

Process Management of Steam Trap Revision According to Welding Engineering Discipline

İsmail KALKAN¹, Atilla BAYTEMÜR², İdris KARAGÖZ³

Yalova Üniversitesi, Altınova Meslek Yüksekokulu, Cumhuriyet Mah. Atatürk Bulvarı 8. Sok. No:4 Altınova/Yalova-TURKEY
Yalova Üniversitesi, Altınova Meslek Yüksekokulu, Cumhuriyet Mah. Atatürk Bulvarı 8. Sok. No:4 Altınova/Yalova-TURKEY
Yalova Üniversitesi, Polimer Malzeme Mühendisliği, Merkez Yerleşkesi, Çınarcık Yolu Üzeri 77200 Yalova TURKEY

ismail.kalkan@yalova.edu.tr
atilla.baytemur@yalova.edu.tr
idris.karagoz@yalova.edu.tr

Abstract —

About 37% of Turkey's electricity consumption is used in industrial zones. This shows how important energy efficiency studies are in industry. Energy efficiency has been regulated in our country with the ENVER law.

It is known that there are densities emerging from the energy production point in systems that still work with central steam heating. The high condensation that occurs in the lines of the premises using steam mechanical systems for heat energy demand increases energy consumption and costs together with operational risks. In these enterprises, the efficiency, in general, depends on how much heat energy as a result of combustion is transported to the work fluid or place of use. In distribution lines, the major threat of steam flow lines is high condensation to heat losses. Returning of condensate in the flow through the distribution lines, thanks to steam traps. Steam traps are the equipment used in condensate steam systems to automatically dispose of the condensate, in other words, condensed water system list. Controlling and managing condensation in main distribution lines can provide gains of up to 10% in energy consumption. Therefore, the efficiency of a steam plant is directly proportional to how well the condensate collects.

Due to the high temperature and high pressure in the steam lines, the resistance of the pipes is of great importance in terms of ensuring the continuity of the system. Although welded manufacturing is generally known as a process, welding technology is actually a complex engineering discipline encompassing materials science, inspection, design, mechanical and electronic systems. Welding Engineering is an important branch of engineering that can find a place for itself in all processes and projects in the welded manufacturing industry.

In this study, we aimed to determine, apply and evaluate the processes in steam line steam trap revision according to welding engineering disciplines.

In this context, risks that may occur in terms of OHS are reduced, welded joints are obtained in accordance with the relevant NDT standards, predictions for possible thermal losses are determined, data for preventive & predictive maintenance are obtained, the use of certified qualified personnel positively affects labour and process costs, etc. findings were obtained.

Keywords— *Steam Lines, Steam Trap, Energy Efficiency, Condensate Water, Welding Engineering*

I. GİRİŞ

Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %37'si sanayi bölgelerinde kullanılmaktadır. Bu da sanayide enerji verimliliği çalışmalarının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Enerji verimliliği ülkemizde ENVER Kanunu ile yasal mevzuata bağlanmıştır [1].

Sanayide birçok alanda enerji verimliliği uygulamaları ile karşılaşmaktayız. Bunlara endüstriyel yalıtım, atık ısı geri kazanım cihazlarının kullanımı, kojenerasyon uygulamaları, kazanlarda verimlilik uygulamaları, bakım yönetim sistemlerinin devreye alınması ve firmaların kendi bünyelerinde oluşturdukları özel verimlilik uygulamaları örnek olarak verilebilir.

Yakıtın kimyasal enerjisini yanma yoluyla ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısı enerjisini iş akışkanına aktaran sistemlere kazan denir. Kazanlar; sıcak su veya istenilen basınç, sıcaklık ve miktarda buhar elde etmek amacı ile kullanılan ekipmanlardır. Kazanların verimi, yanma sonucu oluşan ısı enerjisinin hangi oranda iş akışkanına veya kullanım yerine taşınmasına bağlıdır. Yanma sonucu oluşan ısı enerjisinden ne kadar yüksek verim elde edilirse, yakıt tüketimi ve atık gaz miktarında o oranda azalma meydana gelir [2]. Yanma sürecinde elde edilen ısının verimli bir şekilde iş akışkanına aktarılmasıyla, akışkanının iş yapabilme potansiyeline sahip olması sağlanır. Bu potansiyel, farklı teknolojiler kullanılarak öncelikle mekanik enerjiye, sonrasında ise dağıtım kolaylığı ve kullanım rahatlığı açısından en çok tercih edilen enerji türü olan elektrik enerjisine dönüştürülür [3].

Söğüt ve ark. [4] göre, enerji verimliliği ve enerji yönetimi, enerji maliyeti ve çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Merkezi ısıtma sistemlerinin (klasik buharlı veya kaynar sulu) çalışan bu sistemlerde, yoğun enerji kayıplarının olduğu bilinmektedir. Bu durum enerji tüketimini ve maliyetleri önemli oranda artırmaktadır. Dağıtım hatlarında karşılaşılan en önemli tehdit, ısı kayıplarına bağlı oluşan yüksek yoğunluktur. Yoğuşmuş suyun sistem dışına atılmasını sağlayan kondensatörler (buhar kapalı) aracılığıyla yoğunlaşma dağıtım hatlarından alınır ve geri dönüştürülür.

II. METOT

Doğalgazdan elektrik üreten powerplantın yaklaşık 400 metrelik buhar hattıyla ilgili yapılan çalışmalar 3 ana süreç olarak değerlendirilmiştir.

A. TEKNİK BİLGİLER

1) *Buhar Hattına Ait Bilgiler:* Sürecin sağlıklı yürütülebilmesi için, öncelikli olarak buhar hattına ait çeşitli bilgiler temin edilmiştir.

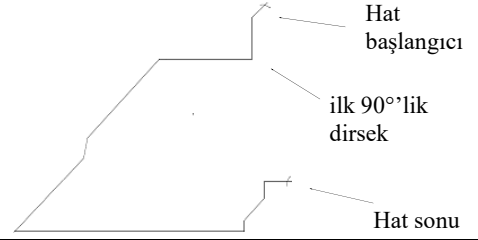
Yoğuşma suyu boru tesisatında kalırsa, kondens ile buhar arasında ısı transferi oluşacaktır. Zamanla biriken kondens buharla birlikte tesisat içinde hareket ederek başta koç darbesi olmak üzere, benzer birçok hasar meydana getirecektir. Bu nedenle buhar hattında oluşan kondensi, buharın kaçmasına izin vermeden tahliye etmek gerekmektedir. Kondens toplar (buhar kapanları), kondensi tahliye ederken buharın kaçmasına engel olmak, hava ve yoğuşmayan gazları tesisat dışına tahliye etmek gibi işlevleri de yerine getirmektedir. Sistemdeki yoğuşmanın kontrol edilmesi ve yönetilmesiyle, enerji tüketiminde ~ %10 bir kazanım sağladığı bilinmektedir [4].

Sistemde kondensin geri döndürülmesi, ekonomik ve sistemin ömrü açısından kritik bir öneme sahiptir. Kondensin geri döndürülmeden dışarı atılması, su kaybı, enerji kaybı ve kimyasal kayba neden olmaktadır. Eğer sistemin dışına atılan kondens kadar sisteme yeni su alınmazsa, bu durum sistemde korozyona ve kireçlenmeye neden olacaktır. Benzer şekilde sistemde buhar yoğunlaşarak kondense dönüştüğünde, suda eriyen gaz suyun pH derecesini düşürerek boruları eritecektir [5] Bu nedenle kondensin geri döndürülmesi buhar tesisatları için önemlidir. Günümüzde kullanılan çok farklı kondens geri döndürme teknikleri mevcuttur [6]. Buhar tesisatında oluşan yüksek sıcaklık ve yüksek basınca sistemde kullanılan boruların dayanması, sistem sürekliliğinin sağlanabilmesi açısından oldukça önemlidir [3].

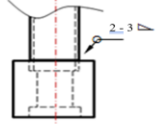
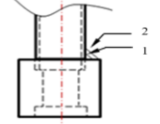
Kaynaklı imalat yöntemleri, tüm dünyadaki mamul üretiminin %50' sinden fazlasını oluşturan kritik bir imalat yöntemidir. Ekonominin hemen hemen bütün sektörleri, bir dereceye kadar kaynaklı imalat veya kaynaklı birleştirme teknolojisine bağlıdır. Kaynaklı imalat genelde bir proses olarak bilinmesine rağmen, kaynak teknolojisi gerçekte malzeme bilimi, muayenesi, tasarımı, mekanik ve elektronik sistemleri kapsayan karmaşık bir mühendislik disiplini [7].

Kaynak Mühendisliği, kaynaklı imalat endüstrisindeki bütün proseslerde ve projelerde kendisine yer bulabilen önemli bir mühendislik dalıdır. Amerika ve Avrupa Birliği üyesi ülkelerin ve bu ülkelere kaynaklı imalat ve ihracat yapan tüm işletmelerin kalite güvence sistemleri gereği kaynak mühendisi çalıştırma zorunluluğu vardır. Kaynak mühendisleri proje, imalat veya ürünlerin kaynaklı imalata uygunluğu bakımından tasarım aşamasından başlayıp son ürünün müşteriye teslimine kadar olan tüm süreçlerde yetkinliğe sahiptir [8].

Kaynak mühendisi olmak için kaynak mühendisliği eğitimi almak gerekmektedir. İnşaat, Makine, Elektrik-Elektronik, Metalürji ve Malzeme, Gemi İnşaatı ve Uçak Mühendisliği gibi 4 yıllık lisans eğitimini tamamlayan kişiler, ilgili kurum/kuruluşların açtıkları 500 saatlik eğitime katıldıktan sonra yapılan sınavlarda başarılı olmaları durumunda tüm dünyada geçerliliği olan Kaynak Mühendisi unvanını almaktadırlar. Bu çalışmada; Kalkan Mühendislik'in "Buhar Kapanı Revizyonu İnceleme Raporu" adlı çalışmasından yararlanılmıştır.

Ekipman Tanımı	10" Sch40 CS Boru	Malzeme	A106 Grade B - 3000lb&aisi304
Dizayn Norm	ASME B31.3	Çalışma Basıncı	25 bar
Dizayn Basıncı	32 bar	Çalışma Sıcaklığı	250 °C
Dizayn Sıcaklığı	320 °C	Değerlendirme Kriteri	TS EN 5817 Genel kontrol
Atıf	--	Bakış Doğrultusu	min. 30°
Süreç	Ön imalat ve buhar hattı	İmalat Yöntemi	GTAW
Revizyon Konusu	Buhar kapanı grubu, drenaj hattı vanaları (drain vanaları) ve dip gider vanaları		
Hattın İzometrisi			

2) *Kaynağa Ait Bilgiler:* WPS bilgileri aşağıda verilmiştir.

ÖN KAYNAK PROSEDÜR ŞARTNAMESİ PRE WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (PWPS)		WPS No: WPS 18-16 Date/Tarih: Rev:	
KAYNAK TEST DETAYLARI Details Of Weld Test			
Yöntem Testi No: PWPS No	PWPS-TIG/1	Malzeme Spesifikasyonu: Material Specification	3000 lb & AISI 304
İlgili Standart: Applicable Code	TS EN ISO 15609	Malzeme Kalınlığı(mm): Parent Metal Thickness	~ 3 mm
Kaynak Yöntemi / Uygulama: Welding Process / Type	141	Boru Dış Çapı (mm): Pipe Outside Diameter	-
Kaynak Tipi: Joint and weld type	PH (5G)	Kaynak Pozisyonu: Welding Position	PB <input type="checkbox"/> Plaka/Plate <input type="checkbox"/> Boru/Tube
Kaynak Dizaynı / Joint Design		Kaynak Sırası / Welding Sequence	
			

Paso Run	Yöntem Process	Dolgu Teli / Filler Wire			Akım Current (A)	Volt Voltage (V)	Akım Tipi Type of Current	Kaynak Hızı / Speed (mm/s)	Isı Girişimi / Heat Input (KJ/mm)
		Çap Size (mm)	Sınıf Class	Fincan Gas cap					
1	141	2.4	309 L	6 & 7	90-120	14 - 16	DC(-)	-	-
2	141	2.4	309 L	6 & 7	100-120	14 - 16	DC(-)	-	-
<input checked="" type="checkbox"/> Gas / <input type="checkbox"/> Flux:		<input checked="" type="checkbox"/> Shielding <input type="checkbox"/> backing	%99Ar + %1 O2		Kök Destek Parçası: Backing		<input type="checkbox"/> Evet/Yes <input checked="" type="checkbox"/> Hayır/No		
Gaz Debisi: Gas Flow Gas Flow Rate		<input checked="" type="checkbox"/> Shielding <input type="checkbox"/> backing	7-10 lt/min.		Kök Destek Malzemesi: Backing Material		-		
Tungsten Elektrot Tipi/Çap: Tungsten Electrode Type/Size		Ø 2.4 / EWTh-2		Arkadan Yarma: Back Gauging		<input type="checkbox"/> Evet/Yes <input checked="" type="checkbox"/> Hayır/No			
Kaynak Ağzının Hazırlanması: Method of Prep. and Cleaning		Mekanik		Arkadan Yarma Yöntemi: Method of Back Gauging		-			
Ön Isıtma: Preheat Temperature		Min. 10 °C		Diğer Bilgiler: Other Info.		<input checked="" type="checkbox"/> Düz Paso / Stringer Bead <input type="checkbox"/> Dalgalı Paso/Weave Bead			
Pasolar Arası Sıcaklık: Interpass Temperature		-		Açıklama: Remarks		-			
Kaynak Sonrası Isıl İşlem: Post Weld Heat Treatment		Isıtma Hızı Heating rate (°C/h)		Sıcaklık Temperature (°C)		Bekleme Süresi Holding time (min.)		Soğutma Hızı Cooling rate (°C/h)	
<input type="checkbox"/> Evet/Yes <input checked="" type="checkbox"/> Hayır/No		-		-		-		-	
Hazırlayan / Prepared by: IWE					Kaynak Mühendisi/Welding Engineer				

B. BUHAR KAPANI ÇALIŞMALARI

Powerplantın giydirilmiş bakım maliyetlerini en aza indirebilmek için duruş tarihi belirlenerek revizyon süreçleri için operasyonel adam/saat planlaması yapılmış ve süreç öncesi yapılması gereken ön imalatlar tespit edilmiştir. Ayrıca; sürecin güvenli bir şekilde yürütülebilmesi için İSG uzmanı, işletme mühendisi ve bakım teknisyenleri ile birlikte çeşitli risk analizleri yapılmış ve analiz sonucuna göre gerekli tedbirler alınmıştır.

Buhar kapanları ile ilgili çeşitli dokümantasyon ve piyasa araştırması yapılarak revizyonda kullanılacak en uygun buhar kapanı çeşidi powerplant yöneticileri ile birlikte belirlenerek tedariki sağlanmıştır. Revizyonda kullanılacak borular ve vanalar hattın tasarım/dizayn projelerinden yararlanılarak tedarik edilmiştir. Tedariki sağlanan bütün kaynak sarf malzemeleri, vanalar, borular, buhar kapanları vb. malzemelerin sipariş mektuplarına göre giriş kalite kontrolleri yapılmıştır.

Kaynaklı imalat süreci ile ilgili olarak, mesleki yeterliliği sahip endüstriyel boru montajcıları ve 141 kaynak yönteminde en az PH-5G sertifikaya sahip %100 radyografik test verebilen kaynakçılar çalışmıştır.

Revizyonun yapılacağı gün, yüklenici firma çalışanlarının süreçle ilgili kişisel koruyucu donanım ve yasa gereği ibraz etmekle zorunlu olunan çeşitli evrakların beyanında bir eksik olmadığından sahaya girişleri yapılmıştır. Revizyon duruşu öncesinde atölyede ön imalatı yapılan buhar kapanı grupları ve izolasyon malzemeleri çalışma sahasına indirilerek ön çalışmalara başlanılmıştır. Buhar kapanı grupları, montaj istasyonlarına göre ayrılarak, boru kanalının kanal kapakları kaldırılmıştır. İzolasyonu açılacak bölgeler belirlenmiş ve izolasyonlar lokal olarak açılmıştır. Kaynakçı ve yardımcı personellere iş ile ilgili; kaynak tellerinin kontrolü, PWPS 'e göre parametrelere ayarı, Ø2,4 tungsten elektrot taş yönüne dik ve "dx3" formülüne göre biletilmesi, açılan kanal kapakları nedeniyle hava akımı etkisini azaltmak amacıyla gaz debisinin min. 7 lt/dk ayarlanması, kalınlık x 40Amper formülüne göre amper ayarlarının yapılması, çift paso kaynağın etkisiyle oluşabilecek krom çökmesi riskine karşı ITAB bölgesinin dışında kalan krom boruların hızlı soğutulması, %1 oranında oksijen karışımı Argon gazı kullanarak yüzey gerilimi ve distorsiyonun azaltılması vb. teknik bilgilerin aktarılması, yapılmıştır. Olası karışıklıkları önlemek amacıyla ilk dirsek bölgesinde bulunan buhar kapanı grubu 1 numara ile isimlendirilmiştir. Revizyonu yapılacak diğer istasyonlarda bu referansa göre isimlendirilmiştir. Atölyede ön imalatı yapılan buhar kapanı gruplarının yönü, ölçü kontrolü, kaynak kontrolü ve fittingslerin kontrolleri yapılmıştır. Hatta bulunan buhar kapanı grubu flex taş ile kesildiğinde hattın çok miktarda su geldiği görülmüştür. Bu durumun hattın soğumasına bağlı olarak normal olabileceği ancak, boru hattının imalat sürecinde yapılmış olunabilecek açısız hatalardan ve/veya soğuma sürecinde hattın basınçlı hava ile süpürülmemesinden de kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Eski buhar kapanı grupları ve drenaj hattı

vanalarının kesilmesi ve yerine yenilerinin kaynatılması sürecinde; kaynak bölgelerinin zımpara ile temizlenmesi, montajı yapılacak grup ve drenaj hattı vanası yerine monte edilmesi, montajı yapılan parçalara GTAW yöntemiyle, kök + kapak paso kaynakları yapılması, spiral hortum ile buhar kapanı grubu ve drenaj hattı vanasının bağlantılarının yapılması, revizyonu yapılan hatların alüminyum saclı izolasyonun yapılması işlemleri titizlikle sağlanmıştır. Bu titiz çalışmanın sonucunda yapılan NDT' lerde sadece 1 adet buhar kapanı grubunda gözenek tespit edilerek bu kusur prosedürler uygun bir şekilde giderilmiştir. Yine bu süreçte OG elektrik kablolarının boru hattına çok yakın mesafeden geçirildiği tespit edilerek rapor edilmiştir. Bu süreçlerin aynısı dip vanası revizyonları için de uygulanmıştır.

III. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kaynak mühendisliği disiplini temel alınarak yürütülen revizyon çalışması başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Buhar hattının mevcut durumunun genel olarak iyi olduğu görülmüştür. Buhar hattının boru alın ve dirsek birleşim (joint) kaynak dikişlerine ve ITAB bölgesine yapılan "VT ve MT" NDT kontrolünde çatlağa rastlanılmamıştır.
2. Genel olarak sistem iyi bir izolasyona sahiptir. Ancak lokal olarak bazı bölgelerde deformasyon başlangıçlarına ve yer yer dökülmelere rastlanmıştır. İzolasyonu açılan bölgelerde ise, izolasyon altı korozyonun başladığı ancak bunun önemli bir risk oluşturmayacak kadar az olduğu görülmüştür.
3. Hat ısıl genleşme açısından iyi durumdadır. İki buhar kapanı grubunda, buhar hattının ısıl hareketi dikkate alınmadığı ya da yanlış hesaplandığı için, gider hattı üzerinde deformasyonların oluştuğu görülmüş ve buhar kapanları değiştirilerek bu problemler düzeltilmiştir.
4. Sistemde kullanım sahasına inen ilk dirsek bölgesinde ve buhar hattının orta kısımlarında kalan bölgelerde su kaldığı tespit edilmiştir. Bu suyun, hattın soğumasına bağlı olarak oluştuğu ya da montaj yapılırken gözden kaçan teknik bir hatadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu problem giderilmezse, buharla kondens arasında ısı transferi devam edecek ve kondens buharla beraber sürüklenerek "Koç Darbelerine" neden olacaktır. Bu olumsuz duruma sebebiyet vermemek adına, hattın devrede olmadığı dönemlerde korozyon oluşumunu önlemek için, buhar kapanı gruplarının bypass vanalarının açılması ya da bu noktada hatta kalan suyun atılması için yaklaşık bir gün sonra dip gider vanalarının açılmasıyla giderilebilir. Benzer şekilde hat durdurulduğunda hattın içinin basınçlı

- hava ile süpürülmesi de kalan suyun sistem dışına atılmasını sağlayacaktır.
5. Boru kanalında ki yağmur sularının tahliye edilememesi durumunda, birikecek suyun yalıtım malzemesine ve buhar hattına zarar verme olasılığı bulunmaktadır. İncelemelerde yağmur suyunun yükseklik farkıyla bir havuza toplandığı ve bu havuzdan da pompa aracılığıyla sahada başka bir noktaya basıldığı tespit edilmiştir. Söz konusu pompa veya şamandıranın arızasına karşı “B eylem planı” alternatifinin oluşturulması veya arızadan haberdar olabilmek için ikaz-uyarı sistemi kurulması gerekmektedir.
 6. 1 numaralı buhar kapağı grubunun bulunduğu bölgede, kalın kesitli elektrik kabloları ile buhar hattının bir arada bulunduğu tespit edilmiştir. Yönetmelikte “enerji hattı ile boru tesisatları güvenli mesafede olmalıdır” ibaresi bulunmakta ve net bir uzaklık ölçüsü verilmemektedir. Konu ile ilgili çeşitli dokümanlar ve teknik şartnameler incelediğinde bu mesafenin en az 50 cm olması gerektiği görülmüştür. Bu bağlamda bu bölgede olası malzeme veya kaynak hatası sebebiyle dış kaçak yapan bir buhar kapağı grubunun tamirati gerçekleştirileceği düşünüldüğünde; gerek iş güvenliği, gerekse de enerji arzında bir problem oluşmaması için buhar ve elektrik hatları yönetmelik ve teknik gereksinimlere uygun bir şekilde birbirinden uzaklaştırmak suretiyle ayrılmalıdır.
 7. Revizyonu gerçekleştiren montaj ve kaynakçı personellerinin, uygulama ve el becerileri yönünden iyi durumda oldukları gözlemlenmiştir. Ancak teorik konularda çeşitli (kaynak kabiliyeti, malzeme bilgisi vs.) eğitimler verilmelidir.
 8. Gelecek dönemlerde yapılacak revizyonlar için, revizyon öncesinde; yüklenici firma ile birlikte malzeme seçimi, elektrot seçimi, WPS hazırlama vb. çalışmalar yapılmalı ve yapılacak çalışma sonucunda elde edilen veriler ile mevcut bu revizyonda elde edilen tecrübeler teknik şartname haline getirilerek sözleşmeye dahil edilmelidir.

REFERENCES

- [1] S. Karyeyen, M. H. Aksoy, M. Özgören, “Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği”, Mevlana Kalkınma Ajansı Bölgesel Araştırma Raporları serisi yayın no:5. Sf3 -6 2012
- [2] Y. Yakışır, “Demir Çelik Üretimi Yapan Entegre Bir Tesiste Atık Gazlarla Çalışan Buhar Kazanının Teknik Ve Ekonomik Analizi”, Makina Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi sf41- Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Ocak 2010
- [3] M. Çürüksulu, “50 Mwe Kurulu Güçteki Düşük Kaliteli Linyitle Çalışan Bir Termik Santral İçin Buhar Kazanı Tasarımı”, Makina Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi sf3, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Haziran 2006

- [4] M. Z. Söğüt, T. Hikmet ve Olcay Kıncay, “Buharlı Isı Sistemlerinde Ana Hatlarda Oluşan Yoğuşmanın Enerji Ekserji Ve Çevresel Performanslar Üzerinde Etkilerinin İncelenmesi”, Makina Mühendisleri Odası Yayınları, *Teskon 2017*, Sf 1383-190.
- [5] E. Burkut, “Buhar Kazanı Besi Suyu Hazırlama Teknikleri İçinde Ters Osmos Cihazının Ekonomik Yeri”, III Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, MMO Yayınları, Sf 840
- [6] R. Küçükçalı, “Buhar Tesisatı” IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, sf 258
- [7] <https://gedikegitimvakfi.org.tr/uluslararası-kaynak-muhendisligi>
- [8] <https://weldwolf.com/kaynak-muhendisligi-nedir-is-imkanlari-nelerdir/>