://mekboiler.com/index.php/biyomass-kati-yakitli-kazanlar-sicak-su-kazani/> adresinden alındı
- Polimak, G. E. (2023, 11 07). <https://polimak.com:https://polimak.com/urun/kul-tahliye-tasima-ve-dolum-sistemleri/> adresinden alındı
- Pompa&Vana Sistemleri Dergisi. (2023, 09 13). <https://pompa-vana.com/:https://pompa-vana.com/kompansator-nedir-kullanimi-alanlari-nerelerdir/> adresinden alındı
- Rohr, A. C., Campleman, S. L., Long, C. M., Peterson, M. K., Weatherstone, S., Quick, W., & Lewis, A. (2015). Potential Occupational Exposures and Health Risks Associated with Biomass-Based Power Generation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8542-8605.
- Selnikel. (2023, 07 17). <https://www.selnikel.com:https://www.selnikel.com/akiskan-yatakli-kazan/> adresinden alındı
- Shanghai, E. (2023, 10 21). Shanghai Electric: https://www.shanghai-electric.com/group_en/nyzb20125/hd/hdhd/hdbf/index.shtml adresinden alındı
- T.C. Cumhurbaşkanlığı İdari İşler Başkanlığı Hukuk ve Mevzuat Genel Müdürlüğü. (2024, 11 30). Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180303-1.htm> adresinden alındı
- Thakur, A. (2023, 09 13). <https://www.theengineeringconcepts.com:https://www.theengineeringconcepts.com/desuperheater/> adresinden alındı
- TieMech Mühendislik. (2023, 09 27). <https://www.mekaniktesisat.co:https://www.mekaniktesisat.co/pislik-tutucu-nedir/> adresinden alındı

- Trend Enerji. (2023, 07 25). <https://trendenerji.com>: <https://trendenerji.com/tr/faaliyet- alanlarimiz/buhar-turbinleri/buhar-turbinleri/buhar-turbinleri> adresinden alındı
- Unox Valve Company. (2023, 07 25). <https://unox.com.tr>: <https://unox.com.tr/cok- turlu-oransal-elektrik-aktuatorlu-vana/> adresinden alındı
- US Korea Hotlink. (2023, 08 13). <https://www.uskoreahotlink.com/>: <https://www.uskoreahotlink.com/products/epc/biomass-boiler-soot-blower/> adresinden alındı
- VEGA Seviye ve Basınç Ölçüm Cihazları. (2023, 09 22). <https://www.vega.com>: <https://www.vega.com/tr-tr/firma/blog/2018/kapiler-boru-yerine-kablo- elektronik-fark-basincin-sundugu-sayisiz-avantaj> adresinden alındı
- Wenzhou Kerui Valve Industry. (2023, 10 12). <http://www.apiballvalve.com>: <http://www.apiballvalve.com/tr/API-Flanged-Cast-Steel-Swing-Type-Check- Valve-products.html> adresinden alındı
- Yaang Pipe Industry Co. (2023, 11 24). <https://www.steeljrv.com>: <https://www.steeljrv.com/what-is-the-minimum-flow-valve.html> adresinden alındı
- Yılmaz, T., & Bulut, H. (2001). Türkiye için yeni dış ortam sıcaklık tasarım değerleri. *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi* (s. 293-311). İzmir: TMMOB Makina Mühendisler Odası.
- YST Redüktör. (2023, 09 24). <https://www.ystendustri.com>: <https://www.ystendustri.com/urun/endustriyel-tip-hava-kilidi-hucre-tekeri- rotary-valve-type-mdn-250-53613> adresinden alındı