

## **ZONGULDAK VE SOMA-EYNEZ KÖMÜR KARIŞIMLARINDAN ÖN-ISITMA VE BASINÇLI-ŞARJ YÖNTEMLERİ UYGULANARAK METALURJİK KOK ELDESİ**

### **APPLICATION OF THE PRE-HEATING AND STAMP-CHARGING PROCESSES ON THE METALLURGICAL COKE PRODUCTION FROM THE ZONGULDAK AND SOMA-EYNEZ COAL MIXTURES**

**Ümit ÖZDEN**, *MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizi ve Teknolojisi Dairesi, Yakıt Teknolojisi Birimi, Soğutozu 06520 Ankara*

#### **ÖZET**

Koklaşmayan Soma-Eynez linyit kömürünün, Ön-Isıtma ve Basınçlı-Şarj yöntemlerinin uygulanması suretiyle koklaşan Zonguldak kömürüne karıştırılarak yüksek fırın koku üretiminde kullanılmasının hangi şartlarda ve karışım oranına kadar mümkün olduğunun saptanması için yan pilot ölçekte koklaştırma çalışması yapılmıştır. Bu maksatla 3.0 mm'nin altına kırılmış kömürlerden Soma kömürü %10 arttırılmak suretiyle %60 oranına kadar Zonguldak kömürüne karıştırılarak 7 kg kapasiteli kamara tipi fırında koklaştırılmıştır. Elde edilen karışım kokları DIN-Standartlarına uygun olarak elek analizi ve sağlamlık testlerinden geçirilmiş ve tam analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Ön Isıtma ve Basınçlı Şarj yöntemlerinin uygulanması suretiyle metalurjik kok özelliklerine sahip bir kokun üretilmesi şartıyla Zonguldak kömürüne % 40-45 oranına kadar Soma-Eynez kömürünün karıştırılmasının mümkün olacağı saptanmıştır.

#### **ABSTRACT**

A set of semi-pilot scale coking-chamber experiments was conducted to determine at what conditions and mixing ratios non-coking Soma-Eynez lignite coal could be blended with coking Zonguldak coal to produce metallurgical coke by the application of pre-heating and stamp charging processes. Both coals were crushed to -3.0 mm particle size. Soma coal was blended with Zonguldak coal at multiples of 10% weight ratio upto 60% , and mixtures were coked in a 7 kg chamber type oven. The crushing strength and abrasion resistance of cokes produced were measured according to the related DIN standards, and approximate analyses were done as well. The experimental results showed that up to 40-45% Soma-Eynez coal could be mixed with Zonguldak coal to produce a metallurgically satisfying coke by using these methods.

## 1. PROSESLERLE İLGİLİ LİTERATÜR BİLGİLERİ

Ön Isıtma ve Basıncılı Şarj proseslerinin endüstriyel ve bilimsel çalışmaları ile ilgili yayınlar incelendiğinde, bu iki yöntemin birçok Avrupa ve Uzakdoğu ülkesinde metalurjik kok üretiminde uygulandığı tespit edilmektedir. Kömüre uygulanan teknolojilerin ve her türlü bilgilerin teferruatlı bir şekilde anlatıldığı; kömürün her türlü işleminin incelendiği bir kitapta (Eliot 1981) Basıncılı Şarj Yöntemi, yüksek uçucu madde içeren ve koklaşma özellikleri bu sebeple kötü olan Avrupa'nın Silezya, Saksonya, Loren, Çek ve Saar bölgeleri kömürlerinden yeterli sağlamlıkta metalurjik kok eldesi için uygulandığından bahsedilmektedir.

Konvensiyonel yöntemde kömür kamaralara kendi ağırlığıyla şarj edildiğinden yığın yoğunluğu  $700-780 \text{ kg/m}^3$  olurken, Basıncılı Şarj yönteminde kamaradaki yığın yoğunluğu  $900-950 \text{ kg/m}^3$ 'e kadar çıkarılmaktadır. Yığın yoğunluğunun artmasıyla kömürün koklaşma basıncı artar ve koklaşma özelliği düşük olan kömürler kullanıldığında fırın duvarlarına temas daha yakın olduğundan daha iyi bir ısı transferi sağlanır. Ön ısıtma yönteminin kok üretiminde kullanılmasının önemi bütün dünyada sürekli artmaktadır. Bu prosesin uygulandığı Demir ve Çelik işletmeleri halen Amerika Birleşik Devletleri, Güney Afrika ve Federal Almanya'da bulunmakta; Japonya ve Kanada'da kurulma veya planlanma aşamasındadır. Almanya'da, az koklaşan ve yüksek uçuculu kömürlerin Ön ısıtma işlemi kok fırınlarının dışında bir reaktör içinde yapılmaktadır. Nemli kömürlerden kok üretiminde, bu yöntemle aynı sürede üretilen kokun sağlamlığı artmakta ve parça dağılımının daha büyük boyutlara kayması sağlanmaktadır. Bu yöntem koklaşma süresini %35-45 daha kısaltması yanında elde edilen kokun Shatter indeksinin  $1/4$  inch değerini %3-6 ve M40 indeksini %7-12 arttırırken, Mio indeksini % 1,5-2,5 düşürmektedir.

Kömürlerin kok fırınlarına şarjında Ön Isıtma yönteminin uygulanması ile ilgili Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir çalışmada (Jackman ve Helfinkine) kömürlerin fırınlara şarjından önce plastik hale geldiği sıcaklığa kadar ısıtılmasının ciddi işletme sorunlarını beraberinde getirdiğinden bahsedilmektedir. Buna karşılık şarj edilen kömürün  $125^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılması suretiyle kurutulmasının koklaşma süresinin kısaltılması, üretimin arttırılması ve kokun fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Araştırmacılar bu sonuçlara, kömür karışımlarıyla pilot ölçekte yaptıkları Ön Isıtma deneyleri sonucunda ulaşmışlardır.

Yine Demir ve Çelik üretimiyle ilgili yürütülen araştırma ve endüstriyel çalışmalarında meydana gelen gelişmelerin değerlendirildiği kitabın (Metalurgical Coals and Coke), kömürlerin metalürji sanayiinde kullanılması ile ilgili bölümünde, kömürün Ön Isıtılması yöntemi, kömür ve karışımlarının kamaralara şarjından önce neminin azaltılması işlemine verilen isim olarak gösterilmiştir. Ön ısıtılan kömür fazla nem içermez ve fırına yüksek bir sıcaklıkta şarj edilir; böylece kömürün suyunun buharlaşması için zaman harcanmasına gerek kalmaması sebebiyle koklaşma süresi kısalmıştır. Teorik olarak koklaşmada kullanılan ısının %25'i kömürün kurutulmasında harcanmaktadır. Ayrıca nemin alınması kömür taneciklerinin ara boşluklarının azalmasını ve böylece fırında daha yüksek bir yığın yoğunluğu meydana gelmesini sağlamaktadır. Böylece fırın verimliliğinin %30-50 artması mümkün olmaktadır. Bu

işlemlerle bağımlı diğer bir avantaj da, koklaşma süresinin kısaltmasıyla kok kamaralarında konveksiyon ve radyasyonla meydana gelen ısı kaybının azalmasıdır.

Ön Isıtma teknolojisinin, koklaşma esnasından yüksek yumuşama gösteren kömür ve kömür karışımlarına uygulanabilmesi önemli bir özelliği olarak ifade edilmiştir. Kokun aşınma dayanımı ve sağlamlık bakımından kalitesinin geliştirilmesi, ürünün uniform olarak elde edilmesi ve ısı transferinin yavaş olması suretiyle homojen bir porozite ve büzülme sırasında koktaki ısıl gerilimin azalmasıyla sağlanmaktadır. Bu yöntemin bilinen diğer bir avantajı da, proses kontrolü sırasında kömürün sıcaklığının istendiği gibi ayarlanabilmesi, uçucu ve nemin kısmen önceden alınması suretiyle çevre problemlerinin azaltılması, kokun daha homojen olması yüzünden boşaltma İşleminin daha kolay yapılması ve parça dağılımının 20-80mm fraksiyonunun daha fazla olmasıyla kullanılmaya daha uygun olmasıdır.

Değişik ülkelerde Ön Isıtma prosesinin çeşitli uygulama varyasyonları geliştirilmiştir. Fransa'da geliştirilen Coaltek yöntemi, Almanya'da Pre-Carbon ve İngiltere'de geliştirilen Simcar yöntemleri bunlardan birkaçıdır. Kömürün Ön Isıtması ile ilgili Önemli diğer bir husus da koklaşma kapasitesi daha az olan kömür karışımlarından, sağlam kok elde edilmesidir. Daha ucuz kömürlerin koklaşmada kullanılabilmesi sonucunda kömür potansiyelinde %10'dan fazla bir artış olmaktadır. 2000 yılında Ön Isıtma sisteminin uygulandığı kömür 2 milyon tona ulaşmıştır.

Basıncılı Şarj yönteminin avantajı da Ön Isıtma yönteminde olduğu gibi konvensiyonel yöntemlerde az kullanılan marjinal kok kömürlerinin de bu yöntemde kullanılabilmesidir. Basıncılı Şarj yönteminin bir diğer avantajı da yüksek şarj yoğunluğuyla verimliliğin arttırılmasıdır. Yeni Basıncılı Şarj sistemleri Fransa'nın Lorrain ve Almanya'nın Saar bölgelerinde kurulmuştur. Bunların dışında Polonya ve Çek Cumhuriyetinin Silezya bölgesinde ve Japonya ile Güney Afrikada da bazı tesislerde bu yöntemin uygulanması ile ticari kapasite 10 milyon tona ulaşmıştır.

4. Avrupa Demir Çelik ve Kok Kalitesi Sempozyumu dolayısıyla (Grosspietsch ve Lungen, 2000) tarafından yayınlanan makalede, yüksek finnlarm daha az kok sarf edilmesi ve finnlarm daha uzun süre dayanabilmesi için kullanılan kokun kalitesinin yüksek olması gerektiğinden bahsedilmiştir. Bilhassa kokun Kok reaktivite indeksinin (CRI) ile kokun CO<sub>2</sub> ile reaksiyonu sırasında ölçülen Sağlamlık indeksinin (CSR) yüksek finn reaksiyon sıcaklığı değerinin önemi büyük olmaktadır. Kokun Reaksiyon Stabilité indeksinin değeri, finnda büyük basınç düşüşlerinin meydana gelmemesi için %60' dan küçük olmaması ve Kok Reaktivite İndeksinde %20-30 arasında olması gerekmektedir. Yüksek finn işletmesi sonuçları, kokun yükselen CSR İndeksi değerleriyle yüksek finna kömür enjeksiyonunun arttırılabileceğini; böylece toplam redaksiyon maddesi kullanım miktarının azaldığını ve yüksek finn gaz geçirgenliğinin iyileştğini göstermiştir.

Aynı sempozyumda sunulan Lungen'in (2000) bildirisinde, gelecekte de yüksek finn prosesi, demir cevheri indirgemesi ve çelik üretiminde hammadde üreten temel yöntem olarak kalacağından söz edilmektedir. Buna karşılık Direkt-Redüksiyon yöntemi de uygun fiyatla gaz temin eden ülkelerde rekabet olanağına sahip olacağı ifade edilmiştir.

Konuyla ilgili yayınlardan saptanan yukarıdaki bilgiler dışında, tarafımızdan uzun yıllardır yürütülen çeşitli ülkelerde geliştirilmiş metalurjik kok proseslerinin Türkiye kömürlerine uygulanması suretiyle yapılan proje çalışmalarının sonuçları çeşitli MTA Gen. Md.'lüğü raporlarında ve sempozyum bildirilerinde tartışılmıştır.

## 2. GİRİŞ

Ülkemizde demir cevherinden çelik Üreten üç Demir ve Çelik tesisinden hiç biri redüksiyon maddesi olarak kullandığı koklaşan kömürün tamamını Zonguldak bölgesinden temin etmemektedir. Bunlardan iskenderun'daki Demir ve Çelik fabrikaları kömür ihtiyacını tamamen yurt dışından temin edilirken, Ereğli ve Karabük tesisleri kullandıkları kömürün takriben % 15 gibi az bir miktarını TTK Kurumundan temin etmektedir. Avusturalya, ABD ve Kanada'dan ithal edilen koklaşan taşkömürün 2001 yılında 7 milyon tonu geçerken, ETK Bakanlığının yaptığı prospeksiyon çalışmalarına göre 2020 yılında toplam 91 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Aynı yıl metalurjik kok ihtiyacının 17.5 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. Yurt dışından ithal edilen kok kömürünün şu andaki ortalama FOB fiyatı 45-50 \$ olduğundan, halen yurtdışına ödenen döviz büyük meblağlara ulaşmaktadır.

Ereğli Demir ve Çelik tesisleri 1980 yılına kadar kömür ihtiyacını Zonguldak bölgesinden temin ederken, daha sonraki yıllarda paçallama tesislerinin devreye girmesi sonucunda planlı olarak kömür ihtiyacını her yıl daha büyük bir oranda yurt dışından ithal etmeye başlamıştır. Zonguldak bölgesi kömürlerinin kok üretiminde kullanılmamasına sebep olarak, ithal edilen kömürlere göre kül ve alkali madde miktarının daha yüksek ve elde edilen kok stabilitesinin daha düşük olduğu gösterilmektedir. Dairemizde Zonguldak bölgesi kömürleriyle yapılan zenginleştirme çalışmaları sonucunda, Zonguldak bölgesi lavvar çıkışlı kömürlerinin kül oranının ithal kömürlere göre bir miktar daha yüksek olmasının sebebinin, kömürlerin hazırlandığı tesislerin eski olması ve modernizasyonunun yapılmamış olmasından dolayı meydana gelen kaçaklar olduğu saptanmıştır. Gereken modernizasyon çalışması yapıldığında Zonguldak bölgesi kömürlerinin, ithal edilen kömürlere göre daha düşük alkali ve kül oranına ineceği ve kok stabilite değerlenirinde yükseleceği muhakkaktır.

Diğer taraftan TKİ Genel Müdürlüğü tarafından işletilen Batı Anadolu'da kalitesi yüksek, kül ve kükürt oranı düşük, jeolojik yaşı yüksek kömürlerin koklaşan Zonguldak bölgesi kömürleri ile dünyanın birçok ülkesinde uygulanan modern koklaşma yöntemlerine göre kanştırılarak metalurjik kok üretiminde kullanılması mümkündür. Bu yeni yöntemlerin uygulanması için halen kullanılan kok fabrikalarının yanında ilave bazı tesislerin kurulması gerekmektedir.

Bu yöntemlerden Japon Sumitomo Demir ve Çelik tesislerinde geliştirilip endüstriyel boyutta uygulanan Sumi-Coal yöntemine göre, koklaşma özelliği göstermeyen kömürlerin koklaşan kömürlerle birlikte briketlendikten sonra, koklaşan kömürle hesaplanan oranlarda homojen bir şekilde karıştırılmak suretiyle elde edilen şarj kameralarda metalurjik kok haline dönüştürülebilmektedir. Yöntemin Zonguldak koklaşan kömürü ve Armutçuk veya Amasra gibi koklaşma özelliği az olan kömürlere uygulanması suretiyle müessesemizde 1979 yılında yapılan proje çalışmasında Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarının 500 kg'lık test fırınında karışımların koklaşma

sonucunda, Amasra veya Armutçuk kömürünün %25-30 oranında Zonguldak kömürüne karıştırılarak yüksek fırın koku eldesinin mümkün olacağı görülmüştür.

Koklaşma özelliği kötü olan kömürlerin metalurjik kok üretiminde kullanılmasını mümkün kılan diğer bir yöntemde Form-Kok prosedir. Bu yöntemde, koklaşma özelliği olmayan kömür maden kömürü ile karıştırıldıktan sonra briketlenir ve dikey fırınlarda sürekli bir şekilde koklaşımın suretiyle metalurjik kok elde edilir. Dairemizdeki kok fırınında yaptığımız bir Form-Kok proje çalışmasında, Soma-Eynez kömürünün %50-60 oranında Zonguldak kok kömürüne karıştırılması suretiyle metalurjik kok eldesinin mümkün olacağı saptanmıştır. Form-Kok yönteminin dezavantajı mevcut kok fabrikalarına uygulanmaması sebebiyle tesis yatırımının diğer yöntemlere göre çok daha yüksek olmasıdır.

Yine koklaşma özelliği olmayan kömürlerin koklaşan kömürlere karıştırılması suretiyle metalurjik kok eldesini mümkün kılan ve birçok endüstrilemiş ülkede uygulanan Ön Isıtma (Pre-Heating) ve Basıncılı Şarj (Stamp-Charging) procesten mevcut konvensiyonel kok fabrikalarında en kolay uygulanabilecek yöntemlerdir.

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **3.1. Numune Hazırlama**

Zonguldak Çatalağzı lavvarmdan getirilen 0-50 mm boyut aralığındaki koklaşan kömürle, Manisa Soma-Eynez lavvarmdan getirilen koklaşma özelliği olmayan kömür yüksek verimli bir döner kırıcıda 150 kg'lık partiler halinde 3 mm'nin altına kırıldıktan sonra 2,8-0,5 mm elek serisiyle elek analizleri yapılarak her İki kömürün tane dağılımı saptanmıştır (Çizelge 1).

Her İki kömürden alman numunelerin tam analizleri Kömür Analiz biriminde yaptırılarak, kömürlerden daha sonra elde edilecek kokun yüksek fırında kullanılması için önemli olan kükürt oranı ve cinsleri, kül miktarı, kalorisi, uçuşu madde içeriği ve sabit karbon oranı saptanmıştır (Çizelge 2).

#### **3.2. Ön Isıtma Koklaşma Denemeleri**

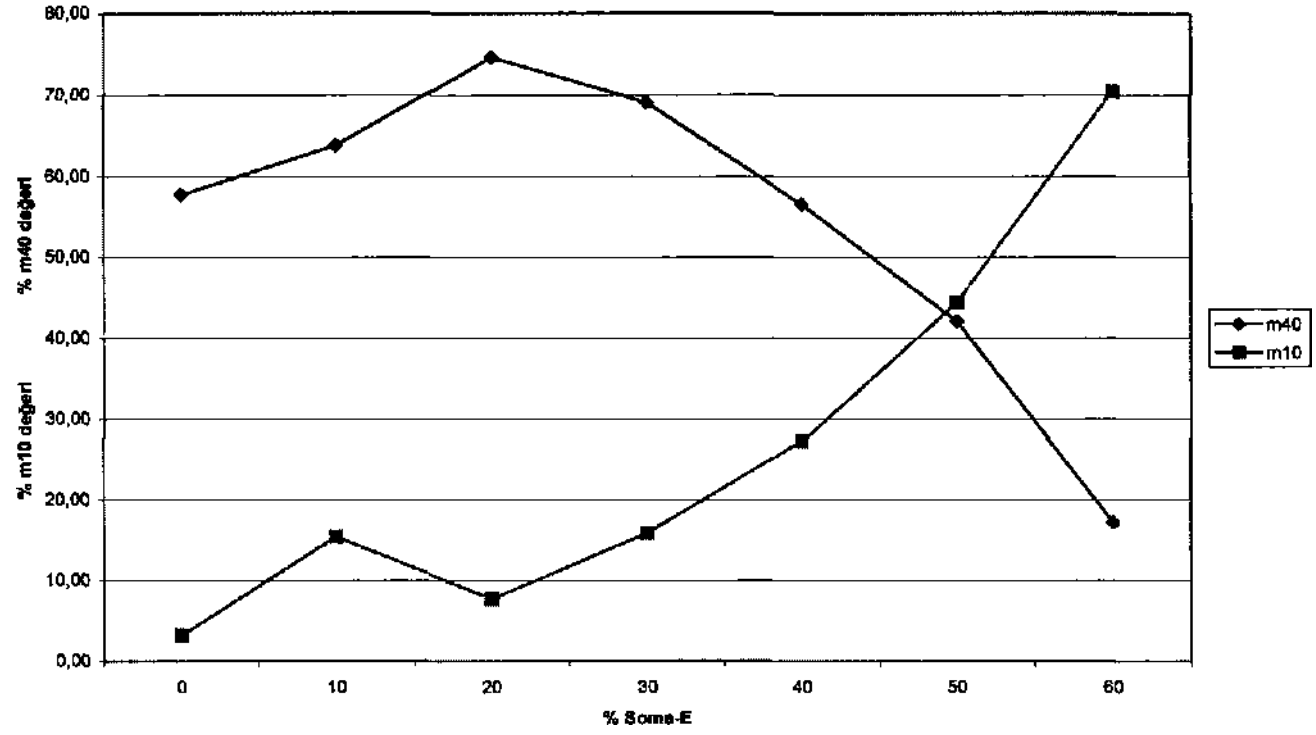
Ön ısıtma yönteminin uygulanmasıyla metalurjik kok eldesinin denenmesi maksadıyla, Soma-Eynez kömürü % 10 arttırılmak suretiyle %60 oranına kadar Zonguldak kömürüne karıştırılarak çeşitli oranlarda 7 kg'lık deney numuneleri hazırlanmıştır. Numunelerin neminin koklaşma İşleminde önce düşürülmesini sağlamak üzere, 300-400°C sabit sıcaklığa ısıtılmış fırında büyük oranda kurutma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra fırın sıcaklığı 1300°C'a kadar muntazaman yükseltilerek karışım tamamen koklaşmaktadır. Suyla söndürülen kok numunesi etüvde tamamen kurutulduktan sonra Alman DİN standartlarına uygun olarak +10-50 mm yuvarlak delikli eleklerde elenmiş ve +40 mm'nin üstünde kalan kısmı tambur testine tabi tutularak Çizelge 3 ve Şekil 1 'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 1 Zonguldak ve Soma-Eynez kömürlennin elek analizleri sonuçları.

	Zong Köm (%,20-50mm)	Zong Köm (%,0-10mm)	Soma-Eynez Köm (%, 18-50 mm)
> 2 8 mm	10 8	82	22 0
28 - 20 m m	13.1	78	172
20 - 14mm	16 6	96	160
14 - 1 Onun	130	112	12 2
10 - 0710 mm	117	97	90
0710 - 05 mm	71	92	66
< 0 5 mm	27 6	44 3	17 0

Çizelge 2. Zonguldak ve Soma Kömürlerinin Tam Analizi

	Zonguldak (18-50 mm)			Zonguldak (0-10 mm)			Manisa,Soma,Eynez (20-50 mm)			
	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür (sb)	Saf Kömür (skb)	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür (sb)	Saf Kömür (skb)	Havada Kuru Kömür	Kuru Kömür (sb)	Saf Kömür (skb)	
Su(%)	2,05	-	-	3,63	-	-	12,93	-	-	
Kul (%)	12,68	12,95	-	9,69	10,00	-	11,66	13,39	-	
Uçucu Madde (%)	26,25	26,80	30,79	25,91	26,89	29,90	47,98	55,11	63,63	
Sabit C (%)	59,01	60,25	68,51	60,77	63,06	70,11	27,43	31,50	36,38	
Yanar Kükürt (%)	2,08	2,12	2,44	1,74	1,81	2,01	0,19	0,22	30,25	
Külde Kükürt (%)	0,50	0,51	0,59	0,46	0,48	0,53	0,41	0,47	0,54	
Toplam Kükürt (%)	2,58	2,63	3,03	2,20	2,29	2,54	0,69	0,69	•0,80	
Koklaşma ISO Yöntemi	Kok (%)	61,07	62,35	71,63	80,71	83,75	93,12	40,09	46,04	53,16
	Gaz (%)	38,93	3765	28,37	18,29	16,25	6,88	59,91	53,96	46,84
Aşağı Kalori (kcal/kg)	7237	7388	8487	7759	7876	8757	5298	6085	7026	
Yukarı Kalori (kcal/kg)	7261	7413	8516	7800	8094	8934	5334	6126	7073	



Şekil 1. Zonguldak ve SomeE kömür karışımlarının ön ısıtma yöntemine göre elde edilen koklarının tambur test sonuçları.

Çizelge 3 Zonguldak ve Soma<sub>E</sub> kömür karışımlarının ön ısıtma yöntemine göre koklaştırma deney sonuçları.

Kömür Oranları		On Isıtma Sic (°C)	Koklaşma süresi (dk)	Koklaşma Hızı (mm/st)	Kok Verimi (Kuru Baz)	Test Sonu Fırın Duvar Sic (°C)	Test Sonu ın Merkez Sic (°C)	Elek Analizi Sonuçları (Kok)					Tambur Test Sonuçları	
Zong (%)	Soma <sub>E</sub> (%)							+40 mm	40 - 30 mm	30 - 20 mm	20 - 10 mm	-10 mm	m <sub>40</sub>	m <sub>10</sub>
100		340	575	10,44	61,40	1350	1000	79,8	3,6	9,3	1,2	6,0	50,2	0,0
100	-	500	315	19,04	72,90	1360	930	90,6	3,1	0,7	0,4	5,2	65,3	6,4
90	10	500	320	18,76	65,90	1320	900	95,8	1,8	1,3	0,7	0,4	56,4	9,0
90	10	420	285	23,16	59,60	930	900	86,0	1,0	2,0	3,6	8,4	71,2	21,8
80	20	500	245	24,49	62,70	1350	950	96,8	0,7	1,1	0,5	0,8	69,1	8,7
80	20	430	310	21,28	63,20	1050	1000	92,3	0,6	1,7	1,9	3,5	80,2	6,7
70	30	500	215	27,91	61,90	1220	1000	97,4	0,8	0,8	0,6	0,3	61,2	13,2
70	30	400	340	19,40	64,50	1050	600	95,2	1,6	0,6	0,4	2,2	77,0	18,5
60	40	550	225	26,70	57,20	1350	1200	97,5	0,5	0,6	0,4	0,8	59,1	17,3
60	40	480	325	20,30	60,00	1100	1060	95,2	0,3	0,9	0,8	2,8	54,1	37,3
50	50	500	210	28,60	57,10	1360	920	97,5	0,5	-	0,8	1,1	51,3	29,2
50	50	520	348	18,97	53,40	1050	800	96,8	0,3	0,4	0,2	2,3	32,8	59,6
40	60	500	195	30,80	46,60	1370	920	95,4	1,4	0,5	1,8	0,7	23,1	61,9
40	60	580	330	20,00	47,40	1110	910	91,1	0,3	0,8	0,8	7,0	11,3	78,9



### 3.3. Basıncılı Şarj Koklaşma Denemeleri

Aynı şekilde hazırlanan kömür karışımları fırının karton şarj kutularına doldurulduktan sonra üstten bastırılmak suretiyle yığın yoğunluğu 1.2 gr/cm<sup>3</sup>'e kadar çıkarılmıştır. Böylece yığın yoğunluğu arttırıl an numuneler 1300°C'a ısıtılan fırına şarj edilip 3-4 st gaz çıkışı tamamen bitip merkez sıcaklığı 900°C civarına varana kadar koklaştırılmıştır. Böylece elde edilen koklar Ön Isıtma deneylerinde anlatıldığı şekilde sağlamlık testlerine tabii tutulmuş ve sonuçlar Çizelge 4 ve Şekil 2'de birarada verilmiştir.

### 4. Kömürlerin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

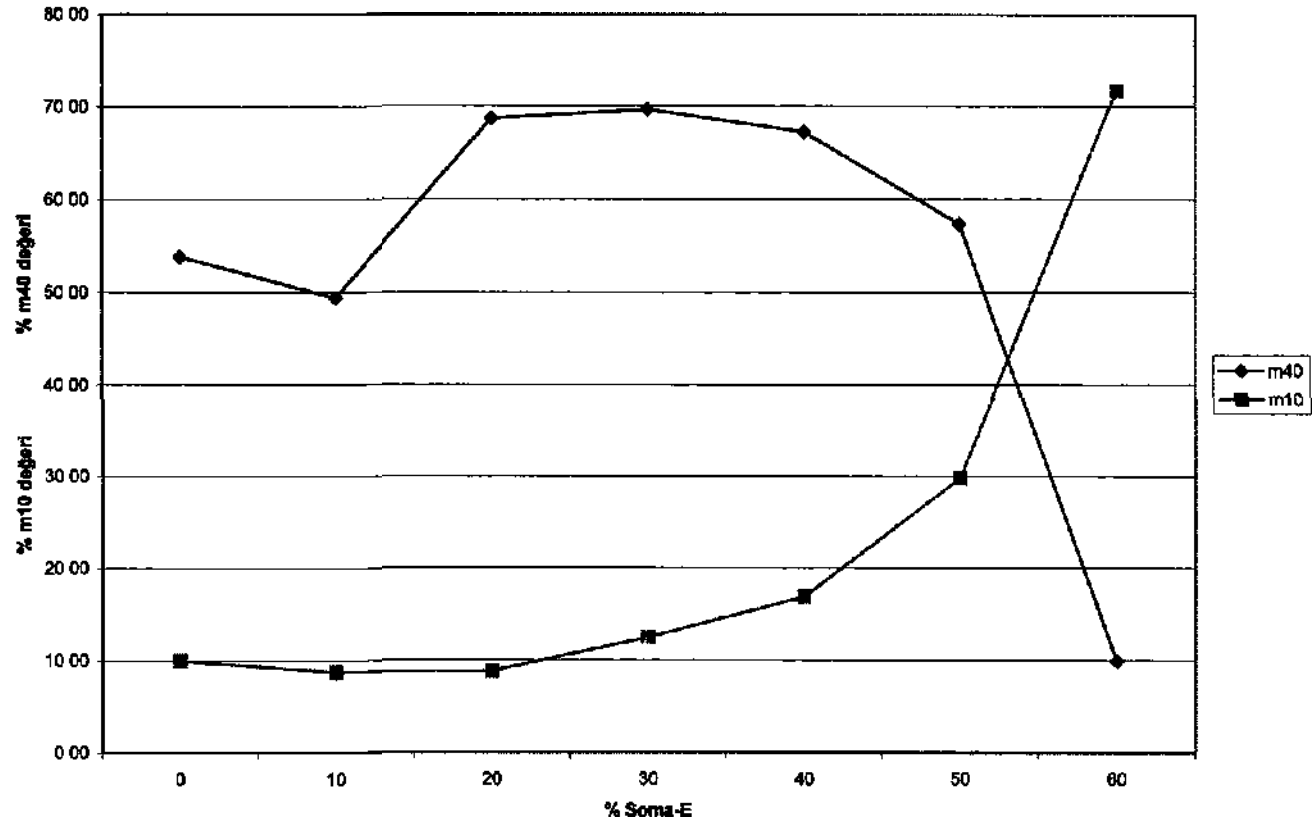
Çalışmalarda kullanılan kömürlerin elek ve tam analiz sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Kömürlerin elek analizleri incelendiğinde Soma-Eynez kömürünün 2,8 mm'nin üzerinde kalan yüzdesi 10,8 iken 0,5 mm'nin altına geçen ince fraksiyon oranı 27,6 olmuştur. Aynı kınada ve aynı şartlarda öğütülen Zonguldak kömürünün kaba fraksiyonu %8,2 iken toz olan kısmı %44,3 değeriyle Soma kömürünün neredeyse iki misline ulaşmıştır. Nitekim Zonguldak kömürüne göre daha yumuşak bir kömür olan Soma-Eynez kömürünün kuru bazdaki kül oranı %13,4 iken Zonguldak kömürünün oranı parça kömür için %13,0 ve 18 mm altı numune için %10 bulunmuştur.

Buna karşılık uçucu madde yüzdeleri koklaşan Zonguldak kömürü için %29,9 olurken Soma-Eynez kömüründe %63,3 gibi beklenenin iki misli yüksek bir değer elde edilmiştir. Soma-Eynez kömürünün Miyosen devri kömürü olması dolayısıyla alt ve üst Vestfalien devri kömürü olan Zonguldak bölgesi kömürlerinden biraz daha genç bir kömür olduğu bilinmektedir. Nitekim kömürlerin kalori değerleri de kömürleşme derecesi ile orantılı olduğundan Zonguldak kömürünün kalori değeri 7413-8094 kcal/kg değerine çıkarken, Soma-Eynez kömürü için 6126 kcal/kg değerinde kalmıştır. Zonguldak kömürünün kükürt oranı %2,63 gibi büyük bir değer olmasına karşın, bu kükürtün %80'inin yanar kükürt olması koklaştırma işlemi esnasında ayrılması yüzünden önemli olmamaktadır. Soma kömürünün kükürt oranı kuru bazda %0,69 gibi kok eldesi için gayet uygun bir miktardır.

Kömür verim analiz değerleri koklaşan kömür için %70 civarında olurken, koklaşmayan kömürde %40 gibi daha düşük bir değer olmuştur. KuUamları kömürlerin analiz değerleri halen yurt dışından ithal edilen kömürlerin özelliklerinden birkaç önemsiz nokta dışında farklı değildir.

Çizelge 4. Zonguldak ve Soman kömür karışımlarının basınçlı şarj yöntemine göre koklaşırma deney sonuçları.

Kömür Oranları		Ön Isıtma Sic (°C)	Koklaşırma süresi (dk)	Koklaşırma Hızı (mm/st)	Kok Verimi (Kuru Baz)	Test Sonu Fırın Duvar Sic. (°C)	Test Sonu Fırın Merkez Sic. (°C)	Elek Analizi Sonuçları (Kok)					Tambur Test Sonuçları	
Zong. (%)	Soma <sub>B</sub> (%)							+40 mm	40 – 30 mm	30 – 20 mm	20 – 10 mm	-10 mm	m <sub>40</sub>	m <sub>10</sub>
100	-	1200	210	28,6	77,8	1400	900	89,8	3,9	1,3	0,4	4,4	47,6	5,6
100	-	770	238	27,7	72,9	1080	800	96,3	0,6	0,7	0,7	1,7	66,3	14,8
100	-	1050	213	31,0	75,7	1120	850	93,9	4,2	1,0	0,6	0,3	47,7	9,5
90	10	1000	217	30,4	72,4	1200	1000	93,0	4,5	1,6	0,6	0,2	53,0	6,7
90	10	1000	210	36,7	73,7	1270	1100	95,3	2,2	1,2	0,6	0,7	45,9	10,8
80	20	1260	185	35,7	71,6	1200	850	94,5	4,1	0,4	0,5	0,5	55,7	7,9
80	20	1860	270	24,4	70,0	1160	1060	98,1	0,7	0,6	0,1	0,5	81,8	9,8
70	30	940	187	35,3	69,6	1150	800	95,8	3,1	0,4	0,5	0,2	62,2	10,7
70	30	920	255	25,9	67,6	1130	980	98,6	-	0,4	0,7	0,3	77,2	14,3
60	40	900	235	25,5	65,6	1120	800	98,4	1,0	0,5	0,3	0,1	63,9	13,5
60	40	820	260	25,6	65,8	1130	920	97,6	0,6	0,3	0,5	1,0	70,7	20,3
50	50	920	210	28,6	64,6	1130	800	97,4	1,7	0,5	0,2	0,2	63,5	22,6
50	50	820	245	27,0	64,1	1100	900	94,9	-	0,5	0,5	4,1	51,2	37,0
40	60	1050	212	28,3	55,0	1100	1000	90,6	0,6	1,3	1,5	5,9	8,5	68,8
40	60	780	255	25,9	54,9	1100	850	90,0	0,2	1,6	1,1	7,1	11,3	74,9



Şekil 2' Zonguldak ve SomaE kömür karışımlarının basınçlı şarj yöntemine göre elde edilen koklarının tambur test sonuçları

Çizelge 5 Zonguldak ve Soma<sub>E</sub> kömür karışımlarının ön ısıtma yöntemine göre elde edilen koklarının kısa analiz sonuçları

Kömür Oranları		Kok Kısa Analizi (Orjinal Baz)						Kok Kısa Analizi (Kuru Baz)				
Zong. (%)	Soma <sub>E</sub> (%)	Nem Oranı (%)	Kül Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Uçucu Madde Oranı (%)	Sabit C Oranı (%)	Yüksek Kalorisi (kcal/kg)	Kül Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Uçucu Madde Oranı (%)	Sabit C Oranı (%)	Yüksek Kalorisi (kcal/kg)
100	-	1,15	12,47	0,38	1,90	84,48	6934	12,62	0,38	1,92	85,46	7015
90	10	0,71	14,10	0,39	3,53	81,66	6859	14,20	0,39	3,56	82,24	6908
80	20	1,02	15,17	0,42	2,12	81,69	6730	15,33	0,42	2,14	82,53	6799
70	30	1,57	15,67	0,43	2,93	79,83	6683	15,92	0,44	2,98	81,10	6790
60	40	1,95	16,54	0,45	3,24	78,27	6546	16,87	0,46	3,30	79,87	6676
50	50	2,74	16,27	0,48	3,82	77,17	6544	16,73	0,49	3,93	79,34	6728
40	60	3,04	16,62	0,48	3,47	76,87	6323	17,14	0,50	3,58	79,28	6521

Çizelge 6. Zonguldak ve Soma<sub>E</sub> kömür karışımlarının basınçlı şaj yöntemine göre elde edilen koklarının kısa analiz sonuçları

Kömür Oranları		Kok Kısa Analizi (Orjinal Baz)						Kok Kısa Analizi (Kuru Baz)				
Zong (%)	Soma <sub>E</sub> (%)	Nem Oranı (%)	Kül Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Uçucu Madde Oranı (%)	Sabit C Oranı (%)	Yüksek Kalorisi (kcal/kg)	Kül Oranı (%)	Kükürt Oranı (%)	Uçucu Madde Oranı (%)	Sabit C Oranı (%)	Yüksek Kalorisi (kcal/kg)
100	-	0,22	14,16	0,42	2,57	83,05	6893	14,19	0,42	2,58	83,23	6908
90	10	0,83	14,99	0,44	1,59	82,59	6686	15,12	0,44	1,60	83,28	6742
80	20	1,10	15,61	0,44	1,33	81,96	6676	15,78	0,44	1,35	82,87	6750
70	30	2,33	16,23	0,46	2,37	79,07	6540	16,61	0,47	2,43	80,96	6696
60	40	2,79	18,52	0,44	4,96	73,73	6235	19,05	0,45	5,10	75,85	6414
50	50	2,07	18,81	0,50	5,35	73,77	6319	19,21	0,51	5,46	75,33	6453
40	60	3,20	17,61	0,49	6,18	73,01	6253	18,19	0,51	6,39	75,42	6460

## 5. Koklaştırma Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

### 4.1. Ön Isıtma Yöntemine Göre Kazanılan Kokların Test Sonuçları

Deneylerin koklaşma parametreleri ve kok elek analiz ve sağlamlık test sonuçları Çizelge 3 ve 5'te birarada verilmiş ve nuo ve mio sağlamlık değerleri Şekil 1 de grafiğe geçirilmiştir. Kanşımın mikum sağlamlık değerleri saf Zonguldak kömürü için %57 olurken, %20 Soma-Eynez kömürü karıştırılmış, karışım kokunda %75 değerine yükseldikten soma, koklaşmayan kömür oranı %30'a çıkarıldığında tekrar düşmeye başlayarak %60 oranına kadar azalmıştır. Aynı kanşım koklarında mio aşınma sağlamlık değerleri Zonguldak kokunda %3,2 gibi düşük ortalama değeri verirken %30'a kadar Soma kömürü karıştırıldığında %15 gibi kabul edilebilir bir tozlaşma olmaktadır. Karışım oranları yükseltildiğinde aşınma indeksi hızla artmıştır.

Elde edilen deney karışım kok analizi ve sağlamlık değerlerinden, %40 oranına kadar Soma-Eynez kömürü içeren kanşımın kokunun yüksek fırında kullanılması mümkün görülmektedir.

### 4.2. Basınçlı Şarj Yöntemine Göre Kazanılan Kokların Test Sonuçları

Bu yöntemin uygulanması suretiyle elde edilen kokların elek analizi ve tambur sağlamlık test sonuçlarıyla kok analiz değerleri Çizelge 4, 6 ve Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den değerlendirilen m« kırılma sağlamlık değerleri, yan yana koklaşmayan Soma-Eynez kömürü içeren kanşım koklarında dahi %60 değerinin altına düşmemektedir. Aşınma sağlamlık değerini veren mio indeksleri Zonguldak kömürü kokunda %10'un altında kalırken %40 Soma-Eynez kömürü içeren kanşımında dahi %40 değerini fazla aşmamıştır.

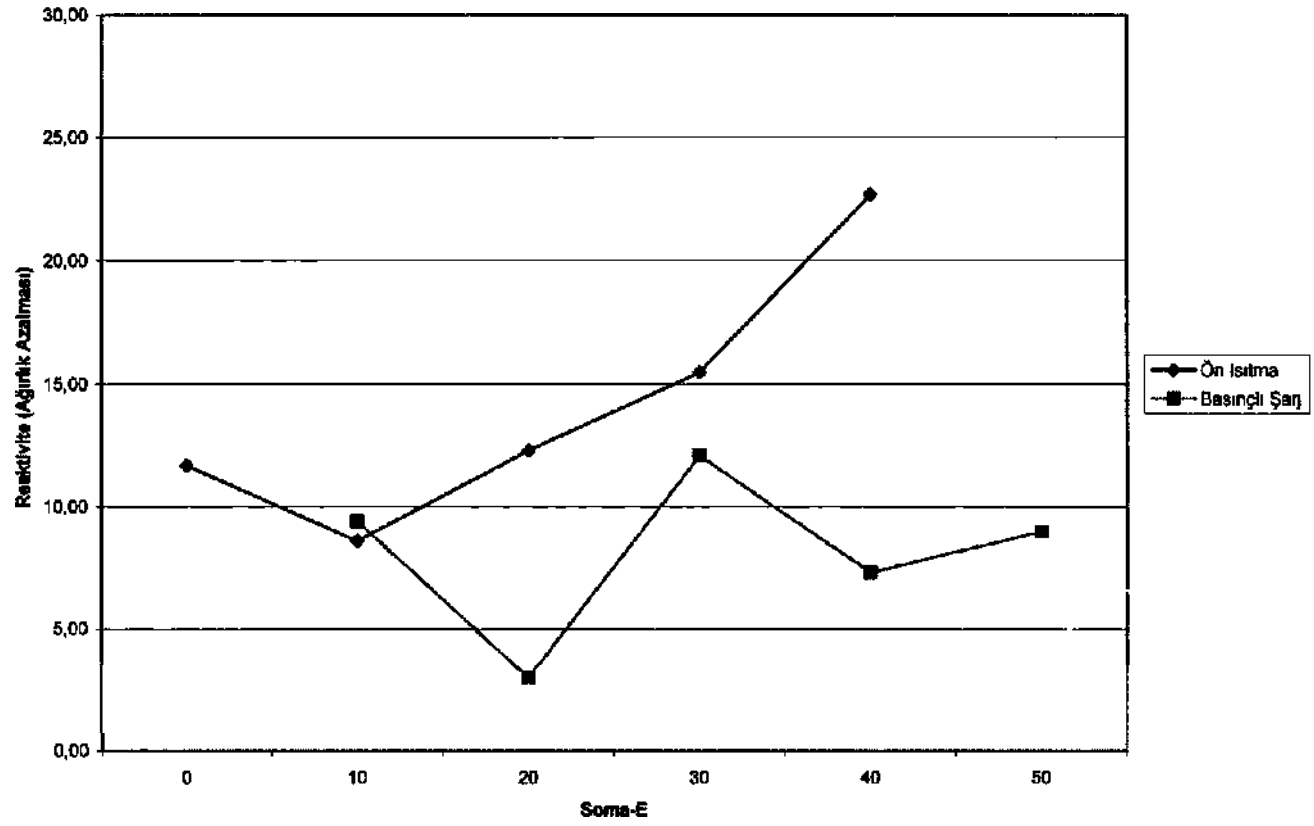
Bu kanşımın koklarının test sonuçları incelendiğinde, Basınçlı Şarj yönteminin uygulanması suretiyle karışımında %40-50 oranında Soma-Eynez kömürü içeren kanşımından bile yüksek fırın koku üretiminin mümkün olacağı görülmüştür.

## 5. SONUÇLAR

Uyguladığımız her iki yöntemle göre Zonguldak ve Soma-Eynez kömür kanşımından üretilen metalurjik kokların uluslararası standartlara göre yapılan test ve analiz sonuçları incelendiğinde, Zonguldak kömürüne %40 oranına kadar Soma-Eynez kömürü karıştırılması ile oluşturulan kanşımın sağlamlık, reaktivite ( Çizelge 7 ve Şekil 3 ) ve analiz değerleri, metalurjik kok olarak yüksek fırında demir cevherlerinin indirgenmesinde kullanılmasında bir mahsur görülmemektedir.

£ Çizelge 7. Zonguldak ve Soma-Eynez kömür karışımlarından ön ısıtma ve basınçlı şarj yöntemlerine göre kazanılan metalurjik kokların CO^ e karşı reaktifite test sonuçları.

ön Isıtma Yöntemi	Zonguldak (%)	Soma-Eynez	Reaktivite (%)	Basınçlı Şarj Yöntemi	Zonguldak	Soma-Eynez (%)	Reaktivite
	100	-	117		90	10	94
"	90	10	86		80	20	30
»	80	20	123		70	30	121
•	70	30	155		60	40	73
«	60	40	227		50	50	90



Şekil 3. Zonguldak ve Soma-Eynez kömür karışımlarının ön ısıtma ve basınçlı şarj yöntemleri uygulanarak elde edilen metalurjik kokların CO<sub>2</sub>' e karşı reaktivite değerleri.

## KAYNAKLAR

- Eliot M. A.** (1981) *Chemistry of Coal Utilization* John Wiley and Sons.
- Jackman H. W., Helfinstine R. J.** (1970) Heat Drying Coals at Moderate Temperatures Before Coking. *Illinois State Geological Survey*, Circular 449
- Jackman H. W., Helfinstine R. J.** (1970) Preheating Coal Blends As a Means of Increasing Coke Strength. *Illinois State Geological Survey*, Circular 453
- Metalurgical Coals and Coke** (1978) *World Outlook and Alternatives* .Vol. 1, SRI International California USA, pp 1-177.
- Grosspietsch K. H., Lungen H. B.** (2000) Coke Quality Requirement by European Blast Furnace Operators, *Stahl und Eisen* 120, Nr. 9,15 Sept., pp. 35^2.
- Lungen H. B.** (2000) Stand der Koks- und Eisenherstellung, *Stahl und Eisen* 120, No. 9, 15 Sept, pp 45-53.
- Özden Ü., Gencer Z.** (1984) A Pilot Scale Investigation of Possibility of Using Non-Coking Armutçuk and Amasra Coals in Metalurgical Coke Production, *Bulletin of MTA Institute of Turkey*, No: 99/ 100 Ankara.
- Özden Ü.** (1986) Zonguldak ve Soma-Merkez Kömürlerinin Basit Harmanlama ve Biriket Şarj Yöntemlerine Göre Hazırlanmış Karışımlarının Metalurjik Kok Üretiminde Kullanımı, MTA Raporu.
- Özden Ü.** (1994) Zonguldak ve Soma-Merkez Kömürlerinin Bağlayıcı Zift ile Karışımlarının Form-Kok Yöntemine Göre Koklaşılma Süresiyle Metalurjik Kok Üretiminde Kullanımı, MTA Raporu.
- Özden Ü.** (1999) Form-Kok Yöntemiyle Metalurjik Kok Üretiminde Koklaşma Süresi ve Sıcaklığı Parametrelerinin Araştırılması, MTA Raporu.
- Türkiye 1. Enerji Şurası** (1998) (Alt Komisyon Raporu Cilt-1 ) E T K Bakanlığı.
- Öner F. Ş., Önal E.** (1998) Kok Fabrikalarında Kok Üretimi ve Kömür Tüketiminin Verim Hesaplamalarına Dayanarak Hesaplanması, *Türkiye II. Kömür Kongresi Kitabı*, s. 229-232.
- Öner F. Ş., Mahmut K.** (1998) Metalurjik Kok Üretiminde Koklaşabilir Kömürlerin Önemi, *Türkiye 11. Kömür Kongresi Kitabı*, s. 233-238.
- Öner F. Ş.** (2000) Ereğli'de Yerli Kömür Kullanılarak Üretilen Kokun Özellikleri. *Türkiye 12. Kömür Kongresi Kitabı*, s. 261-266.