

# Etibor Kırka Boraks Atığının Yer Karosu Bünye Özelliklerine Etkisi

## Effect of Etibor Kırka Boraks Tailing. Addition on Properties of Floor Tile Body

Ö.F. Emrullahoglu & C.B. Emrullahoglu

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Seramik Mühendisliği Bölümü, Afyon*

F. Özçelik

**ÖZET :** Bu çalışmada, yer karosu bünyesine belirli oranda ilâve edilen Etibor Kırka Boraks Tesisi Atığının yer karosunun özellikleri üzerine etkisini incelemek için yapılan deneyler ve sonuçları sunulmuştur. Laboratuvar ölçekli çalışma, atık malzemenin karakterizasyonu, preste şekillendirme, sinterleme ve ürünlerin karakterizasyonundan oluşmaktadır. Etibor Kırka Boraks Tesisi Atıklarının x-ışını kırınımı analizi, atığın dolomit, montmorillonit, kalsit ve boraks 'dan oluştuğunu göstermiştir. Deneysel çalışmalar üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada % 2,5, % 5, ve % 7.5 oranlarında atık katılmış karışımlar kuru presleme tekniği ile şekillendirilmiş, ikinci aşamada, şekillendirilen numuneler 1000, 1100 ve 1200 °C sıcaklıklarda 2 saat sinterlenmiş, üçüncü aşamada da sinterlenmiş numunelere su emme, görünür gözeneklilik, kitlesel yoğunluk, üç nokta eğme ve basma dayanımı testleri uygulanmıştır. Sonuçlar boraks atığı katkısının ürünün özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir.

**ABSTRACT :** This study describes the experiments and results of a laboratory scale investigation carried out on samples which were shaped by dry pressing mixture of floor tile powder and Etibor Kırka Borax Plant Tailing. The laboratory work essentially consists of characterization of tailing, shaping by dry press, sintering and characterization of the final products. X-ray diffraction studies of borax tailings have shown that the tailing contain dolomite, montmorillonite, calcite and borax minerals. Experimental studies consist of three steps; In the first step the mixtures containing floor tile powder and various amount ( 2.5, 5, and 7.5 %) of the tailing were shaped using dry press. In the second step, shaped samples were sintered for two hours at the increasing temperatures from 1000 to 1200 °C. In the third step, water absorption, apparent porosity, bulk density, three point bending and compression strength tests were applied to the sintered samples. At the end of the research it was observed that the products quality were affected from the addition of the tailing to the floor tile body..

### I. GİRİŞ

Ülkemizde sanayileşme her geçen gün artmaktadır. Artan sanayileşme ile birlikte fabrika atıklarının stoklanması sorun olmakta ayrıca, bu atıklar çevre kirliliği açısından da büyük tehlike yaratmaktadır. Fabrikaların çoğunda bulunmayan arıtma tesisleri yüzünden fabrika kuruluş alanlarının çevresindeki yerleşim bölgelerinden tepkiler alınmakta ve olay üretimin durdurulmasına kadar gitmektedir. Bunların yaşanmaması için bu tür atıkların ucuz hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi hem yukarıda açıklanan sorunların giderilmesi ve hem de ekonomiye kazandırılması açısından çok önemlidir.

Etibor Kırka Boraks İşletmesinin üretime başlamasından bugüne kadar yaklaşık 500.000 ton civarında tesis atığı gölette toplanmıştır (Ediz vd, 1995).

Bor atıklarının yapı malzemesi üretiminde değerlendirilmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır (Ediz vd,1995, Özkan vd-, 1996, ve Kavas vd, 1999). Bu araştırmaların birincisinde plastik şekillendirme, ikinci ve üçüncüsünde ise kuru presleme teknikleri kullanılmıştır. Sonuçta kaliteli yapı malzemeleri üretilmiştir. Ayrıca yer karosu üretiminde kalsine hammadde kullanımı araştırılmıştır (Alaca ve Emrullahoglu, 2002) Diğer bir çalışmada ise asit borik tesislerinde flotasyon atığı şlamının yer karosu bünyesinde değerlendirilmesi incelenmiştir (Çiftçi, 1999).

Yapılan başka çalışmalarda (Karasu vd 2002a, 2002b, 2002c, 2002d, 2002e) aynı atığın yer ve duvar karosu bünye ve sırlarında kullanımı incelenmiştir

## 2 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 Deneysel Programı

Önce atıkların kimyasal ve XRD analizleri yapılmıştır. Sonra, deney numuneleri hazırlanarak mekanik preste şekillendirilmiş, kurutulmuş ve bunu takiben 1000°C, 1200°C ve 1200°C sıcaklıklarda sinterlenen numunelere çeşitli testler uygulanmıştır

### 2.2 Çalışmada kullanılan malzemeler

**Yer karosu massesi:** Bu çalışmada kullanılan yer karosu massesi Söğüt Termal Seramik A.Ş.'ye ait fabrikanın püskürtmeli kurutucu çıkışından alınmıştır. Yer karosu massesinin kimyasal analizi Çizelge 1'de, genel özellikleri de Çizelge 2'de verilmiştir

Çizelge 1 Yer karosu massesinin kimyasal analizi

Bileşen	%
SiO <sub>2</sub>	73.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.34
TiO <sub>2</sub>	0.65
Na <sub>2</sub> O	2.56
K <sub>2</sub> O	2.93
CaO	0.57
MgO	1.38

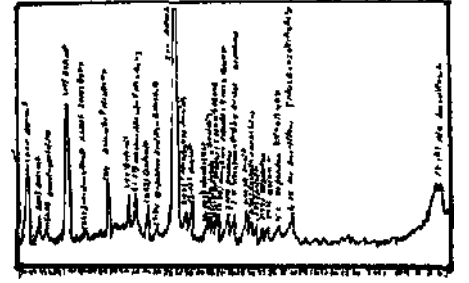
Çizelge 2 Yer karosu massesinin genel özellikleri

Sinterleme sıcaklığı	1200°C
Fırınlama süresi	42 dakika
Su emme	%24.1
Küçülme	%66.7
Ateş kaybı	%4.76

**Kırka Bor Türevi Atıkları:** Kırka Boraks Tesisinde 5 değişik bölgede atık oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan atık DSM Elek Üstü atığıdır. Bu atığın kimyasal analizi Çizelge 3'de, XRD analizi ise Şekil 1'de verilmiştir

Çizelge 3. DSM elek üstü atığı kimyasal analizi

Mineral	%
SiO <sub>2</sub>	18.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.17
CaO	14.67
MgO	8.22
K <sub>2</sub> O	0.21
Na <sub>2</sub> O	6.89
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.78
Kızdırma Kaybı	30.94



Dolomit	CaMg(CO) <sub>3</sub>
Montmorillonit	CaNaMgFeAlSiOOH H <sub>2</sub> O
Kalsit	CaCO <sub>3</sub>
Ortoklas	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Samdan	(Na,K)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Sodyum Borat	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>
Sodyum Borat	Na <sub>2</sub> B <sub>10</sub> O <sub>20</sub>

Şekil 1. DSM Elek Üstü Atığının XRD Analizi

### 2.3 Deney Numunelerinin Hazırlanması

#### 2.3.1 Bileşim Hazırlama

Karışım hazırlanırken kuru madde miktarı baz alınmıştır. Granül halindeki masseye %2.5, %5 ve %7.5 oranlarında bor atığı katılmıştır. Karıştırma işlemi porselen değirmende, 70 dev/dk'da, 45 dk süre ile ve karıştırmaya yardımcı olmak amacı ile az miktarda alumina bilye kullanılarak gerçekleştirilmiştir

#### 2.3.2 Şekillendirme ve Kurutma

Değirinde karıştırılan malzemeler su püskürtülerek %5 oranında nemlendirildikten sonra

granülasyon amacı ile 297 mikronluk elekten geçirilmiştir. Çubuk ve silindirik olmak üzere iki tip numune preslenmiştir. Çubuk numuneler 5,45 x 0,76 x 0,90 cm, silindirik numuneler ise 2,1 cm çapında, 3,15 cm yüksekliğinde olacak şekilde hazırlanmış ve etüvde 110°C'de kurutulmuştur. Silindirik numuneler basma dayanımı, çubuk numuneler ise diğer testlerde kullanılmıştır.

### 2.3.3. Sinterleme

Hazırlanan numuneler Preterm marka elektrikli fırında 1000, 1100 ve 1200 °C 'lerde 1 saat süre ile sinterlenmiş, daha sonra fin kapatılarak soğumaya bırakılmıştır.

### 2.3.4. Numunelere uygulanan testler

Sinterlenen numunelere;

- Pişme küçülmesi
- Görünür gözeneklilik
- Kütle yoğunluğu
- Su emme
- Üç nokta eğilme dayanımı
- Basma mukavemeti testleri uygulanmıştır.

## 3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

### 3.1 Deney numunelerine uygulanan test sonuçları

#### 3.1.1 Pişme küçülmesi sonuçları

Pişme küçülmesi sonuçları Çizelge 4 'de verilmiştir.

Çizelge 4 Pişme küçülmesi değerleri (%)

	1000 °C	1100°C	1200 °C
Katkısız	0,744	5,063	7,695
%2,5 katkı	0,871	5,317	7,749
% 5 katkı	0,960	6,720	7,858
%7,5 katkı	1,359	8,003	endi

Çizelge 4 'de görülen sonuçlar incelendiğinde, artan sinterleme sıcaklığı (1100°C'den 1200°C'ye) ile küçülme %'lerinde önemli artışlar olduğu görülmektedir. Bu genelde beklenen bir durumdur. Çünkü sinterleme sıcaklığının artışı ile birlikte numunede oluşan sıvı faz %'si artmaktadır. Ayrıca, taneler arası difüzyonla gözenek miktarının azalması da numunede küçülmeye neden olur. Aynı sıcaklıkta sinterlenen numuneler karşılaştırıldığında ise katkı oranı arttıkça pişme küçülme % lerinde bir artış görülmektedir.. Bu katılan bor atığında bulunan ve

sinterleme sıcaklığında uzaklaşan uçucu bileşenlerden kaynaklanabilir. Katkı %'si arttıkça uçucu bileşen %'si de artacağından numunelerde küçülme %'leri de artacaktır. 1200°C'de sinterlenen %7.5 katkı numunede aşırı sıvı faz nedeni ile erime olmuştur.

### 3.1.2 Görünür gözeneklilik test sonuçları

Görünür gözeneklilik test sonuçları Çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 5 Görünür gözeneklilik test sonuçları (%)

	1000 °C	1100 °C	1200 °C
Katkısız	30,67	20,17	2,30
%2,5 katkı	31,83	21,32	2,23
% 5 katkı	31,23	23,16	1,41
%7,5 katkı	30,90	6,97	endi

Çizelge 5'de verilen sonuçlar incelendiğinde; artan sinterleme sıcaklığı ile görünür gözeneklilik %'lerinde önemli düşüşler olduğu görülmektedir. Sinterleme sıcaklığının artışı numunede oluşan sıvı faz %'sinin ve taneler arası difüzyonun artmasına dolayısıyla da toplam gözenek miktarında düşüşe neden olmaktadır. Aynı sıcaklıkta sinterlenen numuneler karşılaştırıldığında ise 1000°C'de sinterlenen numunelerde katkı oranı arttıkça görünür gözeneklilik %'lerinde çok az bir değişiklik olduğu görülmektedir. H00°C'de sinterlenen numunelerde ise katkısız, %2,5 ve %5 katkı numunelerin görünür gözeneklilik değerleri arasında önemli bir değişiklik olmaz iken, %7,5 katkıda çok hızlı bir düşüş görülmektedir. Katkısız, % 2,5, %5 katkı numunelerde %20'ler civarında olan görünür gözeneklilik % 7,5 katkıda %6.97'ye düşmüştür. 1200°C'de sinterlenen numunelerde katkısızda %2.30 olan görünür gözeneklilik %5 katkıda %1.41'e düşmüştür.

### 3.1.3 Su emme test sonuçları

Su emme test sonuçları Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6 Su emme test sonuçları (%)

	1000 °C	1100 °C	1200 °C
Katkısız	16,81	9,69	1,13
% 2.5 katkı	17,71	10,51	1,09
% 5 katkı	17,42	11,85	0,44
%7.5 katkı	16,95	3,18	Endi

Çizelge 6'da verilen sonuçlar incelendiğinde; artan sinterleme sıcaklığı ile su emme %'lerinde önemli düşüşler olduğu görülmektedir.

Aynı sıcaklıkta sinterlenen numuneler karşılaştırıldığında ise 1000 °C 'de sinterlenen numunelerde katkı oranı arttıkça su emme %'lerinde çok az bir değişiklik meydana gelmektedir. 1100 °C de sinterlenen numunelerde ise katkısız, % 2,5, % 5 katkılı numunelerin su emme değerlerinde çok önemli bir değişiklik olmaz iken. % 7,5 katkılıda çok hızlı bir düşüş görülmektedir. Katkısız, % 2,5, ve % 5 katkılı numunelerde % 10 'lar civarında olan su emme, % 7,5 katkılıda % 3,18 'e düşmüştür. 1200°C 'de sinterlenen numunelerde katkısızda %1,13 olan su emme % 5 katkılıda % 0,44'e düşmüştür. 1200°C'de sinterlenen %7,5 katkılı numunede erime olmuştur.

### 3.14 Kütle yoğunluğu sonuçları

Kütle yoğunluğu sonuçları Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7 Kütle yoğunluğu sonuçları (gr/cm<sup>3</sup>)

	1000 °C	1100 °C	1200 °C
Katkısız	1,83	2,08	2,15
%2,5 katkılı	1,80	2,03	2,13
% 5 katkılı	1,79	1,97	2,10
%7,5 katkılı	1,81	2,19	Endi

Çizelge 7 incelendiğinde; artan sinterleme sıcaklığı ile kütle yoğunluğu değerlerinde önemli artışlar görülmektedir.

Aynı sıcaklıkta sinterlenen numuneler karşılaştırıldığında ise 1000°C'de sinterlenen numunelerde katkı oranı arttıkça kütle yoğunluğu değerlerinde çok az bir değişiklik olduğu görülmektedir. 1100°C'de sinterlenen numunelerde ise katkısız, % 2,5, % 5 ve % 7,5 katkılı numunelerin kütle yoğunluğu değerleri sırası ile 2,08, 2,03, 1,97 ve 2,19 olarak bulunmuştur. % 7,5 katkılıda önemli bir artış görülmektedir. 1100 °C 'de sinterlenen % 7,5 katkılı numuneler en yüksek kütle yoğunluğu değerlerini vermiştir.

### 3.1.5. Üç nokta eğme dayanımı test sonuçları

Üç nokta eğme dayanımı test sonuçları Çizelge 8'de sunulmuştur.

Çizelge 8 Üç nokta eğme dayanımı test sonuçları (kg/cm<sup>2</sup>)

	1000 °C	1100 °C	1200 °C
Katkısız	112,49	265,63	427,80
%2,5 katkılı	107,97	253,50	403,37
% 5 katkılı	103,97	248,50	390,53
%7,5 katkılı	110,76	296,80	Eridi

Çizelge 8'deki sonuçlar incelendiğinde; artan sinterleme sıcaklığı ile üç nokta eğme dayanımı değerlerinde önemli artışlar olduğu görülmektedir.

Aynı sıcaklıkta sinterlenen numuneler incelendiğinde 1000°C'de sinterlenen numunelerde katkı oranı arttıkça üç nokta eğme dayanımı değerlerinde çok fazla bir değişmediği görülmektedir. 1100°C'de sinterlenen numunelerde ise katkısız, % 2,5, % 5 ve % 7,5 katkılı numunelerin üç nokta eğme dayanımı değerleri sırası ile 265, 253, 248 ve 296 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. % 7,5 katkılıda önemli bir artış olmuştur.

### 3.1.6. Basma dayanımı test sonuçları

Basma dayanımı test sonuçları Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 9 Basma dayanımı sonuçları (kg/cm<sup>2</sup>)

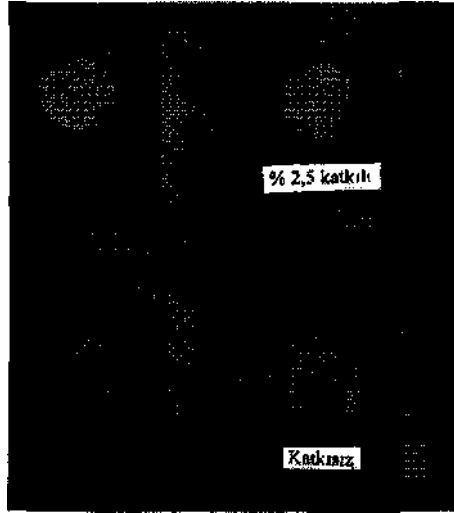
	1000 °C	1100 °C	1200 °C
Katkısız	186,50	393,50	932,50
%2,5 katkılı	182,25	380,25	616,00
% 5 katkılı	171,50	374,75	588,00
%7,5 katkılı	180,50	473,75	Endi

Çizelge 9'a göre artan sinterleme sıcaklığı ile basma dayanımı değerlerinde önemli artışlar olmuştur.

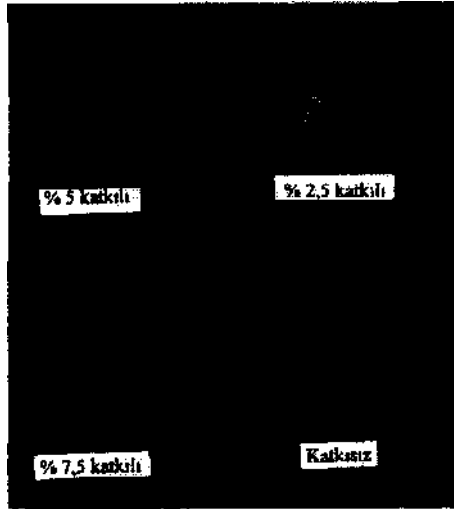
Aynı sıcaklıkta sinterlenen numunelerden 1000 °C grubunda katkı oranı arttıkça basma dayanımında değerlerinde çok az bir değişiklik söz konusudur. 1100°C'de sinterlenen numunelerde ise katkısız, %2,5, %5 ve %7,5 katkılı numunelerin basma dayanımı değerleri sırası ile 393, 380, 375 ve 474kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. % 7,5 katkılıda önemli bir artış olduğu görülmektedir.

### 3.1.7. Numunelerin makroskobik inceleme sonuçları

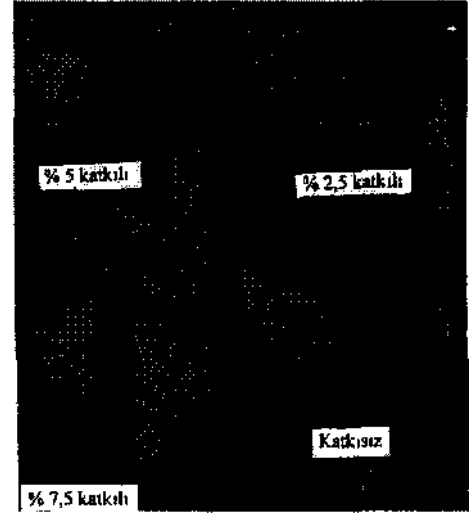
Numunelerin görüntüleri Şekil 1, 2, ve 3 'de sunulmuştur.



Şekil 1. 1000°C'de sinterlenen katkısız, % 2,5 , % 5 ve % 7,5 katkılı numunelerin görüntüleri



Şekil 2. 1100°C'de sinterlenen katkısız, % 2,5 , % 5 ve % 7,5 katkılı numunelerin görüntüleri



Şekil 3. 1200°C'de sinterlenen katkısız, % 2,5 , % 5 ve % 7,5 katkılı numunelerin görüntüleri

Katkı oranı arttıkça numune renklerinde koyulaşma meydana gelmektedir. Bor atığı içerisinde bulunan bileşenlerden dolayı numune renkleri açık griden koyu griye kaymıştır. Katkılı malzemelerin yüzeylerinde beyaz ve sarı renkte lekeler görülmüştür. Katkı oranları arttıkça bu lekelenmeler daha da artmıştır. Sinterleme sıcaklığındaki artışla katkılı numunelerin renkleri daha da koyulaşmış ve 1200°C'de katkılı numunelerin renkleri siyaha kaymıştır.

## 4. SONUÇLAR

- Kırka boraks tesisi atığının XRD analizleri sonucunda atıkta; dolomit, montmorillonit, kalsit, ortoklas, sanidin ve sodyum borat minerallerinin bulunduğu tespit edilmiştir
- Sinterleme sıcaklığı ve katkı miktarı arttıkça pişme küçülmesi %'si de artmış, görünür gözeneklilik ise azalmıştır.
- Sinterleme sıcaklığı artışı ile birlikte su emme değerlerinde özellikle 1200°C'de önemli azalma meydana gelmiş, katkı miktarı artışı ile de

1000°C ve 1100°C'lerde önce artış, sonra azalma olmuştur özellikle 1100°C'deki azalma çok fazladır

- Sinterleme sıcaklığı artışı ile kütle yoğunluğunda artışlar meydana gelmiştir
- Üç nokta eğme ve basma dayanımı değerleri artan sinterleme sıcaklığı ile artmış, artan katkı miktarı ile önce % 5'e kadar olan katkı %'leninde düşüş olmuş, % 7,5 katkıda ise tekrar yükselmiştir
- Katkı oranı arttıkça numune renklerinde koyulaşmalar meydana gelmiş, renk açık griden koyu griye dönmüştür Katkılı numunelerin yüzeylerinde beyaz ve sarı renkte lekeler görülmüştür Katkı oranı arttıkça bu lekelenmeler daha da artmıştır Sinterleme sıcaklığı arttıkça katkılı numunelerin renkleri daha da koyulaşmış ve 1200°C'de katkılı numunelerin renkleri siyaha kaymıştır
- Bu deneyler sonucunda Kırka Boraks atığının yer karosu masşeme katılması durumunda ürün özelliklerinin daha da iyileşeceği anlaşılmıştır

Karasu B Gerede E Taşbaşı Ş , 2002 'Etbor Kırka Borax Konsantre Atıklarının Fintleştirilerek Yer Karosu Sırlarında Değerlendirilmesi ' Bor Sempozyumu Özet Kitapçığı Balıkesir

Karasu B Kaya G and Kozulu R 2002 Characterization of Wall Tile Glazes Containing Etbor Kırka Borax Solid Wastes of Turkey' Proceeding Book of the International Ceramic Congress and Exhibition Australasian Ceramic Society, Perth Australia

Kavas T EmniUahoglu Ö F, (1999) "Seydişehir Kırmızı Çamuru ve Kırka Bor Atıklarının Endüstriyel Hammadde olarak kullanılması" BAKSEM 99 I Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu İzmir

Özkan C EmniUahoglu Ö F\* (Danışman) (1996) "Mermer tozlarının bağlayıcı olarak Kırka Boraks atıkları kullanılarak kaliteli yapı malzemesi üretim imkanlarının araştırılması" Yüksek Lisans Tezi Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Afyon

## KAYNAKLAR

Alaca M, EmniUahoglu Ö F, (Danışman), 2002" Yer Karosu Üretiminde Kalsine Hammadde Kullanımının Araştırılması" Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y Lisans Tezi Afyon

Çiftçi M 1999 'Asitbank Tesislerinde Flotasyon Alığı Şlamın Yer Karosu Bünyesinde Değerlendirilmesi" Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Eskişehir

Ede N, Topçu İB, 1995 "Kırka Boraks Tesis Araklarının Tuğla Malzemesi Olarak Kullanımı" Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Ankara

Karasu B , Kaya G, Yurdakul H, Topkaya A, 2002 "The Efforts on Utilization of Borax Solid Wastes in Wall Tile Bodies" Abstract Book of the 104<sup>th</sup> American Ceramic Society Annual Meeting St Louis USA.

Karasu B , Kaya G, Kozulu R 2002 "Evaluation of Eubank Kırka Borax Solid Wastes of Turkey in Wall Tile Glazes ' Abstract Book of the 104<sup>th</sup> American Ceramic Society Annual Meeting. St Louis USA

Karasu B Kaya G, Yurdakul H., Topkaya A, 2002 "Borax katı atıklarının Duvar Karosu Bünyelerinde Kullanımı ve Mikroyapıya Olan Etkilerinin incelenmesi" Bor Sempozyumu Özet Kitapçığı Balıkesir