

**ÇORUM YÖRESİ DAĞ TOPRAĞININ
TUĞLA KİREMİT ÜRETİMİNE
UYGUN HALE GETİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Ümit KUŞ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

Haziran,2012

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇORUM YÖRESİ DAĞ TOPRAĞININ
TUĞLA KİREMITÜRETİMİNE
UYGUN HALE GETİRİLMESİ

Ümit KUŞ

DANIŞMAN

Yrd.Doç.Dr. Atilla EVCİN

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Haziran, 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Ümit KUŞ tarafından hazırlanan “Çorum Yöresi Dağ Toprağının Tuğla Kiremit Üretimine Uygun Hale Getirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca/...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi ve Mühendisliği **Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : (Unvanı, Adı ve Soyadı)

İkinci Danışmanı : (Unvanı, Adı ve Soyadı) (Varsa Yazılacak)

Başkan	: Ünvanı, Adı ve Soyadı ..Ü.Fakültesi,	İmza
Üye	: Ünvanı, Adı ve Soyadı ..Ü.Fakültesi,	İmza
Üye	: Ünvanı, Adı ve Soyadı ..Ü.Fakültesi,	İmza
Üye	: Ünvanı, Adı ve Soyadı ..Ü.Fakültesi,	İmza
Üye	: Ünvanı, Adı ve Soyadı ..Ü.Fakültesi,	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Enstitü Müdürü
(Ünvanı, Adı ve Soyadı)

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/06/2012

Ümit KUŞ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**ÇORUM YÖRESİ DAĞ TOPRAĞININ TUĞLA KİREMİT ÜRETİMİNE UYGUN
HALE GETİRİLMESİ**

Ümit KUŞ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd.Doç.Dr. Atilla EVCİN

Bu çalışmada Çorum Yöresi dağ toprağının tuğla kiremit üretiminde kullanılması ve bu hammaddelerin üretime uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada bölgenin jeolojik yapısı ve maden kaynakları incelenmiş aynı zamanda kullanılan hammadde özellikleri incelenmiştir. Alınan numuneler ilk testlerin sonrasında azaltılarak 17 adet deney numunesi belirlenmiştir. Belirlenen numuneler öncelikle fiziksel ve kimyasal testlere tabi tutulmuştur. Uygulanan testler neticesinde numunelerin tuğla kiremit hammaddesi olarak uygunluğu kontrol edilmiştir. Saha numunelerinin teknik özelliklerinin belirlenmesinden sonra hammaddeler arasında farklı oranlarda karışımlar hazırlanarak teknik özellikleri incelenmiştir. Genel olarak numunelerde su emme oranlarının yüksekliği ve mukavemet düşüklüğü ve uygun olmayan renkler saptanmıştır. Bu amaçla numunelerdeki dezavantajların iyileştirilmesi amacı ile Seydişehir Kırmızı Çamur katkısı kullanılmıştır. Katkılandırmalar %2, %5, %8 ve %10 oranlarında gerçekleştirilmiştir. Katkılandırma ile hazırlanan numunelerin teknik özellikleri incelendiğinde kırmızı çamur katkısının özellikle %2 ile %5 katkı oranlarında deformasyon, su emme, mukavemet gibi özelliklere olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Saha ve karışım numunelerinde yapılan teknik özellik karşılaştırılmasıyla beraber gerçekleştirilen renk karşılaştırmalarında özellikle saha ve karışım numunelerinde tespit edilen uygun olmayan renklerin uygun hale geldiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak orum Yöresi dağ toprağı teknik özellikleri karışım lar ile arttırılmış tır. Fakat istenilen özelliklere ulaşmayan hammaddelere uygulanan kırmızı çamur katkısı teknik özelliklerde ve özellikle renk oluşumunda büyük katkı sağlamıştır.

2012, xi + 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: orum, Tuğla , Kiremit, Kırmızı amur, Dağ Toprağı

ABSTRACT
M.Sc Thesis

**PREDISPOSITION OF CORUM REGION MOUNTAIN SOIL TO THE TILE AND
BRICK PRODUCTION**

Ümit KUŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Materials Science and Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Atilla EVCİN

This study has been done with the aim of use of Corum region mountain soil in the production of tile and brick and predisposition of these raw materials to production. In the study, geology of the region and mineral sources also the features of raw materials used have been examined. The samples taken have been reduced, and 17 test samples have been defined. First, physical and chemical tests have been done on the defined samples. As a result of the tests, suitability of the samples as tile and brick raw materials has been checked. After the determination of technical features of field samples, by being done mixtures in ratio of percentage technical features have been improved. In general in the samples, they have been identified that the ratio of water absorption is high, and resistance is low, and colours are not suitable. For this purpose, the contribution of Seydisehir Red Mud has been used with the aim of improving the disadvantages in the samples. Additions have been in ratio of 2,5,8 and 10 percent. When the technical features of the samples prepared with additions have been examined, it is determined that red mud contribution has done positive effects on features such as deformation, water absorption and resistance especially in ratio of between 2 and 5 addition percents. In the comparisons of technical features have been done with mixture samples, that have been defined in field and mixture samples have predisposed has been identified.

As a result, the technical features of Corum region mountain soil have been improved with mixtures. But the addition of red mud then has been applied to the raw materials which have not reached to the required features has had great contribution in technical features has had great contribution in technical features has had great contribution in technical feature and colour formation.

2012, xi + 71 pages

Key Words: Corum, Brick, Tile, Red Mud, Mountain Land

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu yüksek lisans çalışması boyunca çalışmalara yön veren ve hiçbir özveriden kaçınmadan destelerini eksik etmeyen hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Atilla EVCİN'e

Bu çalışmasının gerçekleşmesinde maddi manevi desteği esirgemeyen Toprak Sanayicileri Kooperatifi Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Çetin BAŞARANHINCAL'a

Maddi ve manevi desteklerinden dolayı ailem ve eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Ümit KUŞ

AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TUĞLA KİREMİT SEKTÖRÜ	3
2.1 Tuğla ve Kiremidin Tarihçesi	3
2.2 Sektör Büyüklüğü	4
2.2.1 Mevcut Durum.....	4
2.2.2. Kuruluş Sayısı, Mevcut Kapasite ve Kullanımı	5
2.4 Killer	8
2.4.1 Kil Minerallerinin Yapısı.....	9
2.4.2 Kil Minerallerinin Oluşum Ortamları.....	9
2.5 Kiremit Üretim Prosesi	11
2.5.1 Hammadde Hazırlanması	12
2.5.2 Şekillendirme.....	13
2.5.3 Ürünlerinin Kurutulması	13
2.5.4 Kiremit Ürünlerinin Pişirilmesi	16
2.5.4.1 Fırın Tipleri.....	17
2.5.5 Boşaltma	18
2.6 Kırmızı Çamur ve Oluşumu.....	19
2.6.1 Bayer Prosesi	19
2.6.2 Kırmızı Çamurun Oluşum ve Özellikleri	21
2.6.2.1 Kimyasal Bileşimi.....	21
2.6.2.2 Mineralojik Bileşimi	22
2.6.2.3 Boksit Artığının Hacmi.....	23
2.6.3 Kırmızı Çamurun Çevreye Etkileri.....	23
2.6.4 Kırmızı Çamurun Değerlendirilmesi	25
2.6.4.1 Kırmızı Çamurun İnşaat Sektöründe Kullanılması.....	26
2.6.4.2 Kırmızı Çamurun Yol İnşaatında ve Hafif Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılması	27
2.6.4.3 Kırmızı Çamurun Seramik Üretiminde Kullanılması	28

2.6.4.4 Kırmızı Çamurun Kimya Sektöründe Kullanılması	28
2.6.4.5 Kırmızı Çamur İle İlgili Yapılan Diğer Çalışmalar	29
3. MATERYAL ve METOD.....	31
3.1 Deney Programı	31
3.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	31
3.3. Saha Çalışması	33
3.4 Deneyde Kullanılan Malzemeler	34
3.4.1 Saha Çalışması Sonucu Elde Edilen Numuneler	34
3.4.1.1 Numunelerin Mineralojik Analizi	34
3.4.1.2 Numunelerin Kimyasal Analizi	37
3.4.2 Kırmızı Çamur Atığı.....	39
3.5 Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	40
3.5.1 Öğütme	40
3.5.2 Süzme İşlemi	41
3.5.3 Kil açma ve Susuzlandırma	41
3.5.4 Şekillendirme.....	42
3.5.5 Kurutma	42
3.5.6 DeneySEL Pişirimler	43
3.6 Numunelere Uygulanan Testler	43
3.6.1 Nem Tayini	43
3.6.2 Pfefferkorn Plastiklik Testi.....	44
3.6.2.1 Deney İçin Numune Hazırlanması.....	45
3.6.2.2 Deneyin Yapılışı	45
3.6.3 Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi	46
3.6.4 Su Emme	47
3.6.5 Eğme Mukavemeti.....	47
3.6.6 Tane Boyut Dağılımı	48
3.6.7 X – Işınları Kırınımı (XRD-XRF)	49
3.6.8 Deformasyon	50
3.6.9 Dona Dayanım.....	50
3.6.10 Ateş Zayılatı	51
3.6.11 Pişme Rengi.....	51
3.6.12 Dökme Yoğunluğu	51
4. BULGULAR	53
4.1. Hammadde	53
4.1.1 Fiziksel Testler	53

4.1.2 Tane Boyut Dağılımı	55
4.1.3. Numunelerin Pişirme Örnekleri.....	55
4.2 Karışımlar	57
4.2.1 Fiziksel Test Sonuçları	57
4.2.2 Karışım Numunelerinin Pişme Renkleri.....	59
4.3. Kırmızı Çamur Katkılı Numuneler	61
4.3.1 Fiziksel Test Sonuçları	61
4.3.2 Kırmızı Çamur Katkılı Pişmiş Numuneler	62
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	65
6. KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Dünya harikası Babil’de, Zafer Yolu’nun tuğla duvarlarından bir ayrıntı(Yarar 2006).	3
Şekil 2.2 Babil Kulesi, M.Ö. 4 y.y. (Yarar 2006).	4
Şekil 2.3 Kıl minerallerinin oluşumu ve değişimi (Uğur 2005).	10
Şekil 2.4 Kiremit-tuğla üretimi akım şeması.....	11
Şekil 2.5 Bayer prosesi şematik gösterimi.....	21
Şekil 3.1 Deneysel Çalışma Akım Şeması.....	32
Şekil 3.2 Saha çalışması yapılan 1/100000 ölçekli gösterimi 50 km yarıçaplı alan.....	34
Şekil 3.3 Kıl Numuneleri XRD Mineralojik analizi	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1 Türkiye Tuğla-Kiremit Fabrikalarının Bölgeler Sayısı ve Yerleri (Tukder 2009).....	5
Çizelge 2.2 Kapasite Kullanım Oranları -KKO- (%) (Tukder 2010).....	6
Çizelge 2.3 Kırmızı çamurun kimyasal bileşimi bileşikler Miktar (%) (Kuru bazda) (Aksu 2001).....	22
Çizelge 3.1 Kil Hammaddeleri Mineralojik analiz	37
Çizelge 3.2 Kil numuneleri kimyasal analizleri.....	38
Çizelge 3.3 Kırmızı çamur atığının kimyasal analizi (Kavas, 1997).....	39
Çizelge 3.4 Kırmızı çamur atığının sıcaklık – ağırlık kaybı değerleri (Kavas, 1997).....	40
Çizelge 4.1 Tuğla-Kiremit killeri fiziksel test sonuçları.....	54
Çizelge 4.2 Tuğla-Kiremit killeri tane boyut dağılımları	55
Çizelge 4.3 Karışım numuneleri fiziksel test sonuçları.....	58
Çizelge 4.4 Kırmızı çamur katkılı numuneler fiziksel test sonuçları.....	61

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Resim 2.1 Hammadde hazırlama ünitesi	12
Resim 2.2 Şekillendirme ünitesi	13
Resim 2.3 Kuruluk	16
Resim 2.4 Hoffman fırın görünümü	17
Resim 2.5 Hoffman fırından pişmiş ürünlerin çıkartılması	18
Resim 3.1 Bilyeli değirmen	41
Resim 3.2 Kıl açma aparatı	41
Resim 3.3 Şekillendirmede kullanılan metal kalıp	42
Resim 3.4 Şekillendirmede kullanılan alçı kalıp	42
Resim 3.5 Kurutma kabini	43
Resim 3.6 Kül Fırını	43
Resim 3.7 Pfefferkorn aleti	44
Resim 3.8 Etüv	46
Resim 3.9 Su emme tankı	47
Resim 3.10 Eğilme mukavemeti cihazı	48
Resim 3.11 Elek takımı	49
Resim 3.12 XRF cihazı	49
Resim 3.13 XRD cihazı	49
Resim 3.14 Deformasyon ölçüm cihazı	50
Resim 3.15 Donma –Çözünme işleminde kullanılan dondurucu	51
Resim 3.16 Dökme yoğunluğu aparatı	52
Resim 4.1 Tuğla-Kiremit killeri pişmiş numune görünüşleri	56
Resim 4.2 Karışım numuneleri pişirimi sonrası görünümü	60
Resim 4.3 Kırmızı çamur katkılı numunelerin pişme sonrası görünümü	62

1. GİRİŞ

Kil esaslı hammaddelerin kullanılmasıyla elde edilen ürünlerin, insanlık tarihinde medeni yaşamın oluşturulması ile birlikte ortaya çıktığı bilinmektedir. İnsanlığın ilk icatlarından sayılabilecek bu ürünler günümüze kadar gerek üretimleri, gerekse kullanımları açısından birçok evrimler geçirmiştir. Kil esaslı hammaddelerin şekillendirilip pişirilmesi ile elde edilen kiremit ve tuğlalar insanların barındıkları ve güvenliklerini sağladıkları yapıları oluşturmalarında en önemli yeri almışlardır. Tuğla-kiremit malzemelerin yapılara kazandırdığı doğallık ve estetik görünüm, bu malzemelerin yapı sektöründe özellikle tercih edilen malzemeler olmalarını sağlamaktadır (Yarar 2006).

Tuğla-kiremit ürünlerin temel hammaddesi olan killeri genellikle doğada saf halde bulunmamaktadır. Kiremit üretimine olan uygunlukları mineralojik karakterlerine ve içerdikleri safsızlıkların cinsine ve miktarına büyük ölçüde bağlıdır. Aynı zamanda killerin kuru küçülme, pişme küçülmesi, su emme ve eğme mukavemeti gibi fiziksel özelliklerinin ölçülmesi de tuğla-kiremit üretimi esnasındaki süreçlerin kontrolü için önemli bir husustur. Hammadde seçiminin doğru yapılması istenen özelliklere sahip bir nihai ürünün elde edilmesi için gereklidir.

Türkiye'deki tuğla-kiremit endüstrisine bakıldığında, birkaç büyük firma haricinde modern üretim teknolojisinin gerisinde kaldığı görülmektedir. Teknolojinin gerisinde kalan yerlerin kalitesiz kiremit üretimi, hammadde sarfiyatı ve üretim kapasitesinin azlığı gibi sorunlar yasadığı bilinmektedir. Kiremit sektöründe teknolojinin arkasında kalmamak ve Avrupa ülkelerindeki kiremit üreticilerinin kalitesini ve çeşitliliğini yakalayabilmek için araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması şarttır. Kiremit üretimindeki hataların azaltılması ve çözümlerinin kısa zamanda bulunabilmesi için killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Böylece üretim esnasındaki süreçlerde müdahaleler daha kolay olacaktır. Kiremitlerin en önemli fiziksel özellikleri sayılabilecek su emme ve eğme mukavemetleri, kiremidin kullanımı sırasında karsımıza çıkmaktadır. Çatıda suyu geçirmemesi ve üzerine yüklenen ağırlıklara dayanabilmesi için bu iki özelliğin istenen standartlarda olması gerekmektedir (Yarar 2006).

Bu amaçlarla yapılan birçok çalışmada kiremit-tuğla hammaddelerine bölgesel bazda Seydişehir Kırmızı amur Katkıları, tuğla kırıkları, çiçeklenmeyi önleyici katkılar ve fiziksel özellikleri iyileştirilecek katkılar kullanılarak kalitenin arttırılması ve standartların yakalanması amaçlanmıştır. Özellikle Etibank Kırka Boraks Tesisi bor türevleri ve konsantratör atıklarının, Seydişehir Alüminyum tesisi atığı olan kırmızı çamur katkılarının kullanımı ile kaliteli yapı tuğlası imali konulu çalışma bu konuda yapılan en önemli çalışmalardan biri olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışmaların neticesinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir ve konu ile ilgili araştırmaların detaylandırılarak çeşitlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada orum yöresine ait tuğla kiremit kili hammaddeleri açısından bir araştırma yapılarak özellikle dağ topraklarının kullanımı araştırılmıştır. Arazi alışmaları neticesinde toplanan numuneler tek başlarına ve karışım olarak değerlendirmeye alınacak aynı zamanda özellikle fiziksel özellikleri ve renk hususlarındaki eksiklikleri Seydişehir Kırmızı amur katkısı ile azaltılmaya çalışılmıştır.

2. TUĞLA KİREMİT SEKTÖRÜ

2.1 Tuğla ve Kiremitin Tarihçesi

Tuğla dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemesidir. Kil ile suyun buluşması ve ateş ile beraberliği tuğlanın doğusunu oluşturmuştur. Çok eski çağlarda her bina önce bir tuğla üretim tesisi olmuş, üretilen tuğlalar daha sonra bu binanın yapımında kullanılmıştır. Su halde ilk üretim tesisi, tuğladan yapılan ilk evdir (Yarar 2006).



Şekil 2.1 Dünya harikası Babil’de, Zafer Yolu’nun tuğla duvarlarından bir ayrıntı(Yarar 2006).

Alman Arkeolog Robert Koldwey tarafından Babil şehrinde yapılan kazı ve araştırmalarda halen modern binalarda günümüzde de kullanılan tuğlalara benzer düzgün şekilli, keskin kenarlı, çok teknik, imal edilmiş tuğlalar bulunmuştur. Bu nedenle dünyanın 7 harikasından biri olan bu tarihi yapı, pismiş tuğlanın sistemli ve düzenli ilk kullanıldığı bina olarak kabul edilir. Bu yapı tuğla endüstrisi için bir simgedir çünkü yüksek kapasiteli ilk üretim tesisidir (Yarar 2006).



Şekil 2.2 Babil Kulesi, M.Ö. 4 y.y. (Yarar 2006).

Yapılan araştırmalar ilk kullanılan kiremitlerin 2-3 cm kalınlığında, 50 cm eninde ve 80-100 cm boyunda olduğunu göstermiştir. Kiremiti daha sonra Yunanlılar geliştirmiş, onlardan da Romalılar devralmıştır. Batı Avrupa’da Romalılar Yunan kiremit formlarını mümkün olduğunca geliştirdiler. Özellikle yuvarlak kiremitte neredeyse bugünkü üretim kalitesine yaklaştıklarını söyleyebiliriz (Yarar 2006).

2.2 Sektör Büyüklüğü

2.2.1 Mevcut Durum

Türkiye’de tuğla ve kiremit sanayisi; üretim yapısı itibariyle ülkenin dört bir yanına dağılmış, çok sayıda üretim birimi olan bir sanayi dalıdır. Üretim hammaddelerinin kolaylıkla temin edildiği bölgelerde küçük yoğunlaşmalar gösteren sektörde 417 adet tuğla ve kiremit fabrikası vardır. Fabrika sayısının bu kadar fazla ve geniş bir coğrafyaya dağılmış olması ulaşılan verilerin sağlıklı olmasını engellemektedir. Türkiye’deki toprak sanayicilerini ortak çıkarlar çerçevesinde bir araya getirmeyi hedefleyerek kurulan Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği (TUKDER), üyeleri vasıtasıyla bir inceleme yapılmış ve sektörün 2002 yılından itibaren her yıl sektörün çalışma profili çıkarılmıştır. Elde edilen verilere bakıldığında; gerek bir önceki özel ihtisas komisyonu raporundaki verilere göre, gerekse devletin ilgili kurumlarındaki

verilere göre, TUKDER tarafından çıkarılan profilin realiteye daha yakın ve daha sağlıklı olduğu düşünülmektedir (Tukder 2009).

2.2.2 Kuruluş Sayısı, Mevcut Kapasite ve Kullanımı

Türkiye’deki tuğla ve kiremit fabrikalarının bölgesel olarak dağılımını ve sayılarını gösteren tablo, aşağıda verilmiştir. Tablodan da anlaşılabacağı gibi Türkiye geneline dağılımı yanında bölgeler içinde yoğunlaşmalar mevcuttur. Bu yoğunlaşmalar o kentleri “Tuğla ve Kiremit Üretim Bölgeleri” haline getirmiştir. Tekirdağ, Turgutlu, Salihli, Burdur, Afyon, Çorum, Boyabat, Erbaa, Yozgat, Osmancık, Avanos gibi il ve ilçelerimiz Türkiye’deki önemli ana üretim bölgeleridir. Dolayısıyla bu kentlerin gelişimi, tuğla-kiremit sektörüne bağlıdır. Türkiye’de Tuğla ve kiremit ana ürünleri bazında çalışan 417 adet tuğla ve kiremit tesisi vardır. Bu tesislerden 49 tanesi kiremit (8 tanesi hem tuğla hem kiremit) geri kalan 368 adet tesiste muhtelif standartta tuğla üretilmektedir (Tukder 2009).

Çizelge 2.1 Türkiye Tuğla-Kiremit Fabrikalarının Bölgeler Sayısı ve Yerleri (Tukder 2009)

Marmara Bölgesi		İç Anadolu Bölgesi		Doğu ve G.Doğu Anadolu	
İstanbul			1		
Tekirdağ	14	Afyon	22	Mardin	2
Edirne	3	Ankara	13	Batman	6
İzmit	7	Polatlı	5	Urfa	1
Çanakkale	2	Çorum	35*	Diyarbakır	11
Balıkesir	2	Osmancık	12*	Bingöl	1
Karadeniz Bölgesi		Eskişehir	6	Erbaa	18
Düzce	1	Kütahya	7	Turhal	8
Kavak	5	Konya	13	Erzincan	2
Trabzon	1	Aksaray	2	Elazığ	5
Boyabat	25	Yozgat	14	K.Maraş	3
Bartın	3	Avanos	8	Malatya	2
Tosya	9	Amasya	6	Tunceli	1
Çankırı	2	Bilecik	2	Iğdır	1
Akdeniz Bölgesi		Ege Bölgesi		Erzurum	1
Antakya	4	İzmir	8	Adıyaman	1
Adana	5	Turgutlu	50	Ağrı	1
Mersin	4	Salihli	31	Sivas	3
Antalya	3	Akhisar	1	G.Antep/İslahiye	2
Burdur	7	Aydın	6		
Ortaklar	6				
Denizli	1				
Uşak/Banaz	2				
Muğla	3				

1980’li yılların ikinci yarısında Türkiye’de bağlayan konut seferberliği ile birlikte tuğla kiremit sanayine verilen teşviklerle sektördeki mevcut kapasite 1987 yılında sonra %50 civarlarında artmıştır. Sonraki yıllarda daha yavaş bir seyir takip eden kapasite artışı

bugünkü seviyeye ulaşmıştır. Tuğla ve kiremit sektörü üretimini günün koşullarına göre ayarlayabilmektedir. Talebin artmasına paralel olarak bu sektörde fırın, toprak hazırlama, kalıplama ve kurutma için gerekli yatırımlar 8–9 ayda tamamlanabilmektedir. Ekonomik kriz dönemlerinde ise üretimi azaltabilmekte hatta geçici olarak durdurulabilmektedir (Tukder 2009).

Çizelge 2.2 Kapasite Kullanım Oranları -KKO- (%) (Tukder 2010)

Kapasite Kullanım Oranları (%)									
		Yıllar							
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	Tuğla	75	80	80	80	75	80	85	80
2	Kiremit	85	90	90	90	80	85	90	85

Yukarıdaki Çizelge 2.2 de verilerinden, ekonomik kriz dönemlerinde fabrikaların üretimlerini durduklarını veya kapasitelerini düşürdükleri görülmektedir.

Türkiye’de sanayi faaliyetleri belli alanlarda; İstanbul-Adapazarı arası, Mersin-Adana çevresi, Ankara, İzmir çevresi gibi büyük şehirler ve çevresinde toplanmıştır. Yani sanayi faaliyetleri genellikle ülkenin batı kesiminde ve büyük şehirler çevresindedir. Bunun dışında doğuda ve iç kesimlerde ise sanayi faaliyetleri azdır. Söz konusu illerde sanayi faaliyetleri ya hiç yoktur, ya da çok basit sanayi faaliyetleri şeklindedir. Ancak son yıllarda bu durum giderek değişmektedir. Nitekim yukarıda belirtilen sanayi yöreleri dışında da bazı illerde sanayi gelişmeye başlamıştır. Denizli, Gaziantep, Malatya, Konya ve Çorum bu illere en güzel örnekleri teşkil eder (Tukder 2007).

2.3 Çorum İlinde Tuğla ve Kiremit Sanayii

Çorum, Anadolu’nun sanayi merkezlerinden bir olma yolunda hızlı bir şekilde gelişmektedir. Çorum’da sanayileşme çabaları 1970-1980 yılları arasında kurulan tuğla ve kiremit fabrikaları ile gelişmeye başlamış ve un fabrikalarının yapılmasıyla devam etmiştir. Daha sonra bu iki sektörün ihtiyaçlarını karşılamak üzere makine imalatı ve döküm sanayi dalları gelişmiş, tuğla ve kiremit, un ve yem fabrikalarının makinelerini imal eden tesisler kurulmuştur (Şahin 2001).

Ancak Çorum'da tuğla ve kiremit sanayi hakkında bilgi vermeden önce Çorum'daki sanayi faaliyetlerinin tarihi gelişimi hakkında kısaca bilgi vermek gerekir. Cumhuriyetin ilan edildiği yıllardan itibaren Çorum'da deri işletmeciliği, ayakkabı imalatı, kendir ipi, tiftik keçisi kılından ve kenevirden yapılan çuval, kilim dokuması, at arabası imalatı, leblebi, çömlek, testi, bulgur gibi birçoğu küçük el sanatı şeklinde evlerde veya küçük işletmeler şeklinde atölyelerde yapılan faaliyetlerle belirtilebilir (Şahin 2001).

1950'lerden itibaren Çorum'dan geçerek Karadeniz Bölgesini Ankara'ya ve Türkiye'nin diğer kesimlerine bağlayan kara yolunun inşa edilmesiyle Çorum bölgeler arasındaki geçiş alanlarından birisi olmuştur.

Çorum'da 1955'de hiç tuğla ve kiremit fabrikası bulunmamasına karşın günümüzde kırkın üzerinde fabrika bulunmasının en önemli sebebi; ildeki bu yıllardan sonra meydana gelen şehirleşme ve sanayi faaliyetlerinin 1970'den sonra gelişmeye başlamış olmasıdır. 1997'den sonraki inşaat sektöründeki durgunluk doğrudan bu sektöre yansımış bazı tesisler kapanmak zorunda kalmıştır. Nitekim Çorum'da ilk olarak 1980'li yıllarda açılmaya başlanan tuğla ve kiremit fabrikalarının sayısı yıldan yıla önemli değişiklik göstermektedir. 1999 depreminin Çorum'da tuğla ve kiremit üretimine önemli bir etkisi olmamıştır. Çünkü deprem bölgesine daha yakın fabrikalardan tuğla ve kiremit temin etmek daha ekonomik olmaktadır. Ancak deprem sonrası bölgeye bir miktar tuğla ve kiremit pazarlanmıştır. Bazı fabrikalarda teknoloji eskidir. Maliyeti artıracak endişesiyle yenilenmemektedir. Ancak kaliteli tuğla ve kiremit üretimi için gelişen teknolojiye ayak uydurmak gerekir (Şahin 2001).

2.3.1 Çorum'da Tuğla ve Kiremit Sanayisinin Gelişmesinde Etkili Olan Faktörler

Tuğla ve kiremit imalatı başlıca şu aşamalarda gerçekleşmektedir: Tuğla kilden imal edilir. Kil çamur haline getirilip bir dizi işlemten geçirilir. Öncelikle ham maddenin hazırlanması gerekir. Daha sonra bu ham madde preslenerek şekillendirme işlemine tabi tutulur. Şekillendirilen tuğla ve kiremitler kurumaya bırakılır. Kurumadan sonra tuğla ve kiremitler fırınlarda pişirilir. Bu işlemten sonra fırından direk olarak satışa sunulabildiği gibi bazen de stoklanır. Bir yerde sanayi faaliyetlerinin gelişebilmesi için

bazı şartlar gereklidir. Bunlar: ham madde, enerji, sermaye, işgücü, ulaşım, pazarlama şeklinde belirtilebilir (Şahin 2001).

2.4 Killer

Kil, sedimanter kayaçların ya da toprakların mekanik çözünmelerinde bir tane boyutu terimi olarak kullanılır. Bir kayaç terimi olarak kilin tam anlamı ile tanımlanması güçtür, çünkü kil olarak bilinen malzemelerin oldukça geniş bir kapsamı vardır. Genel anlamda kil terimi, sınırlı bir nicelikte su ile karıştırıldığında plastik özellik kazanan, ince taneli, doğal malzeme için kullanılır (Yarar 2006).

Kimyasal çözümlemelerde, killerin esas olarak silika, alümina ve sudan oluştuğu, sık sık da önemli niceliklerde demir, toprak alkaliler ve alkaliler içerebildiği görülmektedir. Kil teriminin kökensel bir anlamı yoktur. Bu terim, bozunma ürünü, sedimanter oluşumlu hidrotermal etkinliklerle oluşan malzeme için kullanılır. Jeolojide yaygın bir biçimde kullanılan Ventworth ölçeğinden de, killer dört mikrondan küçük, taneli, doğal malzeme olarak belirtilmiştir. Birçok araştırmada görülmüştür ki kil olarak bilinen doğal malzemenin büyük bir çoğunluğu iki mikronun altında tane büyüklüğüne sahiptir. Büyük kil minerali parçaları olarak bilinen maddeler bile (ki bunlar topraklaşmış killerdir) suda dağıtıldığında ayrılan tanelerin yine iki mikronun altında olduğu görülmüştür. Bugün tane boyu olarak iki mikron değerinin, killer ile kil olmayan malzemeleri birbirinden ayırmada oldukça doğru bir görece olduğu söz konusudur (Yarar 2006).

Killerin özelliklerini belirleyen başlıca etkenler şu şekilde sıralanırlar:

1. Kil minerali kompozisyonu,
2. Kil olmayan mineral kompozisyonu,
3. Organik madde içeriği,
4. Değiştirilebilir iyon ve çözünebilir tuz içeriği,
5. Yapı ve doku

2.4.1 Kil Minerallerinin Yapısı

Kil minerallerinin büyük bir çoğunluğunun kristal kafesleri iki yapısal birimden oluşur. Bu birimlerden birincisi, birbirine yakın sıralanmış iki oksijen ya da hidroksil tabakasından oluşan ve bu iki tabakanın arasında oktahedral koordinasyonlu bir alüminyum, demir ya da magnezyum içeren yapıdır. Tek bir oktahedral birimde altı oksijen ya da hidroksil bulunmaktadır. Yapıda alüminyum bulunduğunda, olası boşlukların yalnızca üçte ikisi doldurulabilmekte, böylece jibsit $Al_2(OH)_6$ yapısı oluşmaktadır. Magnezyum varlığında ise yapıdaki pozisyonların tümü dengelenmektedir ve daha sağlam olan brüst $Mg_3(OH)_6$ yapısı oluşmaktadır.

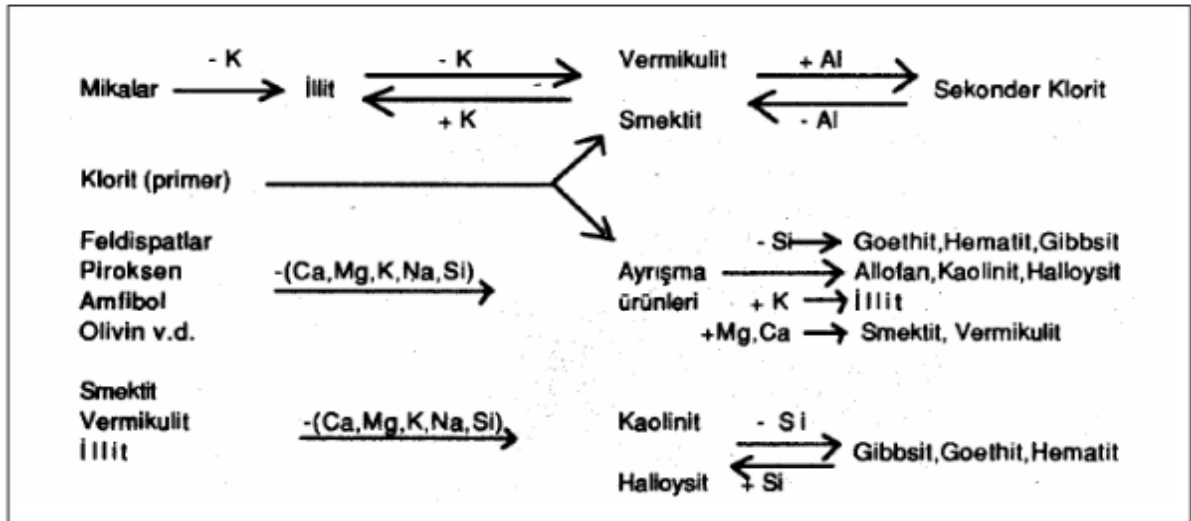
İkinci birim yapı, silika tetrahedralarıdır. Silisyum atomu, köşelerdeki dört oksijenden (veya yapının dengelenmesi için gerek varsa hidroksilden) eşit uzaklıkta ve tetrahedrin ortasında yer alır. Silika tetrahedraları, hegzagonal bir kristal kafes oluşturacak şekilde dizilirler. Tekrarlanan tabakaların bileşimi $Si_4O_6(OH)_4$ şeklindedir. Bu hegzagonalı oluşturan tetrahedraların tabakaları aynı düzlem üzerindedir. Böylece en altta bir oksijen katmanı, onun üzerinde bir silisyum katmanı, onun üzerinde de her bir silisyumun tam üzerinde bir hidroksil yer almak üzere bir hidroksil katmanı oluşmaktadır. Ancak, bu tetrahedral birim yapının, kil minerallerinde bazı bozunumlar gösterdiği de kanıtlanmıştır. Ayrıca, kil minerallerinden amfibol yapısına benzer tipte olanlarında, bu silika tetrahedralarının çift zincir sistemi oluşturması da söz konusu olabilmektedir (Kiper 1977).

2.4.2 Kil Minerallerinin Oluşum Ortamları

Metamorfik kayaların oluşum süreçleri ve kil tabanlı seramiklerin pişme süreçleri arasındaki yakın benzerlik birçok yazar tarafından işaret edilmiştir. Kil tabanlı seramikleri endüstriyel metamorfizma sonucu oluşan yapay taşlar olarak kabul edebiliriz. Bu şekilde oluşan bünyeler ile metamorfik kayaların mineralojilerinin saptanması benzerlik göstermektedir. Pişmiş bünye mineralojisini ham maddelerin kimyasal bileşimlerinden çok mineralojik bileşimleri kontrol etmektedir. Killi kayaların kontak metamorfizması ile oluşan mineraller ile yan yana gelişmektedir. Bu

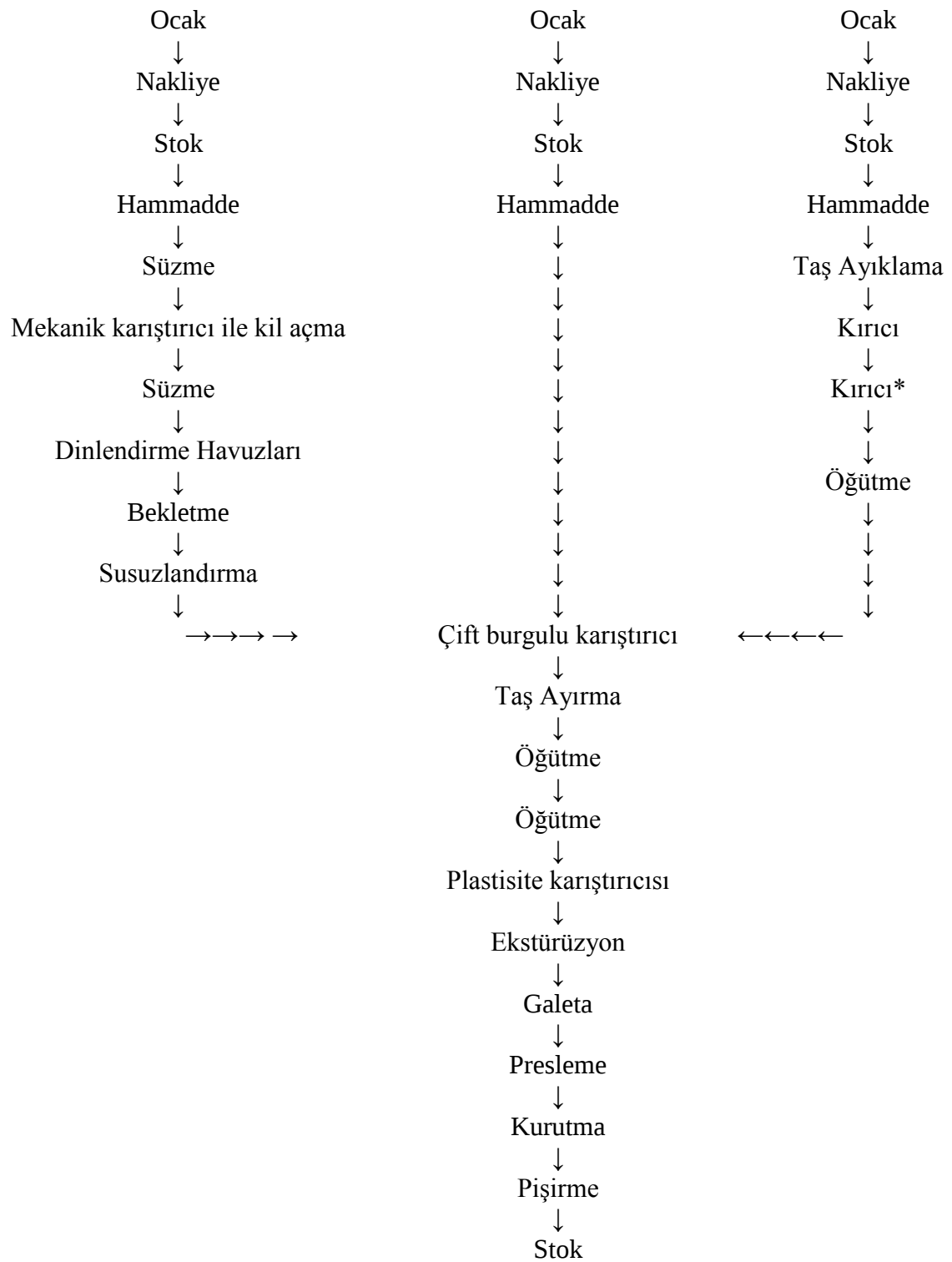
yeni minerallerin oluşumu pişme sıcaklığı kadar killere karışım halinde bulunan diğer minerallerin oluşturdukları bünye içindeki “microsite”lere bağlıdır (Biçerer 2008).

Kil mineralleri alüminyum silikatlarının değişimi sonucu, ayrışma ve düşük ısı ile oluşmuşlardır. Normal ısıda asit çözeltilerinin kaolinit, bazik çözeltilerinde montmorillonitin oluşumunu sağlar. Killerin büyük bir kısmı kendilerinden önce oluşan tortuların ürünleridirler ve genellikle kendi bulundukları yerde oluşmamışlardır. K^+ ’un illitin oluşması için gerekli olduğu fikri, uzun zamandan beridir potasyum gübresi kullanılan topraklarda illitin oluşması ile destek bulmuştur. Ayrıca bu montmorillonitin kısmen illite dönüşebileceği de KCl ve KOH içeren çözeltilerinin kaynatılmaları ile kanıtlanmıştır. İllit aynı zamanda çöllerdeki alkali topraklarının K^+ içeren sokulum kayalarında oluşan toprakların ana mineralidir (Akyol *et al.* 1985).



Şekil 2.3 Kil minerallerinin oluşumu ve değişimi (Uğur 2005)

2.5 Kiremit Üretim Prosesi



Şekil 2.4 Kiremit-tuğla üretimi akım şeması

2.5.1 Hammadde Hazırlanması

Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan killeri, doğada genellikle rutubetli ve plastik bir kıvamda, bazen kuru ve toz haline getirilebilir bir şekilde, bazen de kaya menseli olarak bulunur ve çıkarılır. Dolayısıyla doğadan elde edilen ve üretim tesislerine getirilen kil, gerek boyut olarak gerekse bileşim olarak uygun özelliklere sahip olması için bir dizi ön hazırlıktan geçmesi gerekir.

Hammaddenin islenebilirlik özelliği kazanabilmesi için önce öğütme işlemi yapılmaktadır. Hammaddenin homojen bir malzeme olması plastiklik ve kohezyon özelliklerinin gerçekleşebilmesi için iyice ufalanması ve ince partiküller haline alması gerekmektedir. Bu amaçla çeşitli makinelerle içindeki iri taşlar, çöpler ayıklanmakta (tas ayırıcı, vals ve kollergang vb.) ve istenilen tane çapına kadar öğütülmektedir.

Kiremit fabrikasına ait hammadde hazırlama ünitesinin görünüşü Ayrıca homojen bir kil hamuru elde etmek için kilin yeterli miktarda su ile birlikte ezilmesi ve karıştırılması gerekmektedir. Kile azar azar su ilave edildiğinde plastikliği bir miktar artmaktadır. Su ilavesi öğütme öncesi yapılabildiği gibi, öğütme sonrasında da yapılmaktadır. Dinlendirme, hammadde hazırlama aşamasının en önemlisidir. Gerçekleştirilen süzme işlemi ile killerde kaba taş kum ve organiklerden uzaklaştırma kısmi zenginleştirme gerçekleştirilir. Killerin tiksotropik özellikleri dolayısıyla yoğrulmuş çamur dinlenme esnasında direnç kazanmaktadır.



Resim 2.1 Hammadde hazırlama ünitesi

2.5.2 Şekillendirme

Hammadde hazırlama aşamasından sonra şekillendirmeye uygun bir nitelik kazanan hamur, değişik yöntemler kullanılarak şekillendirmekte ve değişik biçim ve boyutlarda yarı mamul kiremit elde edilmektedir. Ekstrüdenen galet olarak çıkan plastik kıvamdaki çamurun Şekillendirmede genellikle presleme yöntemi kullanılmaktadır. Ekstrüderden galet olarak hazırlanan hammaddeler çeşitli tip ve büyüklükteki presler ile kiremit şeklini almaktadır.



Resim 2.2 Şekillendirme ünitesi

2.5.3 Ürünlerinin Kurutulması

Kurutma işleminde doğal kurutma ve suni kurutma olarak iki yöntem kullanılmaktadır; doğal kurutma; ülkemizde çok yoğun olarak kullanılan ve atmosferdeki ısı enerjisinden faydalanma prensibine dayanan bir sistemdir. Ekstrüderden yas olarak çıkan mamüller genellikle kurutma sehpalarna belli bir düzenle dizilmekte, bu sehpalara geniş kapalı alanlara (saya) ya da açık alanlara koyularak kurumaya terk edilmektedirler. Bu kurutma yöntemi kurutma işleminde ek bir enerji gerektirmediği için ekonomik görülmektedir. Fakat kurutma işlemi için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, kurutmanın çok ağır ve uzun sürede yapılması, kontrolün yeterli olamaması, kurutmanın hava şartlarına (ısı, rutubet, rüzgar vb.) bağlı olması, işçiliğin fazla olması sakıncalarını oluşturmaktadır (Yarar 2006).

Suni kurutmada ise şekillendirilen kiremitler kurutulmak üzere latalara dizilerek yas arabalara doldurulur ve tünel kurutma içerisine gönderilir. Killerin kurutulduktan sonra küçülme göstermelerinin nedeni, şekillendirme suyunun kilden uzaklaşmasıdır. Kil taneciklerinin arasında yer alan su, kilden uzaklaştıkça tanecikler birbirine yaklaşır ve küçülme ortaya çıkar. Killer ne kadar çok su ile şekillendirilirse kuru küçülmeleri o kadar fazla olacaktır. Genelde killerin küçülmelerini etkileyen en önemli özellik, kilin özlülük derecesidir. Özlü killer, özsüz killere göre daha çok küçülürler. Şekillendirilen kiremitlerin kurutmaya girmeden önceki latalardaki görünüşü (Nibra- Dach Keramik) Kurutulan bir kil, şekillendirme suyu tamamen uzaklaşınca kadar küçülür. Bu kuru küçülmeyi izleyen aşamada, kil pişirildiğinde de küçülme devam eder. Pişirim esnasında meydana gelen küçülmenin nedeni olarak; yapısındaki organik malzemelerin yanması, gazların uzaklaşması, kristal suyunun uzaklaşması ve farklı mineralojik ve kimyasal karakterdeki fazların oluşması verilebilir.

Tünel kurutmanın Kurutma, üretim esnasında seramik hammadde ve şekillendirme için önemli bir kademedir. Bu kademede ürün içerisinden enerjinin taşınmasını gerektirir. Bünyenin içerdiği fiziksel olarak bağlı su, porların içinden buharlaşma ile yüzeye taşınır. Bir kurutma sisteminde, ürün yüzeyinden ısı enerjisi verilmeli ve buhar taşınma ile uzaklaştırılmalıdır. Kil esaslı bünyenin kurutulması bünyenin şekillendirilebilmesi amacıyla katılan suyun değişik yöntemlerle uzaklaştırılması veya sıvı maddenin katı maddeden ayrılması olarak tanımlanabilir. Mekanik kuvvetler örneğin, filtrasyon ve merkezkaç hareketi gibi veya bir ısı uygulaması sonucu sıvının su buharına dönüştürülerek katı maddeden uzaklaştırılmasıyla gerçekleştirilir.

Kil tipine bağlı olarak, kurutmada uzaklaştırılacak su miktarı kütlece % 10-40 civarındadır. Seramik hammaddelerin ve yas ürününün kurutulmasında, kil tipine ve fırın operasyonunun geometrisine ve moduna bağlı olarak bünyede kalması, gereken rutubet miktarının % 0,5-6 arasındaki değerlerde olması beklenir (Konig 1998).

Konveksiyon kurutma esnasında ardışık olarak izlenen basamaklar aşağıda verilmektedir:

- Havadan yas ürüne ısı transferi
- Suyun sıvı halden buhar haline dönüşümü

- Su buharının ürünün yüzeyinden uzaklaştırılması
- Katı malzeme içerisindeki sıvının buharlaşma yüzeyine transferi

Bu kademelerin gerçekleşmesinde ürün yüzeyini terk eden su, suyun yüzeye transfer yolu ve kilde suyun tutulma şekli önemli rol oynamaktadır. Kurutma işleminde kurutma havasının besleme hızı ve yönü, sıcaklığı ve içerdiği nem miktarı da kontrol edilmesi gereken parametrelerdir.

Kurutma işlemi esnasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan biri de, uygun kurutma yapılmadığı durumlarda pişirmeye kadar görülmeyecek gerilmelerin ortaya çıkabilmesidir. Bazı pişirim çatlaklarının kurutma çatlakları olduğu ve pişirmeye kadar görülmeyeceğini unutmamak gerekir. Eğer başlangıç bölgesinde yüksek nem kullanılırsa sıcaklık kademeli olarak artırılabilir. Sıcaklığın artırılması, su damlasının yüzey gerilimini artırır. Suyun malzeme içinde küçük boşluklarda kolaylıkla hareket etmesini sağlamak için yüzey gerilimini düşürmek gerekir. Başlangıçta çok kuru hava ve çok hızlı kurutma şartlarından kaçınılmalıdır (Konig 1998).

Kurutma sürecine etki eden diğer faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tane boyut şekli ve dağılımı
- Bünyeyi oluşturan hammaddelerin mineralojisi
- Bünyede çözünen tuzların olup olmadığı
- Ortamın nem miktarı
- Ortamdaki hava sıcaklığı
- Kurutulacak ürünün boyut, Şekil ve içerdiği su miktarı arasındaki uyu

Kurutma işlemi sonunda kildeki şekillendirme suyu buharlaştığı için kil katılaşır ve çeker. Kurutma havası, kurutulacak ürünün yüzeylerine aynı miktarda etki yapmadığı takdirde kurutulacak ürünün her tarafı eşit olmayan bir şekilde kurur. Böylece önce kuruyan kısımlar çekmelerini aldıkları halde az kuruyan kısımlar bu kısımları engeller. Sonuçta üründe çatlama, yarıлма gibi hatalar meydana gelebilir. Bu durum et kalınlığı fazla olan ürünlerde daha belirgin bir hal alır. Farklı çekmelerden kaçınmak için ürünün bütün bünyesinde mümkün olduğu kadar homojen bir kurutma işlemi uygulamak gereklidir. Görülen diğer bir kurutma hatası da deformasyon ve eğilmelerdir.

Hareketsiz zemin ve raflarda kurutulan büyük parçalarda bu hata görülür. Nedeni, parçanın yetersiz kuruması veya yalnızca yüzeyinin kurumasıdır. Ürünlerin kurutucu ortam içinde hızlı hareketi veya kurutma havasının iyi ayarlanamayan sıcaklığı ve hızı gibi etkenler de bu tip hataların oluşmasına katkıda bulunur. Hareketsiz kurutmalarda hep aynı yüzeyden kurutulan mamullerde, deformasyonun yanı sıra kurutma çatlakları da oluşabilir.

Kurutma esnasında yüzeye doğru hareket eden su, beraberinde ince taneleri taşıyabilir. Bu durumda yüzeyde ince tanelerden oluşan tabakalaşma hatasını ortaya çıkartabilir. Eğer bünyenin yapısında çözünebilir tuzlar varsa, kuruma sırasında kolayca yüzeye taşınabilir ve yüzeyde çiçeklenme problemine neden olabilir. (Konig 1998)



Resim 2.3 Kuruluk

2.5.4 Kiremit Ürünlerinin Pişirilmesi

En yoğun kullanılan fırın tipi Hoffman fırın'lardır. Daha sonraki yoğunluğu tünel fırınlar oluşturmaktadır. Hoffman-tünel fırın karışımı olan kemer tünel fırınlarda vardır.



Resim 2.4 Hoffman fırın görünümü

2.5.4.1 Fırın Tipleri

En yoğun kullanılan fırın tipi Hoffman fırın'lardır. Daha sonraki yoğunluğu tünel fırınlar oluşturmaktadır. Hoffman-tünel fırın karışımı olan kemer tünel fırınlarda vardır.

Hoffman fırın: fırın kesiti dairesel tonoz biçimindedir. Ateş hareketli, ürünler sabittir. Bu fırın yakıttan elde edilen ısıyı çok yüksek verimle kullanan ve üretim kapasitesi ve hızı yüksek olan bir fırındır. Yanmanın tam pisme durumundaki malzemenin üzerinde olması, fırın içinde hareket eden havanın bir yandan pismiş malzeme ile temas ederek ısınması, ısınmış havadan çığ malzemenin ısınması için yararlanılması bu fırının en önemli üstünlükleridir.

Fırının üstündeki deliklerden yakıt püskürtülmekte, pişme safhası ilerledikçe püskürtme işlemi delikler boyunca ilerlemektedir. Yakıt olarak genellikle kömür vb. katı yakıtlar, nadiren sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Hoffman fırınlarda, enerji kullanımı tünel fırınlara göre daha fazladır, emek-yoğun bir yapılanma gerektirdiği için maliyet yüksektir.

Tünel fırın: Ana prensip olarak ürünler hareketli, ateş sabittir. Uzun bir tünel ve içinde hareketli fırın vagonları vardır. Yarı mamul ürünler fırın vagonlarına fırının dışında istif edilmekte ve birbiri ardına vagonlar belli bir hızda, fırının içinde hareket etmektedir. Fırın içinde hareket eden ürünler ısısı gitgide artan, rutubeti azalan bir hava ortamı ile karşılaşmaktadır. Bu bölge ısınma bölgesidir. Orta bölümde pişme bölgesi

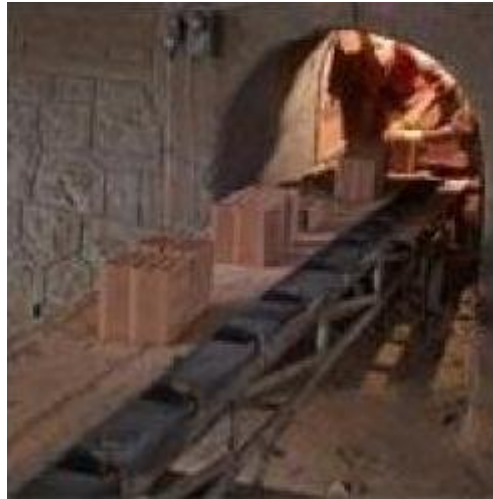
(cehennemlik) vardır. Burada pişen ürün ilerlemeye devam ederek daha önce pismiş olan malzemenin üzerinden geçerek malzemeyi soğutmuş olan ve kendisi ısınan hava ile temas ettikçe giderek soğumaya başlamaktadır. Daha sonra fırın dışına çıkan ürünler fırın vagonları üzerinden alınmaktadır. Pişirme bölgesinde genel olarak sıvı yakıt kullanılmakta, bazen katı yakıtlı sistemlerde yapılabilmektedir.

Tünel fırınlar, ürün kalitesi yüksek, yakıt ve emek tasarrufu sağlayan, fabrikasyon süresi kısa sistemlerdir. Ancak, ilk yatırım ve bakım maliyetleri çok yüksektir. Fırın debisi çok sık değiştirilememektedir (Yarar 2006).

2.5.5 Boşaltma

Boşaltma soğutmadan sonra tuğlaların fırından tahliye işlemidir. Bu safhada, tuğlalar ayıklanır, sınıflandırılır, paketlenir, depolanır ve sevkiyat için yüklenir (Işık 1996).

Kil mineralleri atomik içyapılarına ve kimyasal bileşenlerine göre amorf ve kristalin olarak iki ana grupta sınıflandırılırlar. Amorf yapıya en iyi örnek alofondur. Kristalin killerde ise atomların iç dizilişleri SiO_2 ve Al_2O_3 tabakalaşmasıyla gerçekleşir (Kibici 1986).

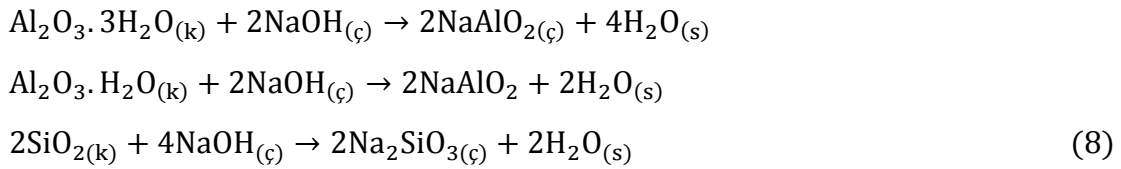


Resim 2.5 Hoffman fırından pişmiş ürünlerin çıkartılması

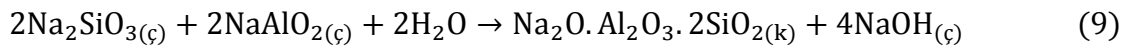
2.6 Kırmızı Çamur ve Oluşumu

2.6.1 Bayer Prosesi

1887 yılında Karl J. Bayer tarafından geliştirilmiş olan bu proseste, boksit cevherleri yüksek sıcaklık ve basınç altında sodyum hidroksit çözeltisi ile çözündürme yapılır ve alüminyum içeriği çözeltiliye alınır. Bu çözeltilinin sıcakta bir süre daha tutulmasıyla çözeltilinin desilikasyonu sağlanır. Bu yöntemdeki kimyasal olaylar sırası ile (8) reaksiyonları ile gösterilmiştir. Böylece cevher yapısındaki alüminyum ve silisyum çözeltiliye alınmaktadır (Gülfen 1998, Akyıl 1983).



Bu çözündürme reaksiyonları gerçekleştikten sonra istenmeyen bir durum olarak (9) reaksiyonu gerçekleşmekte ve bir miktar çözünmüş alüminyum bazik ortamda silisyum ile birlikte geri çökmektedir. Çöken $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (sodyum alüminyum silikat) ile birlikte cevher içindeki alüminyum atığa gitmektedir. Bu nedenle, boksit cevherinin sınıflandırılması silis içeriği bakımından da yapılmaktadır. Al_2O_3 / % SiO_2 oranının 7'den küçük olmaması istenmektedir (Gülfen 1998).



Bayer prosesi sonucunda, sodyum aluminat çözeltilisinden ayrılan ve bu çözünmeyen sodyum alüminyum silikatlar yanında ana bileşenler olarak demir ve titan oksitleri de içeren bu katı atık bunların yanında tesise beslenen boksitlerin yapısına bağlı olarak kalsiyum, magnezyum, vanadyum, galyum, zirkonyum, nadir toprak elementleri vs gibi elementleri çok daha düşük oranlarda da içerir. Bu katı atık içerdiği demir oksitten ileri gelen kırmızı rengi nedeniyle kırmızı çamur olarak adlandırılır (Aksu 2001).

Üretilen bir ton alümina veya 0,5 ton alüminyum meteline karşılık yaklaşık olarak bir ton kırmızı çamur (kuru baza göre) meydana gelir. Başka bir deyişle de Bayer prosesi

ile islenen her ton boksitin yaklaşık olarak % 40'ı kırmızı çamura geçmektedir. Giderek artan alüminyum metali üretiminde kırmızı çamur bu endüstrinin en önemli atık problemidir. Önemli miktarda kostik soda ve alüminyum kaybına neden olduğu gibi içerdği kostik nedeniyle güneş ışığında ve kuruyan kırmızı çamurların rüzgarla havayı kirletmesi gibi nedenlerle çevresel sorunlara da sebep olmaktadır. Büyük miktarlarda açığa çıkan bu çamurun depolanması da ayrı bir problemidir (Aksu 2001).

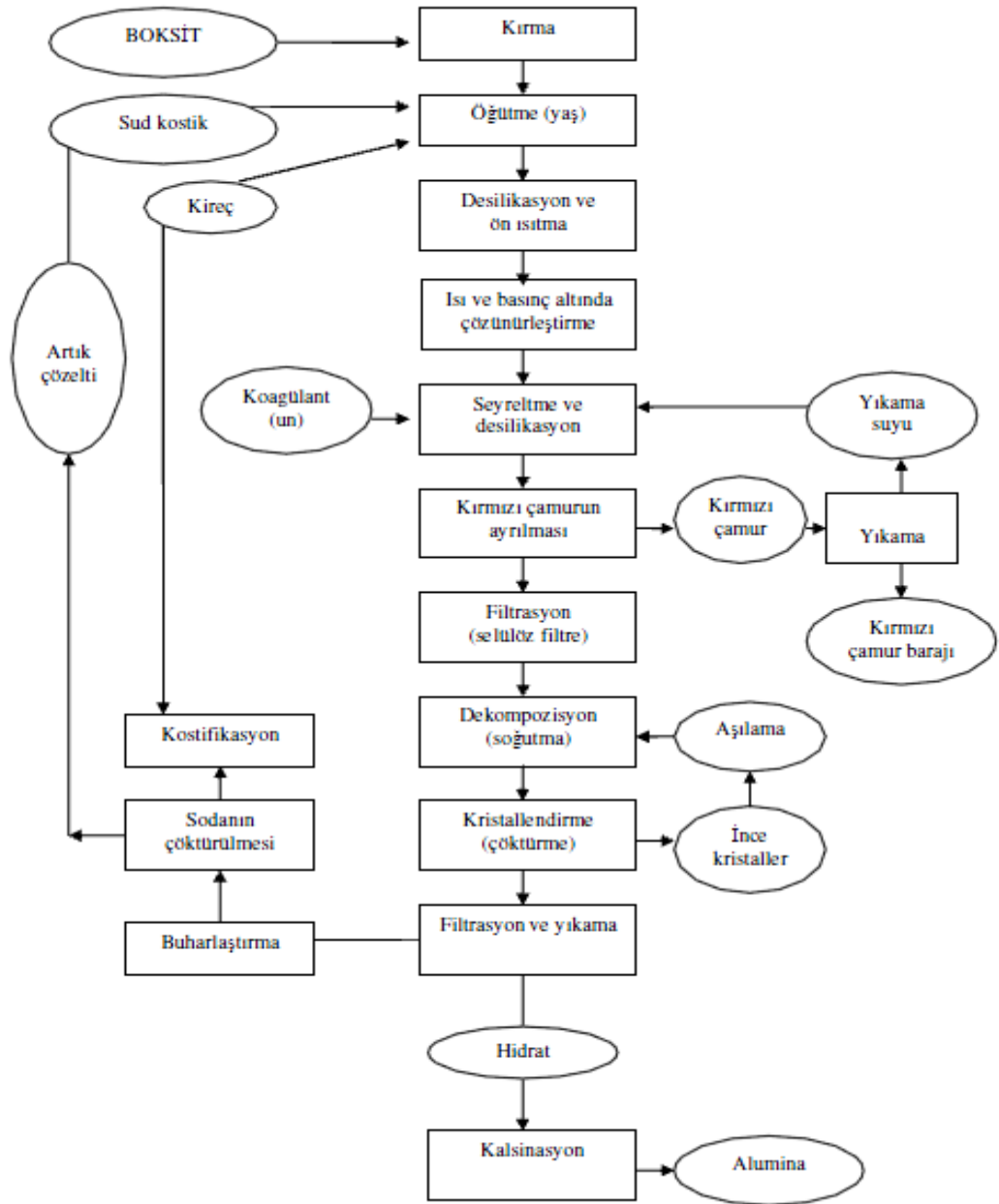
Birkaç alümina fabrikasında kırmızı çamur kurallara uygun olarak deniz altında depolanır. Kırmızı çamur atılışında çok rastlanan bir metotta karada set'li geçirgen olmayan bir alanda havuzlamaktır. Bir süre sonra, göllenmiş saha görsel kirlenmeyi gidermek için yeniden eklenebilir. J. K. Bayer tarafından bulunan ve patenti alınan bu proses, dünyada en çok kullanılan bir proses olup yüksek kaliteli alümina üretir. Bayer prosesinin temelini teşkil eden prensibi, boksitteki sulu alüminyum oksitlerin kostik soda ve sıcaklık ile değişken olarak çözümleridir (Aksu 2001).

Bu prosesin ana reaksiyonu şöyledir.



Çözünmüş alümina, 90-150 g/L Na₂O içeren düşük kostik konsantrasyonlu aluminat çözeltilerinden, 318-348 K gibi düşük sıcaklıklarda kristalize edilerek reaksiyon (10) örneğinde olduğu gibi ayrıştırılır (Aksu 2001).

Bayer prosesinin akım şeması şekil 2.5'de verilmektedir (Alp 1990, Yalçın 1995)



Şekil 2.5 Bayer prosesi şematik gösterimi (Aksu 2001).

2.6.2 Kırmızı Çamurun Oluşum ve Özellikleri

2.6.2.1 Kimyasal Bileşimi

Kırmızı çamurun kimyasal ve mineralojik bileşimi boksitin ayrı kompozisyonlarından ve uygulanan teknolojiye etkilidir. Boksitlerin çözünürleştirilmeleri sırasında toplam alüminanın % 76–93 kadarı alüminat çözeltisinde sıvı faza geçer. Boksitteki silis, sodyum alüminat çözeltisiyle reaksiyona girerek çeşitli kompozisyonlardaki sodyum alüminyum silikatlar halinde katı faza geçer ve boksit artığının temelini oluşturur.

Boksitin diğer ana bileşenleri, örneğin demir ve titanda katı fazda kalırlar. Ayrıca galyum, vanadyum, fosfor, nikel, krom, magnezyum gibi boksitte az miktarda bulunan diğer safsızlıklarda boksit artığında bulunur (Akıncı 2004).

Boksit artığının iki ana bileşeni Na ve Ca genellikle boksitte bulunmayıp artığa teknolojik işlemler sonucu, kısmen desilikasyon reaksiyonuyla, kısmen çözünürleştirme katkı maddesi veya kısmen de sinterleştirilecek karışımın bileşeni olarak geçerler. Boksit artığının kimyasal bileşimi çok değişmektedir. Bayer prosesinde oluşan kırmızı çamurların ana bileşenlerinin kimyasal kompozisyon aralığı Çizelge 2.3’de verilmiştir (Aksu 2001).

Çizelge 2.3 Kırmızı çamurun kimyasal bileşimi bileşikler Miktar (%) (Kuru bazda) (Aksu 2001)

Bileşik	Miktar(%) (Kuru Bazda)
Fe ₂ O ₃	30-60
Al ₂ O ₃	5-20
SiO ₂	1-20
Na ₂ O	1-10
TiO ₂	Eser-10
CaO	2-8
Kızdırma Kaybı	5-15

Kırmızı çamur bileşimi incelendiğinde içerik olarak Çizelge 2.3 de belirlenen kimyasal yapının özellikle yapı malzemelerinde kullanılabileceği görüşü oluşmuştur.

2.6.2.2 Mineralojik Bileşimi

Kırmızı çamurun mineralojik bileşimi kısmen boksitin değişmeyen fazlarından, kısmen de ani oluşan fazlarda ya da proses teknolojisi sırasındaki kontroller sırasında tayin edilir. Yeni mineral fazların oluşumuna en iyi örnek silisin aluminat çözeltisiyle yaptığı reaksiyondur. Bu reaksiyonla; sıcaklık, kostik konsantrasyonu, reaksiyon zamanı, katı bileşenler ve miktarları, çözeltideki safsızlıklar gibi teknolojik parametrelere bağlı olarak değişen kompozisyonlarda sodyum alüminyum silikatlar formül (11) göre meydana gelir.



Belli şartlarda boksitteki TiO_2 de aluminat çözeltisiyle reaksiyona girerek değişen kompozisyonlarda sodyum titanatlar meydana getirmektedir. Demir bileşenleri, Bayer çözeltisinde katı fazda bulunur. Boksitlerde götit formunda bulunan demir bileşeni genellikle kırmızı çamurun çökme ve filtrasyon işlemlerine olumsuz yönde etki eder. Kırmızı çamur işleme teçhizatı, örneğin çöktürücüler, yıkayıcılar, filtreler, hematit tipi boksitlerin çamur teçhizatına nazaran daha büyük tutulmalıdır. Buda yatırım maliyetini ve işletme maliyetini ters yönde etkiler. Bu durumda çözünürleştirme işlemine CaO , sülfatlar, klorürler gibi katkı maddeleri ilave edilir. Kontrol edilen şartlar altında götit hematit haline dönüşür ve sonuç olarak çamurun çökme ve filtrasyon karakterleri iyileşir (Sigmond *et al.* 1979, Akıncı 2004).

2.6.2.3 Boksit Artığının Hacmi

Alümina proseslerinden çıkan boksit artıklarının miktarı değişmekte, boksit kalitesine ve proses teknolojisine bağlı olmaktadır. 1 ton kalsine alüminaya es değer kırmızı çamur miktarı için karakteristik bir katsayı vardır. En az kırmızı çamur Surinam boksitlerinin islenmesi sırasında çıkmaktadır. Rapor edildiğine göre 0,3 ton / ton aluminadır. Seydişehir kırmızı çamurları için bu oran 0,6 – 1 arasındadır. Çeşitli kalitede boksit isleyen ve farklı proses teknolojileri uygulanan dünya alümina tesislerinden çıkan kırmızı çamurların ortalama miktarı düşünüldüğünde 1 ton alümina için çıkarılacak kırmızı çamur miktarı 1 ton olmalıdır. Kırmızı çamurların yoğunlukları 2,7 – 3,2 ton/m³ arasındadır. Kırmızı çamurun yıkanmasında amaç sıvı fazda bulunan kostik ve alümina gibi değerleri geri kazanmaktır (Aksu 2001).

2.6.3 Kırmızı Çamurun Çevreye Etkileri

Kırmızı çamurun ekonomik olarak islenmesi konusunda çeşitli metotlar bulunmuş ancak şimdiye kadar pratik bir çözüm geliştirilememiştir. Bu yüzden proses artığı olan kırmızı çamur faydasız bir atık olarak görülmekte ve depolanması her yerde çevresel sorunlara yol açmaktadır. Alümina fabrikaları kırmızı çamurları baraj olarak isimlendiren göl tipi alanlarda depolamakta, ancak depolama metotları fabrikadan fabrikaya değişmekte ve çoğu çevreye zarar vermektedir. Kırmızı çamur koloidal yapısı nedeni ile bol miktarda su içerir. Bu haliyle barajlarda depolanan atık, rüzgarın ve çeşitli

doğa olaylarının etkisiyle, çevreye taşınır. İçerdiği alkali ve mikron boyutlu partiküller (1µm – 2 mm arasında değişir) nedeniyle çevre sağlığı konusunda endişe uyandırmaktadır (Kvande 1993).

Kirlenmenin diğer bir etkisi de tozlanmadır. Yazın kuruyan tozlar rüzgarla uçarak havayı kirlletmekte ve alkali içeriği sorunu büyütmektedir. Bu sorun yeniden yeşillendirme veya periyodik sulama ile önlenmelidir (Yalçın 1995).

Son yıllarda çevre kontrolü hizmetlerinin göz ardı edilemeyeceği ve bütünüyle ele alınması gerektiği açıkça görülmektedir. Yasadığımız atmosferin kirlenmesi; yer kabuğunda, su ve hava da yer alan proseslerin özelliklerinin bilinmesiyle ve karşı tedbirler alınmak suretiyle kontrol edilebilir. Bu tür düşünce sekli alümina üretimi ve özellikle kırmızı çamur depolama sorununun çözümü içinde benimsenmelidir. Kırmızı çamurun teknolojiye ve depolamadaki davranımını tayin eden karakteristikleri, proses teknolojisinden ziyade boksitin kalitesiyle belirlenir. Bununla beraber, çeşitli çözünürleştirme katkı maddelerinin ilavesiyle, zayıf çökme ve sıkılık özellikleri gösteren kırmızı çamurların elde edildiği bazı boksitlerin teknolojik davranımlarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Aynı gelişmeler depolama alanında da mevcuttur ancak henüz ispat edilememiştir. Birkaç alümina fabrikasında kırmızı çamur kurallara uygun olarak deniz altında depolanır. Kırmızı çamur atılışında çok rastlanan bir metotta karada set’li geçirgen olmayan bir alanda havuzlamaktır. Bir süre sonra, göllenmiş saha görsel kirlenmeyi gidermek için yeniden eklenebilir. Kırmızı çamur kullanımları için çeşitli araştırma ve geliştirmeye büyük bir çaba harcanmış olmasına rağmen bunların hiçbiri ticari bazda önemli miktardaki kullanıma ümit vermemektedir (Akıncı 2004).

Denizde depolama sorunu yalnızca ekonomi bazına göre halledilemez. Deniz dibi test sonuçlarına göre dipteki depolama sahasının uzun bir süre sonunda biyolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyip etkilemediği konusunun detaylı olarak araştırılması gerekmektedir (Yegen 2002).

Kırmızı çamurla ilgili olan çevresel sorunların en köklü çözüm yolu çamurun değerlendirilerek ortadan kaldırılmasıdır. Bunun neticesi olarak miktarı azalacağı için kirlenme üzerindeki etkisi de zayıflayacaktır (Yegen 2002, Yalçın 1995).

2.6.4 Kırmızı Çamurun Değerlendirilmesi

Kırmızı çamurun değerlendirilmesi üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar;

- Kırmızı çamurdaki birden fazla bileşenin değerlendirildiği prosesler,
- Kırmızı çamurdaki bir tek bileşenin değerlendirildiği prosesler,
- Kırmızı çamurun değişik alanlarda değerlendirilmesi üzerine prosesler,
- Kırmızı çamurun susuzlandırılması ve çevre etkilerinin azaltılması üzerine olan prosesler şeklinde sıralanabilir.

Kırmızı çamurun % 90'ının 10 mikronun altında tane boyutuna sahip olması, değerlerin kazanımı açısından gravitasyonel, magnetik ve boyutsal ayırmaların etkili olmadığı önceki çalışmalarda saptanmıştır (Yalçın 1995).

Kırmızı çamurun toplu değerlendirilmesini hedef alan sinter ya da izabe yöntemiyle pik demir üretimi ve cürufun islenmesi yolu dışında pek çok değerlendirme seçenekleri vardır. Bunların başlıcaları kırmızı çamurun,

- Atık su ve gaz arıtımı için adsorban,
- Vanadyum içeren konverter cüruflarının yükseltgen kavrulmasında inert katkı maddesi,
- Kauçuk endüstrisinde dolgu maddesi,
- Aşındırıcı,
- Seramik yer karosu pigmenti,
- Çimentoya katkı maddesi,
- Yapay agregat ham maddesi,
- Kömürün sıvılaştırılmasında katalizör,
- Radyoaktif atıkların giderilmesinde ham madde,
- Karayolu yapımında yatak malzemesi,
- Hafif inşaat malzemesi ve ısı izolasyon malzemesi olarak,
- Ekilebilir toprak ıslahında kullanımlarıdır.

Çok çeşitlilik gösteren bu uygulama alanlarının ortak özellikleri, kırmızı çamurun içerdiği bütün değerlerin bir arada kazanımına olanak vermemeleridir. Bu nedenle son yıllarda giderek önem kazanan çözüm şekillerinden biri, kırmızı çamuru sinter ve izabe işlemleriyle pik demire indirgeyerek demiri kazanmak, izabe sırasında cürufa geçen alümina, sodyum oksit, titan dioksit, zirkonyum, uranyum, toryum ve nadir toprak metallerini liç işlemi, hidrolitik çöktürme, klorinasyon, kristalizasyon ve sıvı – sıvı ekstraksiyonu gibi çeşitli yöntemlerle elde etmektedir. Sayılan bu maddeler alındıktan sonra cürufun liç artığı gübre, çimento vb. yapımında kullanılmaktadır. Kırmızı çamurdan öncelikle demir ve alüminyum değerlerinin kazanımı için önde gelen iki yol; karbon – kireç – soda sinterleme prosesi ve kok–kireç taşı ile yapılan elektrik ark fırını izabe prosesidir. Bu proseslerin yatırım maliyetlerinin ve enerji tüketimlerinin yüksek olması bir dezavantajdır. Kırmızı çamurun mevcut demir yataklarının içerdiği demir tenöründen (% 50) daha düşük demir tenörüne sahip olması ve proseslerin sahip oldukları dezavantajlar nedeni ile kırmızı çamurdaki demir bileşeninin eldesi yönündeki çalışmalar bugün için ekonomik değildir. Dünya hammadde kaynaklarının devamlı azalması kırmızı çamuru değerli maddelerin elde edilebileceği alternatif bir kaynak olarak sürekli gündemde tutmaktadır. Kırmızı çamurun değerlendirilmesi; çevre kirliliğinin önlenmesi, depolama sorununu ve maliyetini düşürmesi, çok çeşitli uygulama alanlarına alternatif bir hammadde kaynağı olması açısından büyük önem taşımaktadır. Geliştirilen pek çok proses ekonomik olmadığı için uygulama imkanı bulamamışsa da araştırmalar halen sürmektedir (Uzun 2006).

2.6.4.1 Kırmızı Çamurun İnşaat Sektöründe Kullanılması

Çimentolar kalitelerine bağlı olarak az veya çok miktarlarda Fe_2O_3 içermektedir. Klasik çimento üretim yöntemlerinde Fe_2O_3 % 1–2 pirit sinteri ilavesiyle yapılmaktadır. Çimentonun içine az miktarda kırmızı çamurun ilave edildiği değişik çalışmalar yapılmıştır. Katayama ve Horiguchi çimento içine % 1–20 oranında kırmızı çamur ilavesi yapmış ve çimentonun donma hızının arttığını görmüştür. Akma hızı ise azalmaktadır. Çimentolarda çatlama ve deformasyon olmamaktadır. % 1–5 kırmızı çamur ilavesiyle çimentonun sertliği ilk 91 günde % 5 azalmakta, 1 yıl sonunda ise tekrar % 5 artmaktadır. Daha fazla miktarlarda kırmızı çamur ilavesiyle sertlik

azalmaktadır. Katayama ve Horiguchi sülfüroz asitle ve karbonik asitle muamele edilmiş kırmızı çamuru çimento içine ilave etmişlerdir. Kırmızı çamurun az miktarda ilavesiyle donma hızlanmakta, %5'in üzerindeki ilaveler ise donmayı geciktirmektedir. Kırmızı çamurun % 10–20 arasında ilavesiyle çimentoların sertliği azalmaktadır.

Katayama ve Horiguchi'nin bir Japon patentinde, kırmızı çamur SO₂ ile bir saat muamele edilmiş böylece Na₂O ve Al₂O₃'ün bir kısmı çözeltiye alınmıştır. Katı kısım kurutulmuş ve öğütülmüştür. Bundan portland çimentosuna % 2 ilave edildiği zaman çimentonun 3 ve 7 günden sonra sertliği % 46 ve % 36 artmıştır. Satalkin ve Solntseva, gunite harçlarının ilk sertleşmesini sağlayacak hızlandırıcılar arasında (% 0,5–5 miktarında) kırmızı çamur veya kırmızı çamur, NaF, CaO karışımlarını da kullanmıştır. Bir Japon firması kırmızı çamuru % 30 nem içerecek şekilde süzmüş ve çimento üretiminde 1 ton çimento için 30 – 45 kg kırmızı çamur kullanmıştır (Gözmen *et al.* 1983).

2.6.4.2 Kırmızı Çamurun Yol İnşaatında ve Hafif Yapı Malzemesi Üretiminde Kullanılması

Kırmızı çamurun ziraata elverişli toprakların geliştirilmesinde kullanılabileceği, ancak böyle bir uygulamanın kırmızı çamurun tasıma masrafları nedeni ile olmayacağı belirtilmektedir. Kırmızı çamur yol inşaatında dolgu maddesi olarak çok iyi bir şekilde kullanılabilir. Vaw (GFR) ile Building Material Research Institutü birlikte 1972'ye kadar bu şekilde 30.000 m² deneme yolu inşa etmiştir. Başka bir çalışmada kırmızı çamurun % 40 – 45 dikalsiyum silikat içeriği nedeni ile yapıştırıcı özelliğine sahip olduğu, ayrıca yüksek sıkıştırılabilme, düşük geçirgenlik ve yüksek çimentolaşma özelliklerine sahip olduğu belirtilmekte, aynı zamanda uzun süre bekletmenin özelliklerini etkilemediği ve şehirlerarası yol inşaatı için tavsiye edilmektedir (Gözmen *et al.* 1983).

Kırmızı çamurun hafif yapı malzemesi ve ısı izolasyon maddesi üretiminde kullanılması amacı ile bazı çalışmalar yapılmıştır. Kırmızı çamurdan tuğla yapım tekniği üzerinde ilk kez Almanya'da çalışılmıştır. Metot, bir tuğla fabrikasında yıllardan beri uygulanmaktadır. Tuğlaların mukavemeti normal yollarla yapılanlarınkinden fazla olup, yüksek binaların inşaatında bile kullanılabilmektedir (Kara *et al.* 1995).

Yalnız kırmızı çamurun nakliyesi bir parça sorun olmaktadır. Tauber ve arkadaşları kırmızı çamurla killi sisti karıştırıp pişirmek suretiyle iyi kaliteli tuğla üretmişlerdir. Kırmızı çamurun tane boyutu ve içerdiği fazı oluşturan bileşiklerde dikkate alınarak, bu atığın yapı malzemesi olarak kullanılabileceğinden yola çıkılarak yapılan çalışmalarda kırmızı çamurun tek başına veya katkı malzemeleriyle birlikte tuğla, kiremit ve seramik malzeme üretimine uygunluğu araştırılmıştır (Kara *et al.* 1996).

2.6.4.3 Kırmızı Çamurun Seramik Üretiminde Kullanılması

Kırmızı çamurun kimyasal analizinde bulunan ve sinterleme sonrası camsı faz oluşturan SiO_2 , CaO , Na_2O gibi oksitleri içermektedir. Bu özellik kırmızı çamurdan sağlam yapıli seramik yapılabileceğini göstermektedir. Yüksek orandaki amorf malzemenin mukavemeti düşüreceği düşünülebilir, fakat amorf hematit ısıtma ve soğutma aşamalarında kristallenir. Kırmızı çamurun seramik üretiminde değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, kurutulmuş ve 1mm'lik elekten elenmiş numuneden özel kalıp kullanılarak dikdörtgen prizma şeklinde ve 5x10x60 mm ebatlarında çubuklar hazırlanmıştır. Çubuklar hidrolik preste 32 kg/cm² basınçta ve oda sıcaklığında preslenmiştir. Bu şekilde hazırlanan ve etüvde 105 °C'de bir gece bekletilen numuneler elektrik ısıtmalı fırına konulmuştur. Fırının saatte 300 °C artış hızı ile istenen sıcaklığa ulaşması sağlanmıştır. Pişirme sıcaklığı 950-1150 °C' arasında 50 °C lik aralıklarla değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar numunenin basma mukavemetinin 1050 °C'ye kadar değişmediğini bu sıcaklıktan itibaren mukavemetinin hızla artarak 90-135 MN/m² arasında değiştiğini göstermektedir (Kara ve Emrullahoğlu 1994).

2.6.4.4 Kırmızı Çamurun Kimya Sektöründe Kullanılması

Kırmızı çamurun gazlardan ve sıvılardan S, SO_2 , H_2S giderilmesi işlemlerinde gaz temizleme maddesi olarak ve sulardan arsenik giderilmesinde kullanılması amacıyla yapılan çalışmalarda vardır. Kauçuk endüstrisinde kırmızı çamurun dolgu maddesi olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Fanke ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada 1 kg kırmızı çamurun kurutulduktan sonra 6,35 kg % 6,3'luk sulu HCl ile 90°C'da 30 dakika süreyle ısıtılmıştır. Meydana gelen atıktan ısıtma ile Fe_2O_3

pigmenti hazırlanmıştır. Pigmentin süzülerek ayrılmasından alümina, silikat ve az miktarda Fe_2O_3 içeren filtrat ise 110 °C’de kurutulmuş ve öğütülerek kauçukla karıştırılmış ve güçlendirilmiş kauçuk üretilmiştir. Kırmızı çamur ile doymamış poliestерler, stiren ve sisal elyafından polimerizasyon ile fiziksel özellikleri kuvvetli bir malzeme Yuan H. C. ve diğerleri tarafından 60 CO radyasyonu ile hazırlanmış ve bu malzemenin boru yapımında, depo kaplamasında vs. kullanılabileceği söylenmiştir. Kırmızı çamurun boya sektöründe pigment olarak kullanılması ile ilgili araştırmalar yapılmış olup ayrıca az miktarda endüstriyel bir uygulamadan da bahsedilmiştir. Kırmızı çamurun yüksek su ve alkali içeriği pigment olarak kullanılmasında bir dezavantaj olmaktadır. Ramanuyan kırmızı çamurun çok şiddetli olmayan koşullarda daha değerli olan kursun kırmızısı yerine korozyonu önleyici boyalarda kullanılma olasılığını arttırmıştır. Kırmızı çamurun astar olarak ve üst boya formülleri ve kullanışı ile ilgili tavsiyeler yapılmıştır. Kırmızı çamurun kimya sektöründe başka bir uygulama alanı da atık suların arıtılmasında kullanılmasıdır (Kara 1994).

2.6.4.5 Kırmızı Çamur İle İlgili Yapılan Diğer Çalışmalar

Kırmızı çamurlarla ilgili çalışmalar yukarıda sayılanlarla sınırlı değildir. Gerek kırmızı çamurun daha değişik alanlarda kullanılması, gerekse kırmızı çamurdan bileşenlerinin geri kazanılmasında kullanılacak farklı yöntemler ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Göral 1999).

Gaz temizleyici pastası (Lux-paste) da yine kırmızı çamurdan yapılmaktadır. Bir Alman firması, kırmızı çamur kullanarak su temizleme işlemi için flokülant üretimi üzerinde çalışmıştır. “Ferriflac” diye bilinen bileşik demir ve alüminyum sülfatlardan oluşur. Pozitif yüklü yüksek moleküllü metal hidroksit kompleks bileşikler, katkılarının negatif yüklü moleküllerini yakalayarak sudan ayırır. Yüksek titan ihtiva eden kırmızı çamurların islenmesiyle pigmentler üretilebilir. Ayrıca kırmızı çamur kullanılarak adsorplayıcı, katalistlerin üretimi ile ilgili araştırmalar gelimse safhasındadır (Fursman 1970).

Fosfatik maden cevherinden kaolin çamuru ve kırmızı çamur gibi mineral çamurlarının suyunu çıkarmak üzerine yapılan bir çalışmada, çamurların suları sıvı bir karışım veya

acrilamid polimer çöktürücü, topaklaştırıcı emülsiyon elemanı ve mikro fiber katkı maddeleri eklenerek çıkarılmıştır. Çok çabuk bir şekilde bu çamurların suları çıkarılmış ve % 25-35 katı malzeme elde edilmiştir. Bu malzeme tekrar islenerek % 60 katı hale getirilebilir. Boksitler ve oldukça karışık birleşmiş kil tasları, ısısal işlemde ve organoalüminyum bileşikli işlemde sonra etilenin polimerizasyonundan dolgu ve katalizör olarak kullanılabilirliği belirlenmiştir. Kırmızı çamur, asidik iyon değiştirme işleminden sonra oldukça etkili dolgu ve katalizör olmaktadır. Kırmızı çamurdan manyetik demir konsantresi hazırlama ile ilgili bir çalışmada demir mineralleri ıslak ve titreşimli bir meyilde manyetik ayırıştırma ile kırmızı çamurdan ayırıştırılmıştır. Kırmızı çamur, % 13 Fe_2O_3 içeren pişirilmiş boksitin Bayer işlemine tabi tutulması ile elde edilmiştir. Kırmızı çamura sıvılaştırılmış yatak kömür külü ilavesi ile şekillendirme, sinterleme, sırlama ve sır tabakalarının pişirilmesi ile suni mermer imali yapılmıştır. Kırmızı çamur dolgulu PVC üretimi ile ilgili yapılan bir çalışmada özel kompozisyon, 150-170 °C altında % 70-75 oranında PVC, % 20-25 oranında kırmızı çamur ve % 5-10 oranında plastikleştiricinin karıştırılması ile hazırlanmıştır. Kırmızı çamur partiküllerinin karışıma bir direnç sağladığı tespit edilmiştir. Kırmızı çamur altın cevherlerinin hazırlanmasında da kullanılmıştır. Altının siyanürizasyonunda bir pH modifikatör olan boksit atık kırmızı çamurunun rölatif etkinliği araştırılmıştır. Sonuçta kırmızı çamurun altın madeni cevherinin pH'sını modifiye etmekte çok etkili olduğu görülmüştür. Altın ihtiva eden bir kırmızı çamur kolaylıkla ayırıştırılabilir (Gözmen *et al.* 1983).

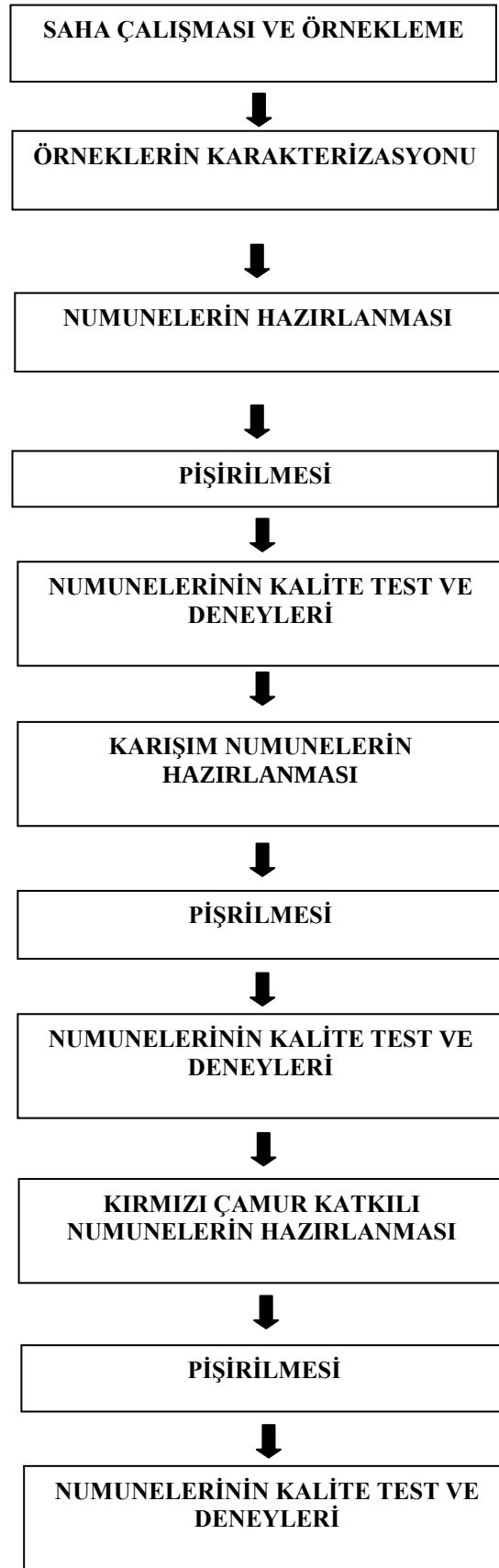
3. MATERYAL ve METOD

3.1 Deney Programı

Deneysel çalışma 3 aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada saha çalışmasından alınan farklı tuğla-kiremit killeri, ikinci aşamada bunların karışımları ve üçüncü aşamada ise seçilen tuğla-kiremit killerinin kırmızı çamur atığı ile karışımları denenmiştir. Bu üç aşamada numuneler fiziksel özelliklerine göre uygun numune hazırlama yöntemleri ile hazırlanmış ve elde edilen çamur şekillendirilip, pişirildikten sonra TSE Standartlarına uygun olarak kalite testlerine tabi tutulmuştur. Karışımların hazırlanmasında numunelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilerek olumsuz yönlerinin bertarafının sağlanması amaçlanmıştır. Kırmızı çamur katkısı özellikle renk ve su emme olumsuzluklarının giderilmesi amacı ile katkılandırılmıştır.

3.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

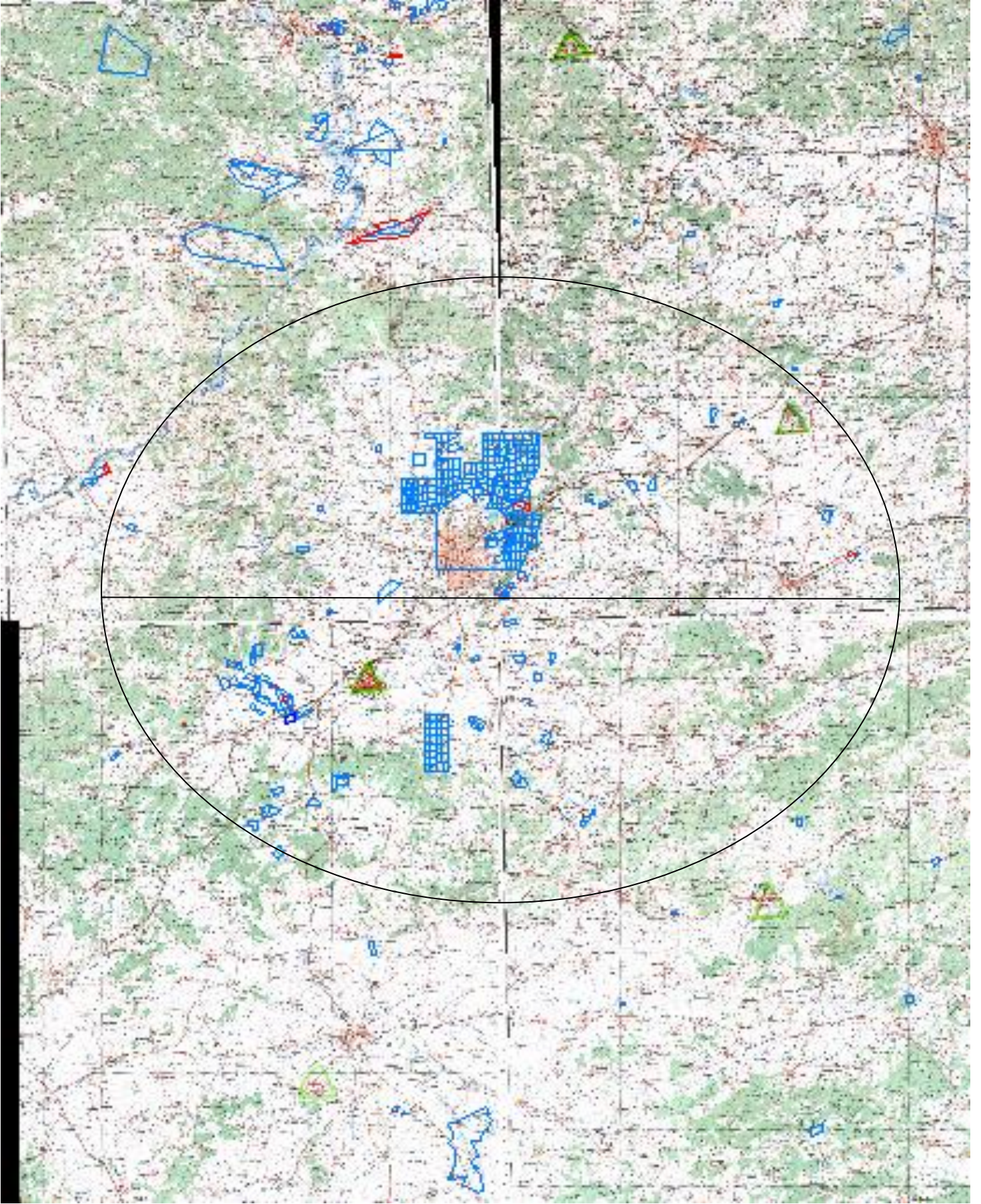
Kullanılacak hammaddeler Şekil 3.1 de belirlenen numune alma ve hazırlama programına uyulacaktır. Deney numuneleri saha çalışması ile örneklenecek ve uygun azaltma yöntemleri kullanarak alınan numuneler endüstriyel üretim şartlarına paralel olarak hazırlanacaktır.



Şekil 3.1 Deneysel Çalışma Akım Şeması

3.3. Saha Çalışması

Saha çalışmasında öncelikle MTA tarafından belirlenen ve kullanılan aynı zamanda rezerv tespiti yapılmış bölgelerde tarama yapılmıştır. Aynı zamanda sektörün hali hazırda kullandığı hammadde kaynakları ve eski dönemde kullandıkları hammadde sahaları çevreleri çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada öncesinde jeolojik ve maden oluşumu açısından taranacak bölgeler tespit edilmiş ve belirlenen hedef bölgeler taranmıştır. Çalışmada şekil 3.2 de gösterilen ve yaklaşık 50 km çapında alanda arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma süresince bölgede bulunan Maden ve Jeoloji mühendislerinden yararlanılmıştır. Arazi çalışmalarının bir kısmına ilgili mühendisler iştirak ederek saha çalışmasına teknik destek vermişlerdir.



Şekil 3.2 Saha çalışması yapılan 1/100000 ölçekli gösterimi 50 km yarıçaplı alan

Arazi çalışmasının tamamında yerinde analizler ve alınan temsili numuneler ile laboratuvar analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada toplamda 120 noktadan inceleme yapılmış ve temel testlere tabi tutulmuştur. Temel özellikleri uygun numuneler için analizler detaylandırılmış ve kimyasal, mineralojik ve fiziksel analizler gerçekleştirilmiştir.

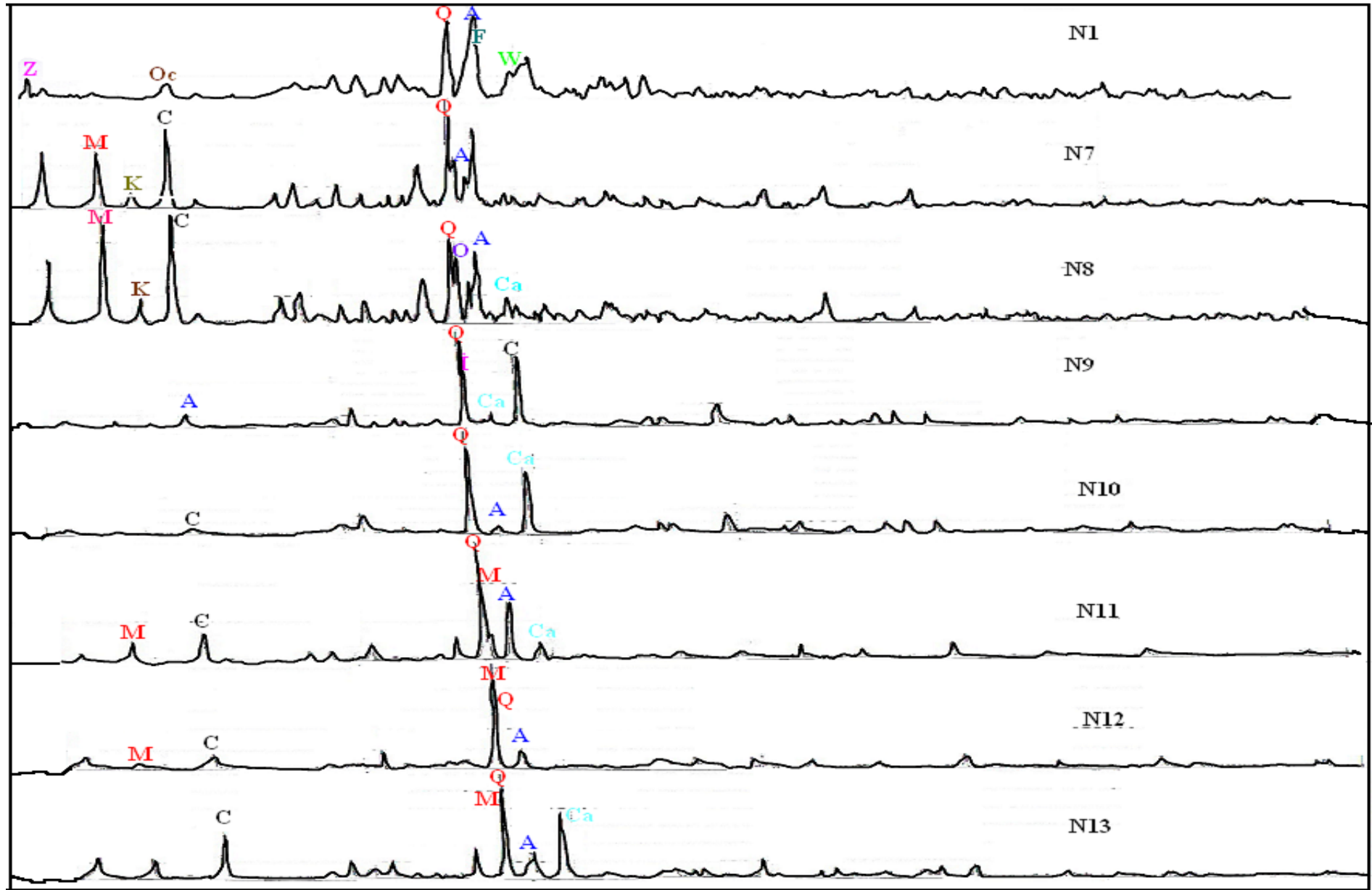
3.4 Deneyde Kullanılan Malzemeler

3.4.1 Saha Çalışması Sonucu Elde Edilen Numuneler

Arazi çalışması neticesinde taraması yapılan alanların tamamından alınan numuneler ilk testleri yapıldıktan sonra toplam 17 adet numune adeti belirlenmiştir. Hammaddelere kimyasal, mineralojik ve fiziksel testler uygulanarak kalite ve kullanılabilirlikleri belirlenmiştir. Numune sayısı yerinde yapılan incelemeler neticesinde ilk kademe eliminasyon yapılmış ve akabinde laboratuvar şartlarında testlere tabi tutulmak üzere uygun miktar ve adetlere indirilmiştir. Elde edilen numuneler kodlanmak suretiyle laboratuvara alınmıştır.

3.4.1.1 Numunelerin Mineralojik Analizi

Saha çalışmasından elde edilen numunelerin öncelikle mineralojik özelliklerinin tespiti amacıyla çalışma yapılmıştır. Numunelerin alınan bölgelere göre mineralojik analizlerinin yapılması gerektiği düşüncesi ile toplamda 17 adet olan numenden farklı bölgelere ait 13 numune mineralojik analize tabi tutulmuştur. Mineralojik analizi yapılmayan 4 adet numune aynı bölgeden alınan ve analizi gerçekleştirilen numuneler ile aynı özelliğe sahip olacağı görüşünün hakim olması üzerine mineralojik analiz yapılmaması ve ilgili numunelere kimyasal analiz yapılması uygun görülmüştür. Mineralojik analizi yapılan 13 numunenin karşılaştırması şekil 3.3 ve çizelge 3.1 de verilmektedir aynı zamanda analizlerin gerçekleştirilmesi iki farklı analiz kuruluşunda yapılmış olması nedeni ile karşılaştırmalar analiz yaptırılan kuruluşların analiz sonuçlarını belirtme şekline göre iki şekilde yapılmıştır.



A:Albit, Q:Kuars, W:Vollastonit, Oc:Ortokrizotil, F:Ferrosilit, Z:Zeolit, İ:İllit, M:Muskovit, K:Krosit, C:Klinoklor, O:Ortoklas, Ca:Kalsit
 Şekil 3.3 Kil Numuneleri XRD Mineralojik analizi

Hammaddelere yapılan mineralojik analizlerin neticesinde Şekil 3.3 de belirlenen yapıların genel yapısının tuğla-kiremit üretimine uygun olduğu görülmekle beraber N8,9,10,11 ve N13 numunelerinde Kalsit içeriğinin saptanmıştır. Kalsit istenmeyen bir bileşimdir. Aynı zamanda N9 numunesinde literatürde temel tuğla-kiremit kili olarak belirtilen illit saptanmıştır

Çizelge 3.1 Kil Hammaddeleri Mineralojik analiz

Numune	Tüm Kaya Mineral Bileşimi (%)							
	Kil Dışı Mineraller				Kil Mineralleri			
	Feldspat Grubu	Kuars	Kalsit	Hematit	Simektit Grubu	Simektit -Klorit Karışık Tabakalı	Klorit Grubu	İllit
	Albit				Montmorlonit			
N2	15	20	Eser	Eser	26	6	23	10
N3	20	17	Eser	Eser	25	3	25	10
N4	17	20	Eser	Eser	25	3	25	10
N5	10	16	Eser	Eser	30	4	29	11
N6	12	16	Eser	Eser	30	4	28	10

İkinci tür mineralojik analizin karşılaştırılmasında kalsit miktarları çizelge 3.1 de eser miktarda verilmekle beraber özellikle su alma kapasitesi yönünden istenmeyen üç tabakalı kil gurubu Montmorlonit saptanmıştır. Klorit ve İllit grubu killerin varlığı hammadde özellikleri açısından olumludur.

3.4.1.2 Numunelerin Kimyasal Analizi

Mineralojik analizi yapılan numunelere uygulanan XRF kimyasal analizi neticesinde çizelge 3.2 de belirlenen kimyasal yapıların varlığı tespit edilmiştir. Numunelerin kimyasal yapıları hammadde hazırlama konusunda fikir verebileceği gibi nihai ürün kalitesi yönünden de bilgiler vermektedir.

Çizelge 3.2 Kil numuneleri kimyasal analizleri

BİLEŞİM	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17
Na ₂ O	2.85	1.85	2.14	2.41	1.94	2.33	3.07	2.58	1.21	0.91	2.21	2.19	1.49	0,68	1,58	0,71	0,91
MgO	4.59	2.63	2,96	2.45	2.48	2.84	4.90	5.22	3.71	2.87	2.53	7.60	5.54	3,05	4,56	5,11	2,77
Al ₂ O ₃	14.21	10.43	11,96	12.12	11.49	11.02	15.46	15.02	10.97	1137	12.20	13.91	14.98	15,01	12,89	15,23	15,79
SiO ₂	46.62	42.20	45,55	43.84	42.73	41.71	48.99	44.17	44.52	44.63	65.96	53.99	42.58	50,16	53,68	51,93	60,34
P ₂ O ₅	0.24	0.11	0.63	0.72	0.14	0.81	0.50	0.71	0.24	0.16	0.11	0.12	0.20	-	-	-	-
SO ₃	0.06	0.14	0.12	0.73	1.44	1.31	0.22	-	-	-	0.33	1.13	-	0	1,41	0,21	0
K ₂ O	0.58	1.55	1,85	1.23	1.83	1.7	2.33	2.69	1.62	1.49	2.19	2.17	2.51	2,26	1,96	2,30	2,56
CaO	8.18	5.88	6.89	6.21	7.44	8.45	5.55	7.28	14.68	14.96	3.79	1.92	9.90	6,67	5,96	5,77	1,61
TiO ₂	2.53	2.05	1.89	2.12	0.75	1.92	2.13	2.81	1.19	0.94	0.49	1.14	1.08	-	-	-	-
MnO	0.20	0.3	0.2	0.11	0.14	0.22	0.20	0.26	0.19	0.18	0.12	0.11	0.22	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃	14.93	8.56	9,16	8.45	9.18	9.09	11.26	12.76	7.64	6.78	4.99	9.95	9.33	9,01	9,35	10,08	9,98
A.Z.	5.00	8.75	10.81	11.93	10.12	9.63	5.39	6.50	13.99	15.68	5.05	5.75	12.16	8.41	7,88	8,64	7,12

Kimyasal analizi çizelge 3.2 de verilen toplam 17 adet numune incelendiğinde N1,8,9,10 ne N13 numunelerinde CaO içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda numunelerde MgO içeriği de büyük önem arz etmektedir. SiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri incelendiğinde genel anlamda uygun değerlerin saptandığı fakat N2 ve N6 numunelerinde oranın düşük olduğu ve N17 numunesinde ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Numune analizlerinin farklı analiz laboratuvarlarında yaptırılması nedeniyle bazı değerler tespit edilememiştir. Tespiti yapılmayan değerlerin hammadde kalitesine etkisi büyük olmayan bileşimler olması sebebiyle bu kriter dikkate alınmamıştır.

3.4.2 Kırmızı Çamur Atığı

Etibank Seydişehir Alüminyum İşletmesi atık kırmızı çamuru kullanılmıştır. Çizelge3.3 de kırmızı çamur atığına ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Kırmızı çamur kimyasal özellikleri açısından değerlendirilebilir özellikler taşımaktadır.

Çizelge 3.3 Kırmızı çamur atığının kimyasal analizi (Kavas, 1997)

Bileşik	%
SiO ₂	13,50
Al ₂ O ₃	20,20
Fe ₂ O ₃	35,04
CaO	5,30
MgO	0,33
K ₂ O	0,39
Na ₂ O	9,40
TiO ₂	4,00
CO ₂	3,19
S	0,06
Mn	0,02
Ateş Zayıtı	8,44
Toplam	99,7

Kırmızı çamur içeriği çizelge 3.3 de belirlenen bileşimlerinde yer alan yüksek Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃ ve alkali miktarları açısından tuğla-kiremit üretiminde kalite ve ürün özelliklerine olumlu etkisi olabilecek bir katkı maddesi olarak görülmektedir

Kırmızı çamur atığının Netzsch marka DTA-TG (diferensiyel termal analiz – termal gravimetri) cihazında yapılmış sıcaklığa göre ağırlık kaybı değerleri Çizelge 3.4 de verilmiştir (Kavas, 1997).

Çizelge 3.4 Kırmızı çamur atığının sıcaklık – ağırlık kaybı değerleri (Kavas, 1997)

Sıcaklık (°C)	Ağırlık Kaybı (%)
300	3,51
500	5,03
600	5,73
700	6,08
800	6,32
900	6,78
1000	7,02

Çizelge 3.4 de ağırlık kayıpları verilen ve değerleri verilen kırmızı çamur atığının tane boyut analizi Etibank Bor Ürünleri Araştırma Daire Başkanlığı'ndaki MALVERN Series 2600 cihazında yapılmıştır (Kavas,1997)

Hacime Göre Ortalama Tane Boyutu : 64,88 μm
Yüzey Alanına Göre Ortalama Tane Boyutu : 9,94 μm
% 90'nın Geçtiği Ortalama Tane Boyutu : 140,03 μm
% 50'sinin Geçtiği Ortalama Tane Boyutu : 58,42 μm
% 10'unun Geçtiği Ortalama Tane Boyutu : 3,21 μm

3.5 Deney Numunelerinin Hazırlanması

3.5.1 Öğütme

Öğütme işlemi özellikle içerisinde kaba taş, kum olmayan malzemelerde tane boyutunun uygun hale getirilmesi amacıyla uygulanmaktadır. Bilyeli değirmende kil taşı, silt taşı ve kompakt yapılar öğütülmekte ve özellik olarak istenilen tane boyutuna getirilmektedir. Öğütme işlemi kuru olarak yapılmakta ve tane boyutu süre içerisinde kontrol edilmektedir. Resim 3.1 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Resim 3.1 Bilyeli değirmen

3.5.2 Süzme İşlemi

Numuneler içerisinde yer alan kaba kum ve organiklerin temizlenmesi amacı ile özellikle sediment malzemeler bir süzme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu süzme işleminde 1mm açıklı elek kullanılmaktadır. Hazırlanan pulp elekten geçirilerek numunenin içerisinde bulunan kaba kum taş elemine edilmektedir. Resim 3.2 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir.

3.5.3 Kil Açma ve Susuzlandırma

Numuneler bir kap içerisine alınarak önce yavaş sonra ise hızlı devirli olarak karıştırılmakta ve uygun sulu süspansiyon sağlanmaktadır. Daha sonra hazırlanan süspansiyon alçı kalıp üzerine alınarak Susuzlandırma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Resim 3.2 Kil açma aparatı

3.5.4 Şekillendirme

Şekillendirme işlemi öncesinde alçı plaka üzerinde susuzlandırma işlemi gerçekleştirilir. Uygun katı sıvı oranı ayarlanan çamur alçı ve metal kalıplar kullanılarak şekillendirilmektedir. Numuneler test aşamalarına uygun olacak şekilde gerekli yöntem kullanılarak şekillendirilmektedir. Her numuneden 6 adet alçı 6 adet metal kalıpta şekillendirme gerçekleştirilmiştir. Resim 3.3 ve 3.4 de kullanılan aparatların resmi verilmiştir.



Resim 3.3 Şekillendirmede kullanılan metal kalıp



Resim 3.4 Şekillendirmede kullanılan alçı kalıp

3.5.5 Kurutma

Kurutma işlemi öncelikle 12 saatlik oda koşullarında doğal kurutma ile başlamaktadır. 12 saat süre ile 25°C de kurutulan numuneler sırası ile 50°C de 2 saat 75°C de 1 saat ve 105°C 1 saat olmak üzere sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmaktadır. Resim 3.5 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Resim 3.5 Kurutma kabini

3.5.6 Deneysel Pişirimler

Pişirimler elektrikli fırında ve 10°C /dak olan fırın rejimi ile 970°C de 4-6 saat süre ile sinterleme işlemine tabi tutulmaktadır. Resim 3.6 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Resim 3.6 Kül Fırını

3.6 Numunelere Uygulanan Testler

3.6.1 Nem Tayini

Nem değerinin ölçülmesi istenen kil esaslı hammadde veya şekillendirilmiş üründen ilk olarak 100 gramdan az olmayacak şekilde bir temsili numune alınarak değişmez kütleye gelinceye kadar tartılmış daha sonra son ağırlığı tespit edilerek aşağıda verilen formül (12) yardımıyla % rutubet değeri hesaplanmıştır (TS EN 3245).

$$\% \text{ Nem} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{Son ağırlık}] \times 100 \quad (12)$$

3.6.2 Pfefferkorn Plastiklik Testi

Gerekli Aletler:

- Pfefferkorn aleti
- Silindirik kil numunesi elde etmek için metal şablon
- Ezici tokmak
- Üzerleri numaralanmış metal kurutma kapları
- Su dolu kap
- Dereceli cam silindir
- 110 ± 5 °C sıcaklığındaki bir etüv
- Kumpas
- 0.01 gr. duyarlı terazi
- Spatula



Resim 3.7 Pfefferkorn aleti

Silindirin Çapı: 33 mm.

Silindirin Yüksekliği: 40 mm.

Pfefferkorn Silindir üzerine düşme Yüksekliği: 186 mm.

Pfefferkorn Ağırlığı: 1192 gr.

3.6.2.1 Deney İçin Numune Hazırlanması

Ölçümü yapılacak olan kil numunesi toz halinde ise plastikleşebilmesi için gerekli olan minimum miktarda su ile yoğrulur. Yoğurma işlemi el ile yapılmalıdır. Bu sayede kilin plastiklik kazanıp kazanmadığı da anlaşılmış olur. Su ile plastikleşen kil silindirik metal şablona doldurulur ve tokmakla üç-dört kere vurulur. Üzeri spatulayla düzeltilir. Burada her kil numunesi hazırlarken eşit basınçla vurulmasına dikkat edilmelidir. Hazırlanan kil numunesi şablondan çıkartılır ve Pfefferkorn aletinde (Resim 3.7) ezilir. Basıncın etkisiyle hazırlanan numunenin dağılmaması gerekmektedir. Eğer kil numunesi dağılıyorsa biraz daha su katarak yoğurma işlemi yapılır. Kil numunesi dağılmayana kadar aynı işlemler uygulanır. Burada bir önemli noktada numunenin ilk ezilme yüksekliğinin 24 mm. nin altında olmamasıdır. Numune hazırlandıktan sonra deneye geçilir. Resim 3.7 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS 5396).

3.6.2.2 Deneyin Yapılışı

Numune hazırlandıktan sonra silindirik metal şablonda, statiksel olarak en az dört tane aynı basınçlı kil silindirleri oluşturulur. Her biri ayrı ayrı olmak üzere Pfefferkorn aletinde ezilir. Ezilme yükseklikleri kumpasla teker teker ölçülür. Yüksekliklerin ortalaması hesaplanır. Daha sonra her bir silindirin iç kısımlarından az miktar alınır ve metal kaba konur. Yaş ağırlığı tartılır ve etüve konur. Silindir numuneler tekrar sulandırılmak üzere ilk hazırlanan numuneye karıştırılır. Bu numuneye dereceli silindir yardımıyla 10-15 ml su ilave edilir (ekleme suyu miktarı kil çeşidine göre değişmektedir) ve yoğrulur. Tekrar aynı şekilde en az dört adet silindirik kil numunesi hazırlanır ve Pfefferkorn aletinde ezilir. Numunelerin yükseklikleri kumpasla ölçülür ve yüksekliklerin ortalaması alınır. Yine aynı şekilde bu numunelerin içlerinden birer parça alınır ve metal kaba koyularak tartılır (yaş ağırlık). Tartıldıktan sonra metal kap etüve konur. Bu işlem en az dört defa tekrarlanır. Etüvde numuneler yaklaşık olarak 24 saat bekler. Etüvden alınan numuneler tekrar tartılır (kuru ağırlık). Daha sonra bu numunelerin nem miktarı hesaplanır.

Her numunenin ortalama yüksekliği ve nem miktarı bulunur. Bu değerler grafiğe aktarılırlar. Grafikte bilgisayar ortamında 24 mm. lik yüksekliğe karşılık gelen nem miktarı okunur kilin plastikliği için ideal olan su miktarını verir (TS 5396).

Yükseklikler:

30 mm. → Sert çamur

24 mm. → Medium çamur

16 mm. → Yumuşak çamur olarak temel alınır.



Resim 3.8 Etüv

3.6.3 Kuru Küçülme ve Pişme Küçülmesi

Plastik şekillendirme kıvamına gelen kil esaslı karışımdan metal kalıplar içine 5x80x80 mm boyutlarında tabletler basılarak bu tabletler üzerinde, henüz yasken logo ile birim uzunluklar belirlenir (örneğin 50 mm'lik). Tabletler deformasyona uğramaması için 105°C'de bir etüvde kurutulur. Kuruyan tabletler bir kumpas yardımıyla ölçülerek kuru uzunluk değerleri elde edilir. Kuru küçülme değerinin ölçülmesi genellikle birden fazla tablet üzerinde gerçekleştirilerek elde edilen uzunlukların ortalaması alınır. % kuru küçülme değeri su formülü (13) hesaplanmaktadır:

$$\% \text{ Kuru Küçülme} = [(\text{İlk uzunluk} - \text{Son uzunluk}) / \text{İlk uzunluk}] \times 100 \quad (13)$$

Küçülme değeri ölçülecek kil esaslı bünyenin hangi sıcaklıktaki pımsa küçülmesi saptanmak isteniyorsa, kuru küçülmeleri ölçülen tabletler istenen sıcaklıkta pişirilir. Pişme küçülmesi maksimum pişme sıcaklığı ile doğrudan bağlantılı olduğundan dolayı pişme küçülmesi değerleri ifade edilirken bu sıcaklığında verilmesi gerekmektedir. % pişme küçülmesi ve % toplam küçülme değerleri aşağıdaki formüller (14-15) yardımıyla bulunur (TS 4897).

$$\% \text{ Pişme Küçülmesi} = [(\text{Kuru uzunluk} - \text{Pımsa uzunluk}) / \text{Kuru uzunluk}] \times 100 \quad (14)$$

$$\% \text{ Toplam Küçülme} = [(\text{  lk uzunluk} - \text{Pism  ş uzunluk}) / \text{  lk uzunluk}] \times 100 \quad (15)$$

3.6.4 Su Emme

Su emme değerinin saptanması istenen kil esaslı hammaddelerden   killendirilen numuneler uygun pi  şirim koşullarında belirli bir maksimum sıcaklıkta pi  şirilirler. Pi  şme sonrası yaklaşık 105   C sıcaklıktaki etüv içinde değişmez kütleye gelinceye kadar bekletilerek ağırlık tartımları yapılır. Tartımı yapılan numuneler oda sıcaklığında soğ  tularak su emme kazanı içinde 2 saat süreyle bekletilir ve daha sonra 4 saat kaynatma işlemine tabi tutulurlar. Kaynadıktan sonra oda sıcaklığına düşünceye kadar suyun içinde bekletilir. Suyun içinden çıkarılan numuneler, üzerindeki parlaklık tam olarak giderilmeden kurulanır ve hemen yas tartımları yapılır. Bu tartımlarda birden fazla numune ile çalışıldığında elde edilen değerlerin ortalamaları alınır. Yas tartım ile kuru tartım arasındaki fark, temsili numune veya numunelerin su emme miktarını verir. Resim 3.9 da kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS 4897).

% Su emme aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$\% \text{ Su Emme} = [(\text{Yas pism  ş aę.} - \text{Kuru pism  ş aę.}) / \text{Kuru pism  ş aę.}] \times 100 \quad (16)$$



Resim 3.9 Su emme tankı

3.6.5 Eğme Mukavemeti

Eğme mukavemet değerleri ölçülecek olan pism  ş numuneler eğme mukavemet cihazında uygun bir mesnet açıklığında yerleştirilir. Daha sonra presin üst ayağı numunenin ortasına

gelecek şekilde sabitlenerek artan bir kuvvet uygulanır. Kırma noktasında işlem durdurularak manometredeki kgf olarak eğme mukavemeti tespit edilir. Bu çalışmada tabletlere ilave edilen katkı miktarlarına bağlı olarak eğme mukavemeti değerlerinde değişim olduğu görülmüştür. Resim 3.10 da kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS EN 538).

Eğme mukavemeti kgf cinsinden aşağıdaki formül uygulanarak bulunur:

$$R = 3FL / 2bh^2 \quad (17)$$

F: Kırılma yükü, N

L: Mesnet çubukları arasındaki mesafe, mm

b: deney numunesinin genişliği, mm

h: Deneyden sonra kırılmış kenar boyunca ölçülen en küçük kalınlık, mm

Bu çalışmada kullanılan mesnet açıklığı 14 mm'dir.



Resim 3.10 Eğilme mukavemeti cihazı

3.6.6 Tane Boyut Dağılımı

Bu çalışmada kullanılan kil hammaddelerinin tane boyut dağılımlarını tespit etmek amacıyla elek analizi (kuru ve yas) yöntemi kullanılmıştır. Titreşimli elek kullanılarak eleme gerçekleştirilmiştir. Elek açıklıklarının tıkanmasını önlemek için titreşimli elekten sonra numuneler su ile birlikte elenmiştir. Eleme sırasında 3, 2,1 mm ve 500, 250 µm'lik elekler kullanılmıştır. Resim 3.11 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS 2745).



Resim 3.11 Elek takımı

3.6.7 X – Işınları Kırınımı (XRD-XRF)

Bu inceleme Anadolu Üniversitesi Seramik Araştırma Merkezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi (TUAM) ve ÇİMPOR Çorum Çimento fabrikasında yapılan analizler ile gerçekleştirilmiştir. Resim 3.12 ve 3.13 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Resim 3.12 XRF cihazı



Resim 3.13 XRD cihazı

3.6.8 Deformasyon

Şekillendirilen numunelerde kuruma ve pişme esnasında oluşan iç bükey veya dış bükey düzlemsellikten sapmaları belirlenmektedir. Bu amaçla düz bir zemin üzerine alınan numunelerin düzlemsellikten sapmalar hesaplanmaktadır. Resim 3.14 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS EN 1024).



Resim 3.14 Deformasyon ölçüm cihazı

3.6.9 Dona Dayanım

Pişmiş ürünler 30 çevrimlik bir donma-çözünme işlemine tabi tutulmaktadır. 12 saat süre ile derin dondurucuda bekletilen numuneler 12 saat süre ile oda sıcaklığına su içinde bekletilerek donma çözünme çevrimi uygulanmaktadır. Numunelerde çevrim sonrasında numune kaybı %1 in altında olmalıdır. Resim 3.15 de kullanılan cihazın resmi verilmiştir (TS EN 539-2).

$$\% \text{ Kayıp} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}] \times 100 \quad (18)$$



Resim 3.15 Donma –Çözünme işleminde kullanılan dondurucu

3.6.10 Ateş Zayıtı

Kuru numunelerin pişirme işlemi sonrasında kaybettikleri ağırlık kayıplarının grevümetrik analizidir. Karbonatların ve sülfatların parçalanması ile ayrıca organiklerin yanması ve kristal suların uzaklaşası ağırlık kaybına neden olmaktadır (TS 3245).

$$\% \text{ A.Z.} = [(\text{İlk ağırlık} - \text{Son ağırlık}) / \text{İlk ağırlık}] \times 100 \quad (19)$$

3.6.11 Pişme Rengi

Piştirilen ürünlerde kırmızı renk tonlarının kontrolü yapılmaktadır. Renk dalgalanması ve uygun kiremidi rengin oluşumu tespit edilmektedir.

3.6.12 Dökme Yoğunluğu

Hammaddelerin dökme yoğunlukları dökme yoğunluğu aparatı kullanılarak tespit edilmektedir. Resim 3.16 da kullanılan cihazın resmi verilmiştir.



Resim 3.16 Dökme yoğunluğu aparatı

4. BULGULAR

4.1. Hammadde

4.1.1 Fiziksel Testler

Numunelere uygulanan fiziksel testlerde deney programına göre hazırlanan numuneler testlere tabi tutulmuştur. Uygulanan testler TS EN standartlarına uygun test yöntemleridir ve ilgili test standartları içerisinde belirlenmiştir. Çizelge 4.1 de verilen fiziksel test sonuçlarını saha çalışmasından alınan numuneler üzerine uygulanmıştır. Endüstriyel ölçekte uygulanan üretim proseslerine paralel şekilde hazırlanan numunelere uygulanan testler hammaddenin tuğla-kiremit üretimine uygunluğunu kontrol etmektedir.

Çizelge 4.1 Tuğla-Kiremit killeri fiziksel test sonuçları

DENEY	BİRİM	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	STANDART
Yüzey Nemliliği	: %	12	8	9,21	11,06	8,21	9,65	12	11.6	12	12	13	9.21	9	6,78	7,22	5,45	4,21	10 (TS3245)
Dökme Yoğunluk	: gr/cm ³	1,44	1,7	1,68	1,65	1,64	1,68	1,64	1,65	1,65	1,72	1,73	1.78	1,68	1,65	1,58	1,65	1,72	1,4 - 1,8 (TS)
Karbonat İhtivası	: %	8,18	1,08	0,75	0,89	1,44	1,05	5.55	7.28	14,68	14,96	3,79	1,92	9,90	6,67	5,96	5,77	1,61	0,7-9,5
Plastisite	: %	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,3	2,2	2,2	3,3	2,2	2,2	3,3	2,2	2,2	3,3	2,2	2,2-3,3 (TS 5396)
Yoğrulma Suyu	: %	23,5	32	34	22,5	28,2	18	23,2	25,5	18,5	35,8	18	34	35,5	28	33,5	24	33,5	20-27 (TS 5396)
Şekillendirme	: Yöntem	Alçı Kalıplama ve metal kalıp birlikte kullanılmıştır																	
Kurutma	: °C/h	25°C/12h-50°C/2h-75°C/h-105°C/h																	Sbt. Tartım
Kuruma Deformasyonu	: %	1,12	1,55	1,65	2,01	0,88	0,78	3.2	3	3	4,88	2	1,12	2,2	0,85	0,85	0,25	0,33	max 2,5 (TS EN 1024)
Kuru Küçülme	: %	10	9,21	6,74	7,82	6,74	9,81	3.5	5,3	7.9	11.2	5,12	4,61	10	4,62	8,43	9,54	8,34	6-8 (TS 4897)
Kuru Eğme Mukavemeti	: kg/cm ²	22,77	21,5	23,55	24,85	16,73	14,65	9.48	20,3	16.42	21.12	5,77	15,79	7,1	7,85	13,34	21,3	14,6	Min 25 (TS EN 538)
Sinterleme	: °C/h	10°C/dak - 970°C 4 saat																	Min 900 °C
Pişirim Deformasyonu	: %	1,23	1,85	1,82	2,14	0,89	0,80	3.3	3,12	3.2	5.12	2,4	1,27	2,2	0,88	0,98	0,28	0,35	max 2,5 (TS EN 1024)
Pişme Küçülme	: %	12,08	10,2	7,91	8,45	7,14	11,21	3.8	6,32	8.2	12	8,6	5,42	11	4,88	9,22	9,76	9,23	6-10 (TS 4897)
Pişmiş Eğme Mukavemeti	: kg/cm ²	46	55,78	65,97	99,95	65,38	45,88	43.9	96,1	105.9	-	31,57	40,76	86,61	38,45	44,6	54,7	92,1	Min 75 (TS EN 538)
Ateş Zayılatı	: %	9,24	11,88	9,12	10,25	10,49	10,22	7.33	10,3	15.81	17.23	5,93	8,01	13,13	9,37	7,45	8,21	8,12	max 12 (TS 3245)
Pişme Rengi	: Renk	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	--	--	--	+	-	+
Su Emme	: %	15,88	9,78	*	11,88	13,66	10,72	18.63	19,8	18.36	*	17,6	17,81	18,22	18.43	14,5	14,8	18,3	Max 10-15 (TS 4897)
Dona Dayanım	: gr/gün	0,75	0,55	*	-	0,25	0,25	0,82	0,61	1,42	*	0,92	0,54	0,33	0,71	0,88	0,35	0,32	Max %1 (TS EN 539-2)

* Deforme olmuş numunelerde ve ölçülememiş sonuçlar.

Fiziksel test sonuçları numunelerin temel kalite testleridir. Çizelge 4.1 de verilen test sonuçları incelendiğinde numunelerin genelinde su emme oranları ve renk oluşumları açısından sıkıntı olduğu görülmektedir. Yoğrulma suyu değerleri özellikle 3, 10, 12, 13, 15 ve 17 numaralı numunelerde yüksek olarak gözlenmiştir. Kuruma sonrasında en büyük deformasyon 10 numaralı numunede tespit edilirken 4, 8, 9, 13 ve 17 numaralı numunelerin haricindeki numunelerin mukavemet değerleri standartların altındadır. Dona dayanımında 9 numaralı numune olumsuz sonuç vermiştir. Kuru mukavemetleri 7, 11, 13, 14 ve 15 numaralı numunelerde düşük çıkmasının endüstriyel üretimde sorun yaratabileceği kanısı ön plana çıkmaktadır.

4.1.2 Tane Boyut Dağılımı

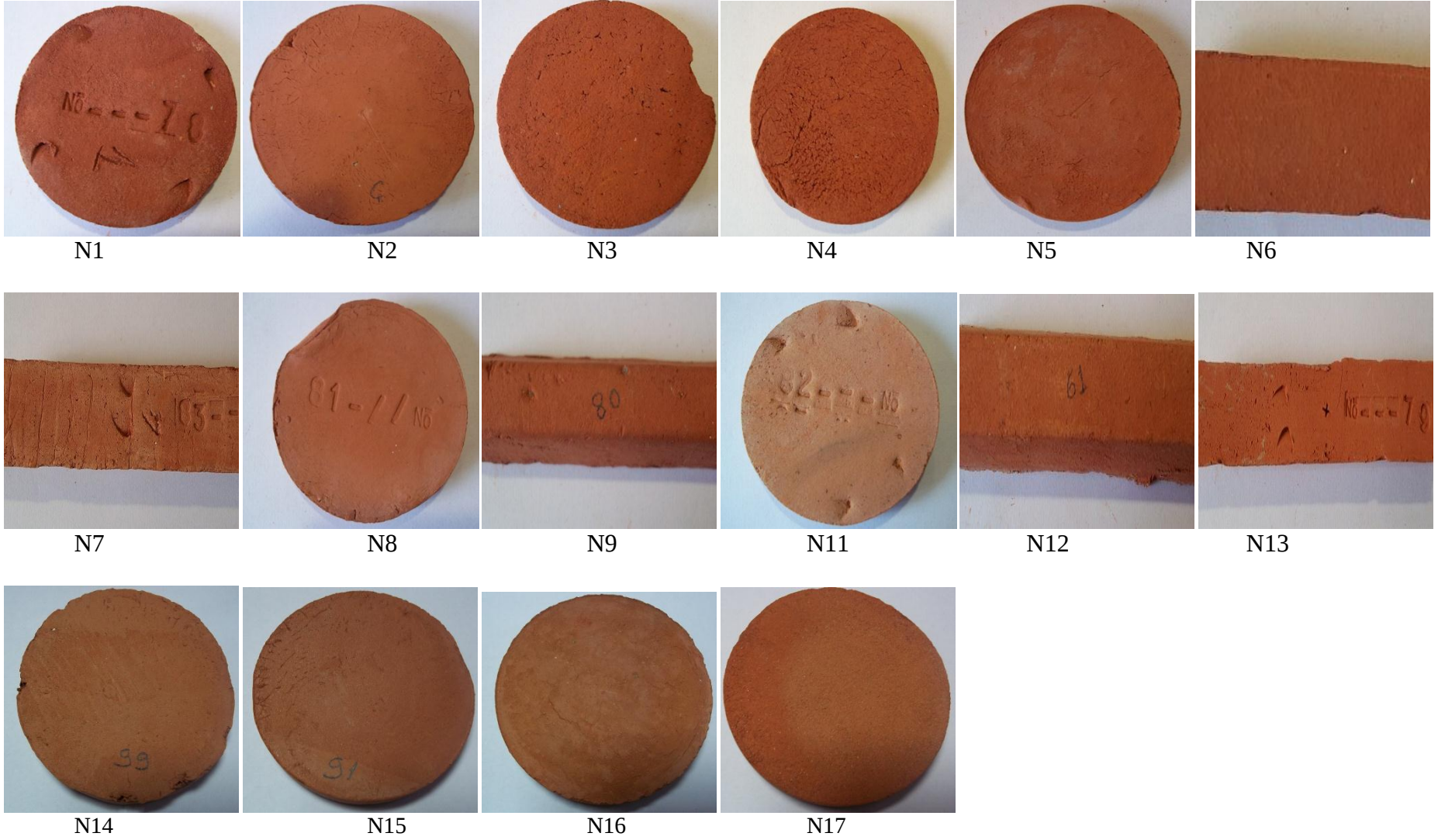
Çizelge 4.2 Tuğla-Kiremit killeri tane boyut dağılımları

Elek Açıklık	% E.Ü.Dağılım				
	N1	N8	N9	N10	N13
3mm	27.95	0,82	26,42	33,29	0,55
2mm	16.54	1,14	2,81	22,05	0,75
1mm	11.48	4,46	1,95	21,87	1,66
0,5mm	9.14	12,28	1,89	22,79	15,45
0,25	7.28	16,28	33,07	0,00	27,57
Tava	27.61	65,04	33,86	0,00	54,02

Tane boyut dağılımları sadece öğütülen kayaçlaşmış haldeki numuneler için uygulanmıştır. Diğer numuneler kayaç formunda olmadığı için tane boyut dağılımları kontrol edilmiştir. Diğer numunelerin tamamı endüstriyel üretimde kullanılan -2mm tane boyutunun altında olduğu görülmüştür.

4.1.3. Numunelerin Pişirme Örnekleri

Test aşaması için ve pişme renklerinin kontrolü amacı ile elektrikli kül fırınında pişirilen numunelerin görünümleri resim 4.1 de verilmiştir. Numunelerin tamamına aynı pişirme rejimi ve ortamı uygulanmıştır.



Resim 4.1 Tuğla-Kiremit killeri pişmiş numune görünümleri

Pişirme işlemi uygulanan ve resim 4.1 de görselleri verilen numuneler incelendiğinde özellikle 11, 12 ve 13 numaralı numunelerin renkleri standart renklerin altında olduğu belirlenmiştir. Numunelerin renkleri satış ve pazarlama açısından büyük önem arz etmektedir. Renk açısından uygun olmayan numunelerde kırmızı çamur katkısının olumlu etki yapacağı düşünülmektedir.

4.2 Karışımlar

4.2.1 Fiziksel Test Sonuçları

Saha çalışmasından alınan ve fiziksel test aşamasından geçirilen numunelerde standart altı değerlerin tespiti sonrasında bu özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile reçete çalışması yapılmıştır. Çizelge 4.3 de bu karışımlar ile ilgili fiziksel test sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.3 Karışım numuneleri fiziksel test sonuçları

DENEY		BİRİM	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	STANDART
			%20 N8 %80 N13	%40 N8 %40 N13 %20 N11	%30 N8 %60 N13 %10 N11	%20 N8 %70 N13 %10 N11	%15 N8 %80 N13 %5 N11	%30 N8 %70 N13	%40 N8 %60 N13	%40 N8 %50 N13 %10 N11	
Yüzey Nemliliği	:	%	2	2	2	2	2	2	2	2	10 (TS 3245)
Plastisite	:	%	2,2	3,3	2,2	2,2	2,2	3,3	2,2	2,2	2,2-3,3
Yoğrulma Suyu	:	%	27,5	27,1	23,5	25,5	24,88	33,00	25,5	18,5	20-27
Şekillendirme	:	Yöntem	Alçı Kalıplama ve metal kalıp birlikte kullanılmıştır								Kalıp
Kurutma	:	°C/h	25°C/12h-50°C/2h-75°C/h-105°C/h								Sbt. Tartım
Kuruma Deformasyonu	:	%	2,8	2,1	3,4	3,88	1,12	3,11	2,21	1,22	max 2,5 (TS EN 1024)
Kuru Küçülme	:	%	10	8	9	9,4	9,82	9,75	9,81	8,92	6-8 (TS 4897)
Kuru Mukavemet		kg/cm ²	20,27	16,96	23,4	21,46	19,21	21,88	20,14	15,25	Min 25 (TS EN 538)
Sinterleme		°C/h	10°C/dak - 970°C 4 saat								Min 900 °C
Pişirim Deformasyonu		%	3,1	2,2	3,45	3,95	1,15	3,35	2,25	1,22	max 2,5
Pişme Küçülme		%	11	8,15	10,12	10,2	9,9	10	9,85	8,99	6-10 (TS 4897)
Pişmiş Mukavemet		kg/cm ²	73,57	60,67	66,34	79,33	72,25	74,12	71,25	65,54	Min 75 (TS EN 538)
Ateş Zayıatı		%	12,14	9,42	10,72	11,15	10,85	10,37	10,45	10,88	max 12 (TS3245)
Pişme Rengi	:	Renk	Kırmızı- Turuncu	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kızıl Kahve	Kiremidi Kahve
Su Emme	:	%	18,54	19,38	19,24	19,5	18,21	19,33	19,88	19,08	Max 10-15 (TS 4897)
Dona Dayanım	:	gr/gün	0,34	0,52	0,45	0,48	0,40	0,45	0,48	0,39	Max %1 (TS EN 539-2)

Çizelge 4.3 de verilen ve numunelerin standart altı özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile yapılan reçetelendirme çalışmalarında genel anlamda numunelerin olumsuz özellikleri elemine edilmiştir.

Hazırlanan karışımların plastik özellikleri incelendiğinde içerik yapılarına göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. N8 ve N11 numuneleri plastisiteyi düşürmekte ve yoğrulma suyunda artışa sebebiyet vermektedir. N12 numune ise plastisiteyi arttırmakta ve yoğrulma suyu oranını düşürmektedir.

Hazırlanan karışımlarda grafikte görüldüğü üzere N13 ve N8 deformasyonda düşüş sağlamaktadır ve özellikle N8 kuruma deformasyonuna etkisinin fazla olduğu görülmektedir.

Karışımlar incelendiğinde N13 ve N8 numunelerinin küçülmelere olumlu etkisinin olduğu görülmektedir. Toplam küçülme değerlerinin genel olarak sınır değeri aşmadığı görülmemekle beraber N8 numunesinin toplam küçülmeye etkisinin N13 numunesine göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Karışım numunelerinin genel olarak nihai mukavemetlerinin standartların altında olduğu görülmektedir. Numunelerden N13 numaralı numunenin mukavemette artış sağladığı görülmektedir.

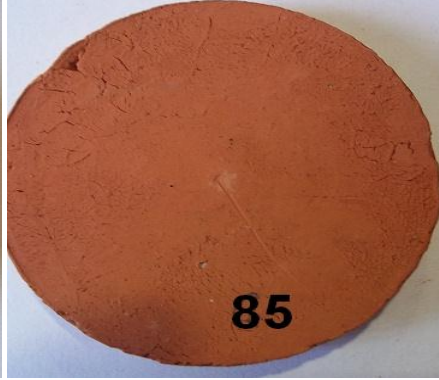
Grafik incelendiğinde genel olarak tüm numunelerde su emme değerlerinin standartların üzerinde olduğu görülmektedir. N13 numunesi su emme değerinde düşüş sağladığı görülmektedir.

4.2.2 Karışım Numunelerinin Pişme Renkleri

Test aşaması için ve pişme renklerinin kontrolü amacı ile elektrikli kül fırınında pişirilen numunelerin görünüşleri resim 4.2 de verilmiştir. Numunelerin tamamına aynı pişirme rejimi ve ortamı uygulanmıştır.



K1



K2



K3



K4



K5



K6



K7



K8

Resim 4.2 Karışım numuneleri pişirim sonrası görünümü.

4.3. Kırmızı Çamur Katkılı Numuneler

4.3.1 Fiziksel Test Sonuçları

Fiziksel test aşamasından geçirilen numunelerde standart altı değerlerin tespiti sonrasında bu özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile Kırmızı çamur katkılandırma çalışması yapılmıştır. Çizelge 4.4 de bu karışımlar ile ilgili fiziksel test sonuçları verilmektedir. Kırmızı Çamur katkılandırmada temel amaç su emmeyi düşürerek mukavemet artışı ve pişme renklerinin iyileştirilmesidir.

Çizelge 4.4 Kırmızı çamur katkılı numuneler fiziksel test sonuçları

DENEY		BİRİM	KÇ1	KÇ2	KÇ3	KÇ4	KÇ5	KÇ6	KÇ7	KÇ8	KÇ9	KÇ10	KÇ11	STANDART
			N12 %2 KÇ	N12 %5 KÇ	N12 %8 KÇ	N13 %2 KÇ	N13 %5 KÇ	N13 %8 KÇ	N13 %10 KÇ	N11 %2 KÇ	N11 %5 KÇ	N11 %8 KÇ	N11 %10 KÇ	
Yüzey Nemliliği	:	%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10 (TS 3245)
Şekillendirme	:	Yöntem	Alçı Kalıplama ve metal kalıp birlikte kullanılmıştır											Kalıp
Kurutma	:	°C/h	25°C/12h-50°C/2h-75°C/h-105°C/h											Sbt. Tartım
Kuruma Deformasyonu	:	%	1,15	1,21	1,25	0,88	2,21	2,25	2,25	2,12	2,15	2,25	2,28	max 2,5 (TS EN 1024)
Kuru Küçülme	:	%	6,0	6,22	7,0	11,8	12	11,85	11,6	6,12	6,15	6,25	6,4	6-8 (TS 4897)
Ham Dayanım		kg/cm²	21,14	28,65	21,14	21,12	21,88	21,98	21,92	17,21	17,88	17,18	17,99	Min 25 (TS EN 538)
Sinterleme		°C/h	10°C/dak – 970°C 4 saat											Min 900 °C
Pişirim Deformasyonu		%	1,16	1,23	1,25	0,88	2,25	2,25	2,28	2,12	2,15	2,25	2,30	max 2,5 (TS EN 1024)
Pişme Küçülme		%	6,8	8,2	7,2	12	12,85	13,12	12,4	7,74	6,18	6,32	6,98	6-10 (TS 4897)
Nihai Mukavemet		kg/cm²	61,7	118,3	66,21	208,47	165,8	129,52	166,47	37,26	51,43	43,1	42,17	Min 75 (TS EN 538)
Ateş Zayıatı		%	7,08	7,09	7,32	10,09	10,25	10,36	11,07	5,15	5,45	5,60	5,73	Max 10-15 (TS 3245)
Pişme Rengi	:	Renk	kum kahve	kızıl kahve	kızıl kahve	turuncu	kızıl kahve	kızıl kahve	kızıl kahve	Kum Kahve	turuncu kahve	kırmızı kahve	kırmızı kahve	Kahve
Su Emme	:	%	15,71	16,91	18,13	16,25	17,68	18,84	18,91	17,42	17,57	17,88	19,50	Max 10-15 (TS 4897)
Dona Dayanım	:	gr/gün	0,37	0,72	0,41	0,38	0,42	0,21	0,18	0,27	0,24	0,28	0,25	Max %1 Kayıp (TS EN 539-2)

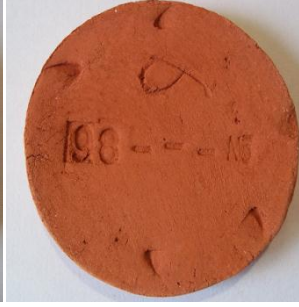
4.3.2 Kırmızı Çamur Katkılı Pişmiş Numuneler



KÇ1



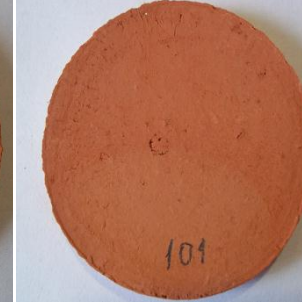
KÇ2



KÇ3



KÇ4



KÇ5



KÇ6



KÇ7



KÇ8



KÇ9



KÇ10



KÇ11

Resim 4.3 Kırmızı çamur katkılı numunelerin pişme sonrası görünümü

Kırmızı Çamur katkılı numunelerde katkı oranına bağılı olarak renk oluşumlarının istenilen seviyelere geldiğı saptanmıştır. Çizelge 4.4 ve Resim 4.3 sonuçları incelendiğinde N12 numunesine %2 kırmızı çamur katkısı toplam deformasyonda düşüş sağlamıştır ve artan oranlarda deformasyon yükselmektedir. Deformasyonlar kabul edilebilir sınırlar içerisinde ve kırmızı çamurun olumsuz etkisi olmamıştır. En iyi sonuç deformasyon olarak % 2 katkıda görülmüştür.

Toplam küçülme oransal olarak % 5 katkı yüzdesine kadar artış göstermiştir ve t % 5-8 arasında düşüş göstermiştir fakat toplamda küçülmeler artış göstermiştir.

Kırmızı çamur katkısının mukavemette olumlu etki yarattığı görülmektedir. Katkısız numuneye göre artış görülmesine nazaran en olumlu etkinin %5 katkının en iyi sonucu verdiği görülmektedir.

Kırmızı çamur katkısı su emmeyi düşürmektedir ve özellikle %2-5 katkı oranlarında etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.%8 katkıda ise ham ürünün su emmesinin üzerinde bir su emme değerine ulaşıldığı görülmektedir. Katkılandırma özellikle %2-5 arasında yapılırsa su emme değeri bariz olarak düşüş göstermektedir.

N13 numunesinde katkı olarak kullanılan kırmızı çamur % 2 oranında deformasyonda yüksek oranda düşüş sağlamıştır. Genel olarak ham numunede ve katkılı numunelerde deformasyon sınır değeri aşmamaktadır.

N13 Numunesinde katkı olarak kullanılan kırmızı çamur küçülme yüzdelerinde artışa sebebiyet vermiştir fakat %8-10 oranları arasında düşüş olduğu görülmektedir.

Kırmızı çamur katkısı N13 numunesinin mukavemetinde artış sağlamıştır. Özellikle % 2 değerinde artış bariz şekilde yükselmiştir. Tüm değerlerin standartların üzerinde olduğu görülmektedir ve kırmızı çamur katkısını mukavemetteki olumlu etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

Katkı olarak kullanılan kırmızı çamur % 2 oranında bariz olarak düşüş sağladığı görülmektedir. Oranın artışıyla su emme değeri yükselişe geçmiştir ve genel olarak su emme yüksek olduğu görülmektedir.

N11 numunesinde katkı olarak kullanılan kırmızı çamur deformasyonda düşüş sağlamaktadır ve deformasyon değerlerinin standartlar dahilinde olduğu görülmektedir.

Kırmızı çamur katkısı N11 numunesinin küçülme oranlarında iyileşme sağlamıştır. %5 katkıya kadar düşüş devam etmekte ve daha yüksek oranlarda ise yükselişe geçtiği görülmektedir.

Kırmızı çamur katkısı ile hazırlanan N11 numunesinde katkının mukavemete olumlu etkisinin olduğu görülmektedir. %5 oranında atış yüzdesi diğer oranlara göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Katkı olarak kullanılan kırmızı çamur N11 numunesinde su emme değerini arttırmıştır ve fakat özellikle %2 olarak yapılan katkıda su emme kısmen düşüş göstermiştir ve üst oranlarda su emme değerinde artış tespit edilmiştir. Genel olarak su emme oranları standartların üzerindedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışmada Çorum ili çevresinde yaklaşık 50 km çapında bir alanda yapılan arazi çalışmasından numuneler toplanmıştır ve bu numuneler fiziksek ve kimyasal analizlere tabi tutulmuşlardır. Ayrıca standart altında tespit edilen özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile karışım ve kırmızı çamur katkılandırma aşamaları uygulanmıştır.

Arazi çalışmasında alınan numunelerin genelinde su emme oranlarının yüksek olduğu ve bazı numunelerin renk açısından uygun olmadığı gözlenmiştir. Numuneler plastisite özellikleri açısından farklılık göstermektedir.

Bu amaçla alınan numunelerin oransal karışımları denenmiştir. Çizelge 4.3 ve Resim 4.2 incelendiğinde N8 ve N11 numuneleri plastisiteyi düşürmekte ve yoğrulma suyu artışı sebebiyet vermektedir. N12 numune ise plastisiteyi arttırmakta ve yoğrulma suyu oranını düşürmektedir.

N13 ve N8 deformasyonda düşüş sağlamaktadır ve özellikle N8 kuruma deformasyonuna etkisinin fazla olduğu görülmektedir.

N13 ve N8 numunelerinin küçülmelere olumlu etkisinin olduğu görülmektedir. Toplam küçülme değerlerinin genel olarak sınır değeri aşmadığı görülmemekle beraber N8 numunesinin toplam küçülmeye etkisinin N13 numunesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. N13 numaralı numunenin mukavemete artış sağladığı görülmektedir.

Ayrıca N13 numunesi su emme değerinde düşüş sağladığı görülmektedir. Sonuç olarak yapılan analizlerde genel olarak sorunun su emme değerinin yüksekliği ve renklerin istenilen özelliklerde olmadığı sonucuna varılmıştır.

Seydişehir Kırmızı Çamur atığı katkısı kullanılarak olumsuz özellikler düşürülmüştür ve standart seviyelere yaklaşmıştır. Deformasyonlar kabul edilebilir sınırlar içerisinde ve kırmızı çamurun olumsuz etkisi olmamıştır.

En iyi sonuç % 2 katıda görülmüştür. Küçülme oransal olarak 5 katkı yüzdesine kadar artış göstermiştir ve % 5-8 arasında düşüş göstermiştir. Fakat toplamda küçülmeler artış göstermiştir.

Mukavemette olumlu etki yarattığı görülmektedir. Katkısız numuneye göre artış görülmesine nazaran en olumlu etkinin %5 katkı ile sağlandığı sonucu görülmektedir.

Su emmeyi düşürmektedir ve özellikle %2-5 katkı oranlarında etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. %8 katkıda ise ham ürünün su emmesinin üzerinde bir su emme değerine ulaşıldığı görülmektedir. Katkılandırma özellikle %2-5 arasında yapılırsa su emme değeri bariz olarak düşüş göstermektedir.

Kırmızı çamur küçülme yüzdelerinde artışa sebebiyet vermiştir fakat %8-10 oranları arasında düşüş olduğu görülmektedir. Tüm değerlerin standartların üzerinde olduğu görülmektedir ve kırmızı çamur katkısını mukavemetteki olumlu etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Kırmızı çamur % 2 oranında bariz olarak düşüş sağladığı belirlenmiştir.

Oranın artışıyla su emme değeri yükselişe geçmiştir ve genel olarak su emmen yüksek olduğu görülmektedir. Kırmızı çamur katkısı renk olarak istenilen renklerin yakalanmasında olumlu sonuçlar vermiştir.

Kırmızı çamur katkısının % 5 oranında ve altında katılması tuğla-kiremit hammaddelerinin nihai üründeki kalitelerini arttırmakta ve istenilen renklerde ürün eldesi ne imkan sağlamaktadır.

Yapılan çalışma ile özellikle renk, su emme ve mukavemet değerleri açısından tuğla-kiremit imalinde kullanımı kısıtlanan hammaddelerin karışım ve kırmızı çamur katkılandırma çalışmaları ile endüstriyel anlamda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Akıncı, A. (2004). Polimer Matriksli Kompozitlerde Katkı Malzemelerinin Yapı ve Özelliklere Etkisi. Doktora Tezi. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Aksu, S. (2001). Kırmızı Çamur Bileşenlerinin Hidroklorik Asit Çözeltisindeki Çözünürlükleri. Yüksek Lisans Tezi. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya.
- Akyıl, H. ve Altıok, V. (1983). Boksitten Alumina Üretiminin Onuncu Yılı, *Etibank Bülteni*, **50**: 3-4
- Akyol, A., İnan, K. ve Suner, F., (1985). Jeokimyaya Giriş, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası Gümüşsuyu/ İstanbul, 166-191 S.
- Alp, A. (1990). Zonguldak Boksitlerinin Alümina Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Biçerer Ç. (2008). Killerin Piirme Davranışları. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya
- Fursman, O. C. (1970). Utilization Of Red Mud Residues From Alumina Production, Report Of Investigation 7454, Bureau Of Mines, Washington.
- Göral, M., S. (1999). Kırmızı Çamurdan Alümina'nın Geri Kazanımında Verimlilik Koşullarının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Gözmen, T., Yüzer, H., Kalafatoglu, E. ve Balkas, T. (1983). Kırmızı Çamurun Değerlendirilmesi", Tübitak Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Kimya Araştırma Bölümü, Gebze.

- Gülfen, G. (1998). Hidroklorik Asit zeltisinde Milas Boksit Cevherlerinin znrlğ”, Yüksek Lisans Tezi, SA Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya
- Işık, İ., (1996). Kil ve Kil Minerali Tanımı, Aipea ve Cms Terminoloji Komitelerinin Ortak Raporu. *Seramik Dünyası Dergisi*, **3**: 1-15.
- Kara, M. ve Emrullahoglu, . F. (1994). Seydişehir Kırmızı amurunun Yapı Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, II. Uluslararası Seramik Kongresi Bildiri Kitabı. 21-28 Ekim. İstanvul, 181-189.
- Kara, M., Eker M., A. ve Emrullahoglu . F. (1995). Katkılı Kırmızı amurun Yapı Malzemesi Olarak Kullanım İmkanlarının Araştırılması, 8. Uluslar Arası Metalurji ve Malzeme Kongresi. 6-9 Haziran. İstanbul, 1435-1440.
- Kara, M., Emrullahoglu, . F., Gktas, A. A., Baykara, T., Günay, V. ve zkan, T., (1996). Çevreye Zararlı Atıkların Malzeme Olarak Değerlendirilmesi. *Metal Dünyası Dergisi*. **35** : 33-39.
- Kavas T. (1997). Seydişehir Kırmızı ve Kırka Bor Atıkları Kullanılarak Kaliteli Yapı Malzemesi retim İmkanının Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyonkarahisar
- Kibici, Y. (1986). Seramik Hammaddeleri, Bilecik Meslek Yüksek Okulları Yayınları Bilecik.
- Kiper, B. (1977). Killerin Jeolojik zellikler, Millot (1970) ve Grim (1968)’den eviri, Ankara.
- Konig R., (1998). Drying Ceramics, Novokeram, 1st Ed., Krumbach.
- Kvande, H. (1993). *Introduction To Aluminium Electrolysis*, Aluminium-Verlag, Dusseldorf,.

Sigmond, G., Solymar, K., Toth, P., Çev.Gencer, E. and Nemli, H. F. (1979). Boksitten Alumina Üretiminin Kimyasal Temeli ve Teknolojisi. Alumina Üretiminde Grup Eğitimi, United Nations Industrial Development Organization, Aluterv-Fk1,.

Şahin S., (2001) Türkiye’de Tuğla-Kiremit Sanayiinin Genel Görünümü ve Çorum İli Örneği. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. **21/2**: 19-41

TS 3245 Beyaz Seramik Yapımında Kullanılan Kilerde Rutubet ve Kızdırma Kaybı Miktarları Tayini İçin Kimyasal Analiz Metotları

TS 5396 Kaolin-Seramik Sanayiinde Kullanılan

TS 4897 Kil - Seramik Yapımında Kullanılan – Kuruma ve Pişme Küçülmesinin Tayini

TS EN 538 Çatı Kiremitleri Kilden Yapılmış Sürekli Olmayan (Bindirmeli)Eğilme Dayanımı Deneyi

TS 2745 Seramik Yapımında Kullanılan Kiler-Sulu Elek Analizi

TS EN 1024 Çatı Kiremitleri-Kilden Yapılmış- Sürekli Olmayan (Bindirmeli) Geometrik Özelliklerin Tayini

TS EN 539-2 Çatı Kiremitleri - Kilden Yapılmış - Fiziksel Özelliklerinin Tayini - Bölüm 2: Dona Dayanıklılık Deneyi

TUKDER. (2007). Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği. Tuğla ve Kiremit Sanayi Bilgileri Raporu. Ankara

TUKDER. (2009). Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği. Tuğla ve Kiremit Sanayi Bilgileri Raporu. Ankara

TIKDER. (2010). Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği. Tuğla ve Kiremit Sanayi Bilgileri Raporu. Ankara

Uğur, F. A. (2005). Kıl Minerallerinin Radyoaktif Maddeleri Tutma Özelliklerinin, Kılın Yapısına ve İşlem Koşullarına Bağlılığının İncelenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.

Uzun D. (2006). Kırmızı Çamurdan Demir ve Aluninyumun Sülfirik Asit Çözeltisindeki Çözünme Kinetiği. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya

Yalçın, N. (1995). Kırmızı Çamurun Seramik Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Sakarya.

Yarar Y.İ. (2006). Kiremitlerin Fiziksel Özelliklerinin İyileştirilmesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, , Afyon.

Yegen, A. (2002). Sulardaki Fosfatın Kimyasal Atık Maddeler Kullanılarak Adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ümit KUŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Çorum / 07.09.1985

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : umit_kus@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çorum Eti Lisesi /2001

Lisans : Afyon Kocatepe Üni. Mühendislik Fakültesi

Malzeme Bilimi Mühendisliği /2008

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü

Malzeme Bilimi Mühendisliği/2012

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Çorum Toprak San.Mam.Paz.A.Ş./2010

Yayınları (SCI ve diğer) : -

Diğer konular :-