

Termik Santrallerde Boru Yırtılmalarının Araştırılması

Investigation of Pipe Failures in Thermal Power Plants

H. Donat YILDIZAY^{1*}, Özer AYDIN², Y. Erkan BÖKE³

Özet-Dünyada elektriğin gün geçtikçe artan önemi karşısında ülkemizde mevcut fosil kaynakların elektrik enerjisine dönüştürülmesinde termik santraller büyük bir öneme sahiptir. Termik santraller içinde linyit yakıtlı olanlar, toplam elektrik üretimde diğer termik santrallere göre çevre şartlarına etkileri bakımından daha önemlidir. Termik santrallerde üretimi kesintiye uğratan en önemli arızalardan biri kazan boru yırtılmalarıdır. Bu çalışmada termik santrallerde enerji kesintilerine yol açan boru yırtılmalarının nedenleri ve bu yırtılmaların önlenmesi için alınan tedbirler araştırılmıştır. Ayrıca Seyitömer Termik Santralinde boru yırtılmaları nedeniyle olan enerji kaybı maliyeti hesaplanmıştır. Önemli ölçülerde üretim kayıplarına yol açan ve santrallerin ömürlerine olumsuz yönde etki eden kazan boru yırtılmaları oksijen aşındırması, hidrojen hasarı, asit saldırısı, gerilim korozyon çatlağı, iç kirlilik, kısa ve uzun süreli aşırı ısınmalar ve mekanik yıpranmalardan dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu sorun ikili bir maliyeti gündeme getirmektedir. Bir taraftan boruların değişim maliyeti diğer taraftan ise değişim sırasında kazanın durmasından dolayı kaybedilen enerji maliyeti ile karşılaşılmaktadır. Seyitömer Termik Santralinde boru yırtılmalarının başlıca nedenleri kül aşındırması, yüksek sıcaklık yorulması, iç kirlilik ve kaynak hatalarıdır. Bu santralde kül aşındırmasının en büyük nedeni kullanılan kömürlerin yüksek kül oranlarına sahip olmasıdır.

Anahtar Kelimeler-Termik Santraller, Boru Yırtılmaları, Kül Aşındırması

Abstract-Power Plants have a big importance for transforming fossil resources existing in our country into electrical energy since using electricity in the world is increasing continuously. For total production of electricity, with lignite ones are more important than other power plants. One of the biggest defect cutting off production of electricity is boiler tubes failures. In this study, reasons of the tubes failures which cause energy interruption had been researched. Furthermore, for Seyitömer Power Plant, cost of this issue had been calculated. Boiler tubes failures which cause big production lost and negative effect of central life are happened due to corrosion occurred by oxygen, hydrogen damage, acid aggression, tension crack, interior pollution, over heating with short and long time period, and mechanic erosion. This problems make double cost a current issue. Both changing tubes costs and lost energy costs problems are seen on the changing time. The main reasons of tubes failures at Seyitömer Power Plant are corrosion occurred by ash, high heat, welding mistakes, and interior pollution. The biggest reason of the corrosion occurred by ash is that coal used at this central has high ash ratio.

Key Words- Power Plant, Tube Rupture, Ash corrosion

I. GİRİŞ

Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi su-buhar çevrimine uygun buhar türbinleri kullanarak elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Bilindiği üzere enerji, hayat kalitesini iyileştiren, ekonomik ve sosyal ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür. Ancak, artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği, dünya enerji talebindeki artış, hızla tükenmekte olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte devam edecek olması, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmelerin artan talebi karşılayabilecek ticari gelişimden henüz uzak oluşu, ülkelerin enerji arz güvenliği konusundaki kaygılarını her geçen gün daha da artırmaktadır.

^{1*}Sorumlu yazar iletişimi: hasan.yildizay@dpu.edu.tr

^{2,3}İletişim: ozer.aydin@dpu.edu.tr, boke@itu.edu.tr

^{1,2}Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dumlupınar Üniversitesi, KÜTAHYA

³Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İSTANBUL

Termik santrallerde üretimi kesintiye uğratan en önemli arızalardan biri kazan boru yırtılmalarıdır. Ülkemizdeki termik santraller yılda ortalama 350 defa kazan boru yırtılması nedeniyle devre dışı olmaktadır. Bundan doğan üretim kaybı yılda ortalama 5 milyar kWh civarındadır [1]. Önemli ölçülerde üretim kayıplarına yol açan ve santrallerin ömürlerine olumsuz yönde etki eden kazan boru yırtılmalarının nedenleri arasında; kül aşındırması, yüksek sıcaklık yorulması, iç kirlilik, kaynak hataları gibi nedenler sayılabilir. Bu yırtılmalar sonucunda enerji kaybı ve sonuç olarak üretim kayıpları yaşanmaktadır. Bunun asıl önemi ekonomik açıdan kendisini hissettirmektedir.

Seyitömer Termik Santrali, ülkemizde her geçen gün artan elektrik enerjisinin karşılanmasına katkıda bulunulması ve Seyitömer Havzasındaki ticari değeri bulunmayan düşük kaliteli linyit rezervlerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışmada, literatürde termik santrallerdeki boru yırtılmalarının nedenleri ve çözüm önerileri araştırılmıştır. Ayrıca Seyitömer Termik Santralinde boru yırtılmalarının nedenleri üzerinde durulmuş ve öneriler getirilmiştir. Seyitömer Termik Santralinde boru yırtılmalarının başlıca nedenleri; kül aşındırması, yüksek sıcaklık yorulması, iç kirlilik ve kaynak hatalarıdır. Bu hatalar ile ilgili yapılmış çalışmalardan örnekler aşağıda verilmiştir.

Anees ve arkadaşları (1994); Swcc Jeddah Suudi Arabistan termik santralindeki kazan boru hasarlarını incelemişlerdir. Boru hasarlarına; uzun süreli aşırı ısınma, hidrojen hasarı ve boru yüzeylerindeki korozyonun neden olduğunu göstermişlerdir [2]. Mukhopadhyay ve Sinha (1998); 60 MWt lik bir termik santral kazanındaki ekonomizerinyaklaşık 80.000 saat kullanıldıktan sonrakalan ömrü üzerinde çalışmışlardır. [3]. Ray al al, (2000); 43.000 saat boyunca beş yıllık hizmete maruz kaldıktan sonra, bir termik santralin kazanındaki süper ısıtıcı boruları için 1Cr-0.5Mo çeliklerin yüksek sıcaklık çekme ve sürünme kopma özelliklerini araştırmışlardır. Genelde süper ısıtıcı borularının iyi durumda olduğu ve boruların 500°Cye 10 yıl süreyle dayanabileceğini göstermişlerdir [4]. Küçük, (2003); Avustralya'daki tüp sızıntılarının ekonomisinde, kaçak maliyetine karşı önleme maliyetine odaklanan araştırmalar yapmışlardır [5]. Husain ve Habib, (2005); Kuveyt elektrik santralinde bulunan ısıtıcı kazanlarının içinde bulunan çelik boruların hasarlarını incelemiştir. Borular, gaz yakıcılarının sebep olduğu yerel ısı çakışmalarının sonucu ortaya çıkan aşırı ısınmadan dolayı hasar görmüştür. Sonuç olarak borunun iç yüzeyinde oluşan magnetit tabakasının uzun süreli aşırı ısınmaya yol açtığını ispat etmişlerdir [6]. Usman ve Han, (2008); kızdırıcı borulardaki hasar analizlerini yapmışlardır. Sonuç olarak borulardaki aşırı ısınma ve soğumanın termal yorgunluğa ve çok yüksek sıcaklıkların dikey çatlaklara neden olduğunu göstermiştir [7]. Rahimi ve Khoshhal, (2006); kazan borularındaki yorulmaya CFD (Computational Fluid Dynamics) modelleme yapmışlardır. CFD modellemenin deneye göre maliyetinin az olduğu ve rahatlıkla yapılabileceğini söylemiştir [8]. Chaudhuri, (2006); kazan borularının metalürjik değerlendirmesinin bazı durumlarını ele almıştır. Sertlik ölçme, gerilme testleri, sünme kırılım testleri mikro yapısal inceleme yapmıştır. Sonuç olarak borular 580°C'yi aşmadığı takdirde boruların onarılmaksızın 9 yıl dayanabileceğini belirtmiştir [9]. Mobin at all, (2008); yüksek basınç altındaki ekonomizer borularının hasarlarını araştırmışlardır. Metalografik inceleme ve kül analizleriyle ekonomizer borularındaki inceltme ve deliklerin H₂SO₄ten kaynaklandığını bulmuşlardır. [10]. Spindler ve Spindler, (2008); termik santrallerde kızdırıcı boru malzemesi olarak bulunan Esshete 1250 çeliğinin dayanıklılık, kırılma ve sünme deformasyonu özelliklerini ele almışlardır [11]. Ray ve arkadaşları, (2010); ham petrol ısıtıcısını araştırmışlardır.9Cr1Moçeliğini 27 MPa nominal değerinde 24 yıllık kullanımdan sonra kalan ömrünü incelemişlerdir. Aşırı ısınmış taraf için yapılan analiz ile, bir üst sınır sıcaklığı 8000°C'yi ve yaklaşık 50 saatlik bir ömrü tahmin etmişlerdir, Sedimentalin tortu bölgesinde oluşmabiçimini araştırmışlardır [12].

II. SEYİTÖMER TERMİK SANTRALİNDE BORU YIRTILMALARI VE SEBEPLERİ

Katı yakıtlı elektrik üretim santrallerindeünitenin ani ve plansız olarak devreden çıkmasını sağlayan en önemli arızalardan biri kazan boru yırtılmalarıdır. Bu yırtılmalar üretimde, önemli kayıplara yol açmaktadır ve santrallerin ömürleri olumsuz etkilemektedir. Kazan boru yırtılmaları, en çok yanma sonu ürünlerinin etkisiyle boru et kalınlıklarının inceltmesi sonucu meydana gelmektedir. Bunların dışında, boru iç yüzeylerinde meydana

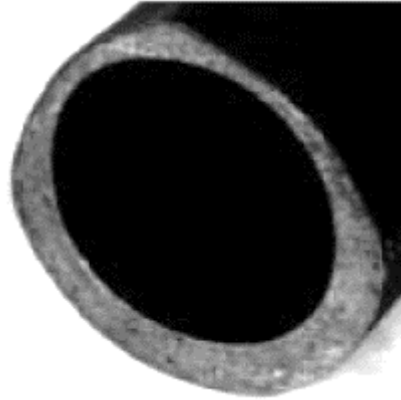
gelen çatlaklar ve korozyon oluşmasıyla mukavemet kaybı, aşırı yüksek sıcaklıklara maruz kalan boruların sıcaklık yorulması sonucu mikro yapılarının bozularak deforme olması, kaynak hataları boruların yırtılmasına sebebiyet veren başlıca etkenler olarak görülmektedir.

A. Yanma Sonu Ürünlerin Aşındırması

Kazanlarda yakılan kömürün yapısında bulunan silis gibi metal borularda aşındırıcı özelliği olan maddelerin oluşu kazan borularının ömürlerine etki etmektedir. Şekil 1 de Seyitömer Termik Santralinin 4. Ünitesinde sistemin devreden çıkmasına sebep olan bir boru yırtılması görülmektedir. Bu yırtılmanın ana sebebinin yanma sonu ürünlerinden külün oluşturduğu yine Şekil 1 den görülebilmektedir. Şekil 2 de ise kül aşındırmasına bağlı olarak borunun et kalınlığındaki azalma görülmektedir. Borular aşınan bu bölgelerinden yırtılmaktadır. Santral kazanlarında kül aşındırmasının en fazla görüldüğü bölgeler olarak; Ekonomizörler, Tekrar ısıtma boruları ve kızdırıcı bölgelerdir.



Şekil 1. Kül aşındırması sonucu oluşan boru yırtılması



Şekil 2. Kül aşındırmasına maruz kalmış bir borunun et kalınlığındaki değişim [13]

Yanma sonu ürünlerin boru aşınmasında etkilerinin araştırılması için kazanda yakılan kömürdeki kül miktarının bilinmesi gereklidir. Bu nedenle külden numuneler alınmış ve bu numuneler Tunçbilek Termik Santralinde analiz yaptırılmıştır. Yapılan çabuk ve elementel analiz sonucunda kömürdeki külün fazla olduğu görülmektedir. Tablo 1 de kömürün analiz sonuçlarını göstermektedir. Kül oranının fazla olması ve ayrıca kül içinde kükürt miktarının fazla olması borular üzerinde aşındırıcı etki yapmaktadır. Boruların gaz ve partikül akış

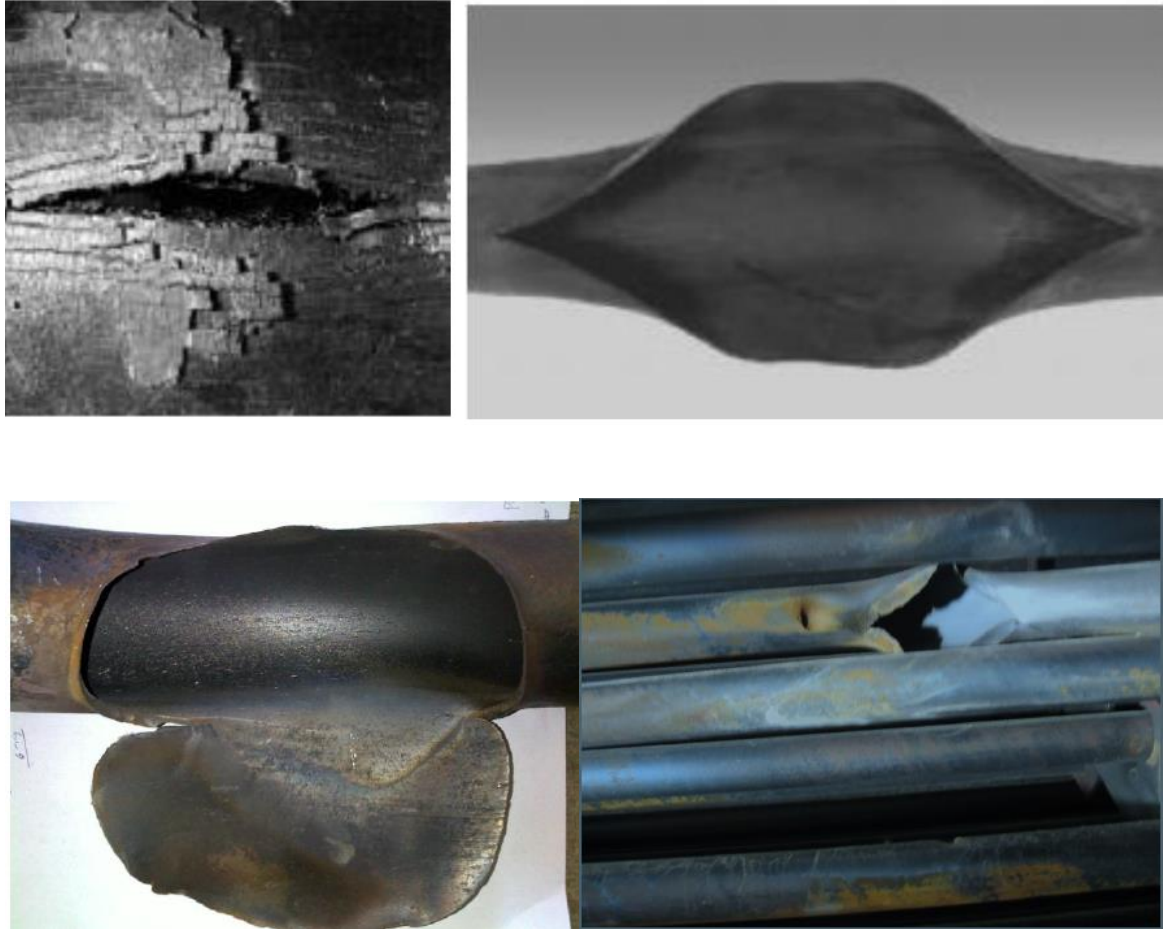
yönüne bakan yüzeyleri kül aşındırmasına maruz kalmaktadır. Boruların bu bölgeleri incelmekte ve borular bu bölgelerinden yırtılmaktadırlar

Tablo 1.Kömür analiz değerleri

Analysis	Birim	Örnekleme 1		Örnekleme2	
		Orijinal kömür	Kuru Kömür	Orijinal kömür	Kuru Kömür
Nem	%	29,1	-	21,9	-
Kül	%	35	49,3	39,8	50,9
Uçucu Madde	%	23,7	33,4	26,3	33,7
Sabit Karbon	%	12,2	17,3	12	15,4
Toplam	%	100	100	100	100
Üst Isıl Değeri	kJ/kg	8485	13000	8882	12398
Alt Isıl Değeri	kJ/kg	7769	11951	8355	11375

B.Yüksek Sıcaklık Yorulması

Sıcaklık yorulması borularda bölgenin tamamına etkilemektedir. Boruların yüksek sıcaklıkta kalarak mukavemet kaybetmesine ve sonuç olarak boru yırtılmalarına neden olur. Bunların önlenmesi için kazan devrede iken sıcaklık parametreleri kontrol edilmeli ve dizayn değerlerine uyulmalıdır



Şekil3.Yüksek sıcaklık yorulması sonucu boru yırtılması

Bunların dışında iç kirlilik ve kaynak hatalarından da boru yırtılmaları meydana gelmektedir. Kazan içinde yüksek sıcaklıklardan kaynaklı boru yüzeylerinde çürüflenme görülebilmektedir. Bu çürüflenme ısı alışverişini engellediği gibi kazan borularında aşırı ağırlığa sebep olarak boruların mukavemetini düşürmekte ve bu nedenle boru yırtılmaları görülebilmektedir.

C. İç Kirlilik

Kazan borularının içlerinin kirliliği; birikinti miktarının yüksek oluşu, fark basıncının belli bir değerin üstüne çıkması ve boru metal sıcaklıklarındaki artışlar en çok karşılaşılan sebeplerdir. Ayrıca ünitelerin kısa ya da uzun süreli devre dışı kalmaları halinde borularda korozyon oluşma ihtimali bulunmaktadır. Ani duruşlarda, kazan içinin soğuması sırasında vakum meydana gelmekte ve havalandırmalarla drenajlardan düşük sıcaklıktaki hava girişi sebebiyle ısıl gerilmeler meydana gelmektedir. Bu durumların önüne geçilebilmesi için kazanların servis dışına kontrollü alınması gerekmektedir.

D. Kaynak Hataları

Boru yırtılması nedeniyle devre dışı kalma durumunda, yırtılmadan sonraki bölümde yüksek sıcaklığa bağlı olarak malzeme deformasyonu meydana gelmektedir. Bu durum göz ardı edilerek sadece yırtılma bölgesi kaynağı ile ünite tekrar devreye alındığında kaynak bölgesinde tekrar boru yırtılmaları oluşmaktadır. Bunun dışında kaynak işlemi sonrası mutlaka kaynak bölgesi tahribatsız muayeneden geçirilmeden ünite tekrar devreye alınmamalıdır.

III. RESULTS

Tablo 2. Boru et kalınlık ölçüm sonuçları (mm)

Parça No	Kalınlık (mm)	Parça No	Kalınlık (mm)	Parça No	Kalınlık (mm)	Parça No	Kalınlık (mm)	Parça No	Kalınlık (mm)
1	4,20	26	6,91	51	6,62	76	5,89	101	5,37
2	6,35	27	6,42	52	5,73	77	7,08	102	5,79
3	5,94	28	5,82	53	6,99	78	6,00	103	7,10
4	4,47	29	7,07	54	6,26	79	5,71	104	5,96
5	6,89	30	6,31	55	5,75	80	7,10	105	4,52
6	6,24	31	5,57	56	7,09	81	5,55	106	7,10
7	5,52	32	7,00	57	5,72	82	5,50	107	5,75
8	6,00	33	5,69	58	5,85	83	6,69	108	5,92
9	5,88	34	5,01	59	7,06	84	4,68	109	6,98
10	5,64	35	6,49	60	6,04	85	5,67	110	5,52
11	6,93	36	5,33	61	5,71	86	6,82	111	5,72
12	6,40	37	5,45	62	7,03	87	5,09	112	7,03
13	5,62	38	7,01	63	6,10	88	5,93	113	5,87
14	7,00	39	6,20	64	5,70	89	7,10	114	5,75
15	5,91	40	5,70	65	6,08	90	5,57	115	6,99
16	5,70	41	7,09	66	6,30	91	6,00	116	6,02
17	6,93	42	5,70	67	5,52	92	6,99	117	5,71
18	5,72	43	5,77	68	7,06	93	5,25	118	7,04
19	5,72	44	7,01	69	5,73	94	5,42	119	5,66
20	6,90	45	6,45	70	5,78	95	7,10	120	5,30
21	6,31	46	5,62	71	7,06	96	5,56		
22	5,79	47	6,99	72	5,52	97	7,10		
23	6,98	48	5,78	73	5,86	98	6,13		
24	5,95	49	5,67	74	6,47	99	4,49		
25	5,81	50	7,03	75	4,60	100	3,92		

Seyitömer Termik Santrali kazanlarından belirli periyotlarla boruların et kalınlık ölçümleri yapılmaktadır. Tablo 2 de Ekonomizer borularının et kalınlık ölçüm sonuçları görülmektedir. Orijinal boru et kalınlığı 7,1 mm dir. Tablo 2 incelendiğinde orijinal et kalınlığının 120 ölçüm noktasının sadece birinde

korunabildiği ve birçok noktada kritik boru çapı seviyesine geldiği görülmektedir. Toplam 120 ölçüm noktasının ortalama kalınlığı 6,07 mm dir, bu da çalışma esnasında yukarıda sayılan nedenlerden dolayı boru çapında %17 lik bir kaybın olduğunu göstermektedir.

Seyitömer termik santrali yılda ortalama 3,6 milyon MWh elektrik üretmektedir. Türkiye’de kömür ve linyit kaynaklı üretilen toplam enerji ise yaklaşık 95 milyon MWh’tir [14]. Seyitömer Termik Santrali bu üretimin yaklaşık % 3,8 ‘ini karşılamaktadır. Santralde mevsimsel değişimler ve planlama dışı duruşlardan dolayı üretim aksaklığı yaşanmakla beraber esas olarak kazan boru yırtılmaları nedeniyle önemli oranlarda enerji kaybıyla karşılaşmaktadır. Santralde, ortalama boru yırtılmaları nedeniyle devre dışı kalma sayısı 17 dir. Bu devre dışı kalmalar ile ortalama üretilmeyen enerji ise yaklaşık 179000 MWh dir. Bu çalışmada literatürde termik santrallerdeki boru yırtılmalarının nedenleri ve alınan önlemler incelenmiştir. Ayrıca Seyitömer Termik Santralinde meydana gelen boru yırtılmalarının nedenleri sıralanarak çözüm önerileri sunulmuştur. Son olarak boru yırtılmalarının sebep olduğu üretilmeyen enerji belirtilmiştir. Seyitömer Termik Santralinde boru yırtılmalarının nedenleri kül aşındırması, yüksek sıcaklık yorulması, iç kirlilik, kaynak hataları olarak sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Bütün, S. , *Üretim Yarısını EÜAŞ Karşılıyor*, EMO Enerji Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi, Sayı1, Ankara, 2007.
- [2] Malik, U. A. , Asrar, M. , Al-Ghamdi, M.F., *Investigations on the Failure of Boiler Tubes in SWCC Jeddah Power Plant*, Kingdom of Saudi Arabia 17s., 1994.
- [3] Mukhopadhyay N.K., Ghosh S., Sinha R.K., Bhattacharya D.K., *Remaining life estimation of a service exposed economizer tube*, India, 11 s., 1998.
- [4] Ray, A.K., Tiwari, Y.N., Roy, S.K., *Remnant life assessment of service-exposed pendent super heater tubes*, India, 11 s., 2000.
- [5] Small R.F., *Economic analysis of boiler tube failures*, OMMI Vol. 2, Issue 2. Australia, 2003.
- [6] Husain A., Habib K., *Investigation of tubing failure of super-heater boiler from Kuwait Desalination electrical power plant*, Kuwait, 6 s., 2005.
- [7] Usman, A. and Khan, A.N., “Failure Analysis of Heat Exchanger Tubes”, *Engineering Failure Analysis*, Volume 15, Issues 1–2, P:118–128, 2008.
- [8] Masoud, R., Khoshhal A. and Shariati S., “CFD modeling of a boilers tube’s rupture”, *Applied Thermal Engineering*, vol. 26, no.17-18, pp.2192-2200, 2006.
- [9] Chaudhuri, S., “Some aspects of metallurgical assessment of boiler tubes-Basic principles and case studies”, *Materials Science and Engineering: A*, vol.432, no.1–2, P:90–99, 2006.
- [10] Mobin, M., Malik, A. and Al-Hajri ,M., “Investigations on the failure of economizer tubes in a high-pressure boiler”, *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol.8, no.1, pp 69–74, 2008.
- [11] Spidler M.W., “Creep deformation rupture and ductility of Essete 1250”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, vol.85, no.1–2, pp.89–98, 2008.
- [12] Ray, A.K. , Tiwari, Y.N. , Roy, S.K. , “Creep Rupture Analysis and Remaining Life Assessment of 2,25 CR- 1 Mo Stell Tubes from a Thermal Power Plant”, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, vol.87, pp.746-752, 2010.
- [13] Reduce Future Boiler Tube Failures a, The Babcock nd Wilcox Company, Ohia-Usa, 8s., <http://www.steamforum.com/pictures/e1013153.pdf>, (Erişim: Ağustos 2017).
- [14] <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/> (Erişim: Ekim 2017).