ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Birol KARAMAN

DAĞYOLU FORMASYONU (KUZEY KIBRIS) KİLLERİNİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEREK TUĞLA-KİREMİT ÜRETİMİ İÇİN UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA- 2017

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAĞYOLU FORMASYONU (KUZEY KIBRIS) KİLLERİNİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEREK TUĞLA KİREMİT ÜRETİMİ İÇİN UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Birol KARAMAN

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…/….. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

……	……	……
Prof. Dr. Özen KILIÇ	Prof. Dr. Mesut ANIL	Doç. Dr. Ümit ATICI
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

…….	……..…..……
Yrd. Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN	Yrd. Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden İşletme Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2013019

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

DAĞYOLU FORMASYONU (KUZEY KIBRIS) KİLLERİNİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEREK TUĞLA KİREMİT ÜRETİMİ İÇİN UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

Birol KARAMAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2017, Sayfa: 166
Jüri : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Doç. Dr. Ümit ATICI
: Yrd. Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN
: Yrd. Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI

Kuzey Kıbrıs doğal kaynak çeşitliliği bakımından son derece sınırlı olanaklara sahip olan mikro ölçekli bir ada ekonomisine sahiptir. Ekonomisi turizme ve yüksek öğrenime dayanan Kuzey Kıbrıs'ta her iki alanda da artmakta olan inşaat yatırımları, kaliteli inşaat malzemelerine olan ihtiyacı da doğal olarak artırmaktadır.

Kaliteli inşaat malzemelerine olan ihtiyacı karşılamak üzere son on yılda ülkede yapılan teknoloji yatırımları ithalat rakamlarının düşmesi bakımından önemli sonuçlar doğurmuş olsa da özellikle tuğla üretiminde ortaya çıkan yüksek fire oranları çevresel açıdan olumsuz sonuçlar doğurmakta, işletme ekonomisine zarar vermektedir. Bu bakımdan tuğla kiremit üretiminin ana hammaddesi konumunda olan kil yataklarının kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve malzeme özelliklerinin karakterize edilmesi bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır.

Doktora tezi kapsamında Yılmazköy ile Geçitkale arasında kalan ve tuğla kiremit üretimine elverişli olan kil yatakları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Killi birimleri temsil eden Dağyolu Formasyonundan alınan numunelerin fiziksel, kimyasal, mineralojik ve diğer teknolojik özellikleri tespit edilmiş, tuğla ve kiremit üretimine uygunlukları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar uyarınca kil yataklarının basınç dayanımları esas alınarak jeoistatistik yöntemlerle yatakların sınıflandırılması yapılmış ve hammadde sahaları bu sınıflandırmaya uygun olarak haritalandırılmıştır.

Sonuç olarak tuğla üretimi için en uygun hammadde sahalarının 900 °C pişirme sıcaklığında; Görneç, Serdarlı, Haspolat'ın kuzey batısı, Taşkent, Pınarbaşı, Dağyolu, Yılmazköy ve Şirinevler yerleşim birimlerinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuzey Kıbrıs, Kil, Tuğla, Kiremit

ABSTRACT

PhD THESIS

THE DETERMINATION OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DAĞYOLU FORMATION (NORTHERN CYPRUS) CLAY DEPOSITS AND THE INVESTIGATION OF SUITIBILITY FOR BRICK AND TILE PRODUCTION

Birol KARAMAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2017, Page: 166
Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL
: Prof. Dr. Özen KILIÇ
: Assoc. Prof. Dr. Ümit ATICI
: Asst. Prof. Dr. Yasin ERDOĞAN
: Asst. Prof. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI

The Northern Cyprus (NC) has the status of a micro scaled island economy that has very limited options regarding the variety of natural resources. In NC where the economy is based on tourism and higher education the increasing construction investments in both sectors consequently increases the need for high quality construction materials.

Although the technological investments that have been made in the last decade in NC in order to supply the need for the quality construction materials have had important consequences regarding the decrease in import numbers, the high wastage ratio especially in brick production has environmentally negative results, and harms the business economics. In this respect, an extensive investigation of clay deposits that are the main raw material of brick and tile production and the characterization of their properties have become imperative.

In this PhD thesis the clay deposits lying between Yılmazköy and Geçitkale that are suitable for brick and tile production have been investigated in detail. The physical, chemical, mineralogical and other technological properties of samples taken from Dağyolu formation representing clayey formation have been identified and their suitability for brick and tile production has been addressed. In the light of these results, based on their compressive strength, clay deposits have been classified using geostatistical methods and the raw material sites have been mapped accordingly.

As a result the most suitable raw material sites for brick and tile production at 900 °C have been identified to exist in the areas of Görneç, Serdarlı, the northwest of Haspolat village, Taşkent, Pınarbaşı, Dağyolu, Yılmazköy and Şirinevler.

Key Words: Northern Cyprus, Clay, Brick, Tile

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Kuzey Kıbrıs doğal kaynak çeşitliliği bakımından son derece sınırlı olanaklara sahip bir ada ekonomisine sahiptir. Ekonomisi turizme ve yüksek öğrenime dayanan Kuzey Kıbrıs'ta her iki alanda da artmakta olan inşaat yatırımları, kaliteli inşaat malzemelerine olan ihtiyacı da doğal olarak artırmaktadır.

Küçük bir coğrafya olması sebebiyle doğal kaynak kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan çevresel etkilerin daha fazla hissedildiği Kuzey Kıbrıs'ta madenciliğe dayalı sanayi faaliyetlerinin daha planlı bir şekilde sürdürülmesi bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Kaliteli inşaat malzemelerine olan ihtiyacı karşılamak üzere son on yılda ülkede yapılan teknoloji yatırımları ithalat rakamlarının düşmesi bakımından önemli sonuçlar doğurmuş olsa da özellikle tuğla üretiminde ortaya çıkan yüksek fire oranları çevresel açıdan olumsuz sonuçlar doğurmakta, işletme ekonomisine zarar vermektedir. Bu bakımdan tuğla kiremit üretiminin ana hammaddesi konumunda olan kil yataklarının kapsamlı bir şekilde incelenmesi ve malzeme özelliklerinin karakterize edilmesi bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır.

Tez çalışması kapsamında yapılan ön jeolojik incelemelerde Değirmenlik Grubuna bağlı Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının tuğla-kiremit üretimi bakımından elverişli olabileceği değerlendirilmiş, bahse konu sahaların sanayi bölgelerine olan yakınlıkları ve ulaşım olanakları da göz önünde tutularak detay inceleme çalışmaları başlatılmıştır.

Bu amaçla, Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının Doğu-Batı yönünde uzanmakta olduğu Geçitkale ile Yılmazköy yerleşim birimleri arasındaki bölge tez çalışması kapsamında üç bölgeye ayrılmış ve her sahayı temsil edecek sayıda numune alınmıştır.

Bu çerçevede; Girne-Lefkoşa anayolunun doğusu ile Değirmenlik-Girne Anayolu'nun batısı I. Bölge, Girne-Lefkoşa anayolunun batısı ile Yılmazköy'e

kadar olan bölge II. Bölge ve Değirmenlik-Girne anayolunun batısından Geçitkale yerleşim birimine kadar olan bölge de III. Bölge olarak adlandırılmıştır.

I. Bölge olarak adlandırılan saha, ülkede faaliyetlerini sürdürmekte olan iki tuğla fabrikasının da bulunduğu Haspolat Sanayi Bölgesi'ne en yakın lokasyondaki saha olarak öne çıkmaktadır.

II. Bölge olarak adlandırılan saha, Alayköy Organize Sanayi Bölgesi'ne yakınlığı ile dikkat çekmektedir. Ancak, bu bölgede taş ve toprak ürünlerine dayalı bir sanayi tesisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte bahse konu saha, askeri bölgelerin ve tarımsal amaçlı arazilerin yoğun olarak bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Bu bakımdan bu bölgeden, diğer bölgelere oranla daha az sayıda numune alınabilmiştir.

III. Bölge olarak adlandırılan saha ise hem Haspolat Sanayi Bölgesi'ne yakın bir konumdadır hem de bu bölgeye yakın bir yerleşim birimi olan Aslanköy'de taş ve toprak ürünlerine dayalı sanayi tesisleri bulunmaktadır.

Sahadan numune alma çalışmalarının tamamlanması sonrasında iki farklı amaçla analizler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sahadan alınan hammaddelerin fiziksel, ısıl, mineralojik ve kimyasal özellikleri araştırılarak hammadde özellikleri karakterize edilmiştir. İkinci olarak ise sahadan alınan hammaddelerle tuğla bünyeleri üretilerek, 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve bu örneklerin kalite analizleri yapılmıştır.

Her iki amaçla sürdürülen analizler, TS 4790 (1986) (Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu) standardındaki metotlar yanında literatürde yer alan diğer analiz metotlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.

Hammaddelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi maksadıyla; rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları belirlenmiş, yaş elek analizleri yapılarak iri tanelerin cinsi tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm numunelerin plastiklik suyu analizleri yapılarak rastgele örnekleme yöntemi ile seçilen altı adet numunenin kıvam limitleri belirlenmiştir.

Hammaddelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi sonrasında numunelerin ısıl özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla TG-DTA analizleri, mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRD analizleri ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da XRF analizleri yapılmıştır.

Sahadan toplanan numunelerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi sonrasında TS 4790 (1986) standardı uyarınca tuğla bünyeleri üretilmiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilerek kalite analizleri yapılmıştır.

Pişmiş örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toplam doğrusal küçülme, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve su emme analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca pişmiş örneklerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri çekilerek SEM-EDX analizleri yapılmıştır.

Basınç dayanımı değerleri diğer örneklere göre daha düşük sonuçlar veren hammaddeler üç farklı katkı malzemesi ile karıştırılarak yeniden 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve toplam doğrusal küçülme değerleri kaydedilerek basınç dayanımı analizleri yapılmıştır.

Tüm bölgelerden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyeleri için yapılan basınç dayanımı analiz sonuçlarına göre en uygun pişirme sıcaklığının 900 °C olduğu belirlenmiştir. Numune alımı yapılan Yılmazköy ile Geçitkale yerleşim birimleri arasında Doğu-Batı yönündeki 50 km'lik mesafede tuğlanın mekanik özellikleri bakımından en önemli özelliği olan basınç dayanımı sonuçlarına ve pişirme sıcaklıklarına göre jeoistatistik yöntemler kullanılarak kalite kontur haritaları oluşturulmuştur.

Sonuç olarak 900 °C pişirme sıcaklığında tuğla üretimi için en uygun hammadde sahalarının doğudan batıya doğru Görneç, Serdarlı, Haspolat köyünün kuzey batısı, Taşkent, Pınarbaşı, Dağyolu, Şirinevler ve Yılmazköy yerleşim birimleri içerisinde bulunan hammaddeler olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda gerçekleştirmiş olduğum doktora çalışmam esnasında bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren, karşılaştığım her sorunda beni anlayışla karşılayan ve tüm varlığı ile yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Özen KILIÇ'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI'na ne kadar teşekkür etsem azdır. Aynı şekilde çalışmalarım esnasında tüm bilgi ve tecrübesini benimle paylaşmakta tereddüt etmeyen Sayın Prof. Dr. Mesut ANIL'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimde yer almayı kabul eden Sayın Doç. Dr. Ümit ATICI'ya ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasin ERDOĞAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında hammadde analizlerinin çeşitli bölümlerinde değerli katkılarını esirgemeyen arkadaşlarım ve meslektaşlarım Sayın Dr. Mahmut ALTINER'e, Sayın Arş. Gör. Esma KAHRAMAN'a, Sayın Arş. Gör. Abdülkadir ÜRÜNVEREN'e, Sayın Tuncay NAZIROĞLU'na ve Sayın Turhan ÖZNESİL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yaptığımız her araştırma, her çalışma ülkemize ve birlikte yaşadığımız insanlara karşı, bir sorumluluğumuzun daha yerine getirilmesidir. Özellikle mühendisler olarak, yaşadığımız çevrede gerçekleştirilen üretim faaliyetlerinin önce toplumun geneline yarar sağlayan bir hale dönüştürülmesi için uğraş vermeliyiz. Bu tez, böyle bir çabanın ürünü olup doğal kaynaklara dayalı sanayi üretimi araştırmalarında son derece bakir olan Kıbrıs adasına mütevazı bir katkıdan ibarettir.

Bu süreçte en başından beri yanımda olan ve her türlü katkıyı sorgusuz bir şekilde sağlayan aileme minnettarım. Onlar olmasaydı, bu çalışma da olmazdı.

Tezim, her türlü zorluğa ve kısıtlamaya rağmen üretimden kopmayan Kıbrıslı Türklere ve dünyanın neresinde olursa olsun iş kazalarında hayatını kaybeden maden emekçilerine ithaf olunur.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VII
İÇİNDEKİLER VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 7
2.1. Killer ve Seramik Malzemeler 15
2.2. Killerin Sınıflandırılması 17
2.2.1. Jenetik Sınıflandırma 17
2.2.2. Mineralojik Sınıflandırma 18
2.2.3. Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırma 19
2.3. Seramik Hammaddesi Olarak Killerin Özellikleri 20
2.3.1. Killerin Fiziksel Özellikleri 20
2.3.1.1. Killerin Plastiklik Özelliği 20
2.3.1.2. Killerin Özlülük ve Özsüzlük Özelliği 21
2.3.1.3. Kuruma ve Küçülme 22
2.3.1.4. Kuru Mukavemet 22
2.3.1.5. Pişme Rengi ve Ateş Kaybı 23
2.3.2. Killerin Kimyasal Özellikleri 23
2.3.3. Killerin Mineralojik Özellikleri 24
2.3.4. Killerin İmalat Özellikleri 25
2.3.5. Killerin Diğer Teknik Özellikleri 25
2.4. Killeri Tanıma Araçları 26
2.4.1. X Işınları Difraksiyonu 26

2.4.2. Termal Analizler.....27
2.4.2.1. Diferansiyel Termal Analiz (DTA) 27
2.4.2.2. Dilatometre.....28
2.4.3. Elektron Mikroskopları ve Diğer Yardımcı Malzemeler.....29
2.5. Tuğla ve Kiremit Topraklarının Oluşumu.....29
2.6. Tuğla-Kiremit Üretim Sistemleri ve Aşamaları 31
2.6.1. Hammadde Hazırlama.....33
2.6.2. Şekillendirme.....35
2.6.3. Kurutma.....35
2.6.4. Pişirme.....36
2.7. Çalışma Sahasının Özellikleri 36
2.7.1. Kıbrıs'ın Konumu.....36
2.7.2. Kıbrıs'a ait Jeolojik Çalışmalar.....37
2.7.3. Çalışma Sahasına İlişkin Jeolojik Bilgiler.....41
2.7.4. Kuzey Kıbrıs'ta Ekonomiye Genel Bakış 43
2.7.5. KKTC'de Madenciliğe Genel Bakış ve Tuğla Üretiminin Tarihçesi 44
2.7.5.1. 1950 ile 1974 Yılları Arasındaki İlk Dönem.....47
2.7.5.2. 1974-1990 Yılları Arasındaki İkinci Dönem.....48
2.7.5.3. 1990'lı Yıllardan Günümüze Kadar Olan Üçüncü Dönem 49
3. MATERYAL VE METOD 51
3.1. Materyal 51
3.1.1. I. Bölgeden Alınan Numuneler.....53
3.1.2. II. Bölgeden Alınan Numuneler 55
3.1.3. III. Bölgeden Alınan Numuneler.....56
3.1.4. Katkı Malzemeleri.....56
3.1.5. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar 58
3.2. Metod 59
3.2.1. Fiziksel Analizler.....59
3.2.1.1. Rutubet Miktarı ve Kızdırma Kaybı.....59

3.2.1.2. Yaş Elek Analizi 60
3.2.1.3.İri Tanelerin Cinsinin Belirlenmesi 61
3.2.1.4. Plastiklik Suyu ve Kıvam Limitleri 61
3.2.1.5. Kuruma Küçülmesi ve Toplam Doğrusal Küçülme Tayini 63
3.2.2. Termal Analizler (DTA) 64
3.2.3. Mineralojik Analizler 65
3.2.4. Kimyasal Analizler 65
3.2.5. Mekanik Analizler ve Su Emme Analizi 66
3.2.5.1. Kuru Kırılma (Eğilme) Mukavemeti Tayini 66
3.2.5.2. Pişmiş Numunelerde Eğilme Mukavemeti Tayini 66
3.2.5.3. Basınç Mukavemeti 67
3.2.5.4. Su Emme Analizi 67
3.2.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) 68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 69
4.1. Hammadde Analizleri 70
4.1.1. Fiziksel Analiz Sonuçları 70
4.1.1.1. Rutubet Miktarı, Kızdırma Kaybı ve Yaş Elek Analizi 71
4.1.1.2. Plastiklik Suyu, Plastisite İndisi ve Küçülme 78
4.1.2. Isıl Analizler 83
4.1.3. Mineralojik Analizler 85
4.1.4. Kimyasal Analiz Sonuçları 89
4.1.5. Mekanik Analizler ve Su Emme Analizi 96
4.1.5.1. Kuru Kırılma ve Pişmiş Numunelerde Eğilme Dayanımı 97
4.1.5.2. Basınç Dayanımı Sonuçları 101
4.1.5.3. Su Emme Analizi Sonuçları 104
4.1.6. SEM ve EDX Analizleri 107
4.1.7. Katkılı Numunelere ait Bulgular 116
4.1.7.1. Toplam Doğrusal Küçülme Sonuçları 117
4.1.7.2. Basınç Dayanımı Sonuçları 117

4.1.7.3. XRD Analizleri.....121
4.1.8. Sahaların Basınç Dayanımlarına Göre Sınıflandırılması.....122
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 127
KAYNAKLAR.....133
ÖZGEÇMİŞ.....143
EKLER.....144

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. I. bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar 54
Çizelge 3.2. II. bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar..... 55
Çizelge 3.3. III. bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar..... 56
Çizelge 4.1. I. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi 73
Çizelge 4.2. II. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi 74
Çizelge 4.3. III. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi 74
Çizelge 4.4. I. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları..... 79
Çizelge 4.5. II. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları..... 80
Çizelge 4.6. III. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları..... 80
Çizelge 4.7. Bölgeleri temsil eden örneklerin kıvam limitleri..... 81
Çizelge 4.8. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları..... 90
Çizelge 4.9. I. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları 97
Çizelge 4.10. II. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları..... 98
Çizelge 4.11. III. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları..... 98
Çizelge 4.12.I. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları 102
Çizelge 4.13. II. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları 103
Çizelge 4.14. III. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları..... 104
Çizelge 4.15. I. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları 105
Çizelge 4.16. II. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları..... 106
Çizelge 4.17. III. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları..... 106
Çizelge 4.18. Katkılı numunelerin toplam doğrusal küçülme sonuçları..... 117

Çizelge 4.19. Katkılı numunelerin basınç dayanımı sonuçları 119

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Hoffman tip tuğla fırını 32
Şekil 2.2. Tünel tip tuğla fırını 33
Şekil 2.3. Tuğla üretim aşamalarının sematik gösterimi 34
Şekil 2.4. Kıbrıs üzerindeki jeolojik birliklerin ana hatlarıyla dağılımı 39
Şekil 2.5. 2016 yılında Girne-Lefkoşa anayolunda gerçekleştirilen bir yol kazısı sırasında ortaya çıkan, Dağyolu formasyonuna ait bir kesit 42
Şekil 3.1. Numune lokasyonlarını gösterir harita 52
Şekil 3.2. Dağyolu Formasyonu içerisinde gözlemlenen kumtaşı tabakaları 52
Şekil 3.3. I. bölgeden alınan numulere ait lokasyon haritası 54
Şekil 3.4. II. bölgeden alınan numulere ait lokasyon haritası 55
Şekil 3.5. Gönendere köyünde kerpiç bloklarla inşa edilen eski bir yapı 57
Şekil 3.6. III. bölgeden alınan numunelere ait lokasyon haritası 57
Şekil 3.7. Laboratuarda kullanılan alet ve ekipmanlar 58
Şekil 4.1. I. bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları 76
Şekil 4.2. II. ve III. bölgelerden alınan numunelerin rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları 76
Şekil 4.3. Kıvam limitlerini gösteren plastisite kartları 82
Şekil 4.4. DF-7 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (Birinci Bölge) 84
Şekil 4.5. DF-17 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (İkinci Bölge) 84
Şekil 4.6. DF-25 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (Üçüncü Bölge) 85
Şekil 4.7. DF-2, DF-4, DF-11, DF-21 ve DF-24 kodlu numunelerin XRD grafikleri 86
Şekil 4.8. DF-7, DF-13, DF-16 ve DF-27 kodlu numunelerin XRD grafikleri 86
Şekil 4.9. DF-1, DF-5, DF-9, DF-10, DF-26 ve DF-30 kodlu numunelerin XRD grafikleri 87

Şekil 4.10. DF-14 ve DF-20 kodlu numunelerin XRD grafikleri 88
Şekil 4.11. DF-6, DF-12, DF-17, DF-26 kodlu numunelerin XRD grafikleri 88
Şekil 4.12. I. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri 93
Şekil 4.13. II. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri 94
Şekil 4.14. III. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri 95
Şekil 4.15. Tuğla bünyelerinde görülen çiçeklenme sorunları.....96
Şekil 4.16. I. bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları.....99
Şekil 4.17. II. ve III. bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları.....100
Şekil 4.18. I. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımları 102
Şekil 4.19. II. ve III. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımları 103
Şekil 4.20. %10 kuvars katkılı DF-2 numunesinin farklı sıcaklıklardaki SEM görüntüleri.....107
Şekil 4.21. %10 HCl katkılı DF-21 numunesinin farklı sıcaklıklardaki SEM görüntüleri.....108
Şekil 4.22. DF-3 800 °C SEM görüntüsü.....109
Şekil 4.23. DF-3 800 °C EDX analizi.....109
Şekil 4.24. DF-3 900 °C SEM görüntüsü.....110
Şekil 4.25. DF-3 900 °C EDX analizi.....110
Şekil 4.26. DF-3 1000 °C SEM görüntüsü.....111
Şekil 4.27. DF-3 1000 °C EDX analizi.....111
Şekil 4.28. DF-5 800 °C SEM görüntüsü.....113
Şekil 4.29. DF-5 800 °C EDX analizi.....113
Şekil 4.30. DF-5 900 °C SEM görüntüsü.....114
Şekil 4.31. DF-5 900 °C EDX analizi.....114

Şekil 4.32. DF-5 1000 °C SEM görüntüsü.....115
Şekil 4.33. DF-5 1000°C EDX analizi.....115
Şekil 4.34. Katkılı numunelerin toplam doğrusal küçülme değerleri.....118
Şekil 4.35. DF-2 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları 119
Şekil 4.36. DF-21 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları 120
Şekil 4.37. DF-29 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları 121
Şekil 4.38. DF-21 kodlu numunenin %10 HCl katkısı ile üretilen örneklerinin XRD sonuçları.....122
Şekil 4.39. 900 °C pişirme sıcaklığındaki kalite kontur haritası.....123
Şekil 4.40. Kurutma sırasında ortaya çıkan çatlaklar.....124
Şekil 4.41. Üretim sonrasında ortaya çıkan fire ürünler 125

1. GİRİŞ

Kalkınmanın önemli unsurlarından birisi olan madencilik, bir yandan yanlış yürütülen kalkınma politikaları, öte yandan yükselen korumacı yaklaşımlar sebebiyle toplumların yoğun tepkisine neden olmaktadır. Bu ikili açmaz içerisinde çeşitli yanlış bilgilendirme ve yönlendirmelerle birlikte madencilik faaliyetleri kamuoyu baskısı altında sürdürülmekte ve kalkınma süreçlerine sağlayacağı katkı giderek azalmaktadır.

Ülkelerin gelişimlerinde önemli bir rol oynayan madencilik işlemleri günümüzde birçok ülkede bu tepkiler sebebiyle yeni düzenlemelere tabi tutulmuş ve birçok yasal düzenlemeler geliştirilmiştir.

1990'lı yıllara kadar ÇED raporu hazırlamak, sürekli kontrollerde bulunmak, arazi planlaması, tahrip edilen arazilerin doğaya yeniden kazandırılması ve iyileştirilmesine odaklanan çalışmalar 2000'li yıllarla birlikte yerini "madenciliğin sürdürülebilirliği" ilkesine bırakmıştır. Buna göre; maden kapatma planlamasının, madenciliğin her aşamasında yapılması ve bu planlamanın da yıllık olarak gözden geçirilmesi üzerinde durulmaktadır (Düzgün, 2009).

Buna karşın kamuoyunun şeffaf bir biçimde, doğru verilerle bilgilendirilmediği ve toplumların karar alma süreçlerine demokratik kanallarla katılmadığı ülkeler, madenciliğin yaratmakta olduğu tahribatı nasıl giderecekleri ile meşgul olmakta ve mesafe almakta zorlanmaktadırlar. Ülkelerin yasal düzenlemelerinde yer alan limit değerler içerisinde gerçekleşen çevresel etkiler bile şikâyet konusu olmakta, açık işletmeler sebebiyle oluşan görüntü kirliliği tepkiyle karşılanmaktadır. Bir taraftan daha güzel yollarda seyahat etmek, daha güzel yaşam alanlarında barınmak isteyen insanlar öte yandan çevrenin de hiç tahrip edilmemesini istemektedir.

Doğada yapılan her türlü faaliyetin çevreye bir etkisi olduğu bilindiğine göre daha güzel yollarda seyahat etmenin, daha güzel yaşam alanlarında barınmanın maliyeti, çevrenin belirli ölçülerde bu faaliyetlerden etkilenmesidir.

Burada önemli olan, yapılan işlemlerin geçici bir süreliğine yapıldığının benimsenebilmesi ve kapsamlı bir proje temelinde üretim faaliyetleri sebebiyle ortaya çıkan çevre tahribatının nasıl giderileceğinin ortaya konmasıdır. Bu çerçevede ortaya konan çalışmaların samimi ve gerçekçi bir şekilde sürdürülmesi ve toplumların ikna edilmesi önemlidir. Burada da en büyük görev kuşkusuz maden mühendislerine düşmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) sınırları içerisinde bulunan ve tuğla-kiremit üretimi bakımından değerlendirilme potansiyeline sahip kil yataklarının fiziksel, kimyasal, mineralojik ve diğer teknolojik özellikleri bakımından incelenmesi ve üretime uygunluğunun araştırılmasıdır.

Tez çalışması kapsamında yapılan ön jeolojik incelemelerde Değirmenlik Grubuna bağlı Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının tuğla-kiremit üretimi bakımından elverişli olabileceği değerlendirilmiş, bahse konu sahaların sanayi bölgelerine olan yakınlıkları ve ulaşım olanakları da göz önünde tutularak detay inceleme çalışmaları başlatılmıştır.

Bu amaçla, Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının Doğu-Batı yönünde uzanmakta olduğu Geçitkale ile Yılmazköy yerleşim birimleri arasındaki bölge tez çalışması kapsamında üç bölgeye ayrılmış ve her sahayı temsil edecek sayıda numune alınmıştır.

Bu çerçevede; Girne-Lefkoşa anayolunun doğusu ile Değirmenlik-Girne Anayolu'nun batısı I. Bölge, Girne-Lefkoşa anayolunun batısı ile Yılmazköy'e kadar olan bölge II. Bölge ve Değirmenlik-Girne anayolunun batısından Geçitkale yerleşim birimine kadar olan bölge de III. Bölge olarak adlandırılmıştır.

I. Bölge olarak adlandırılan saha, ülkede faaliyetlerini sürdürmekte olan iki tuğla fabrikasının da bulunduğu Haspolat Sanayi Bölgesi'ne en yakın lokasyondaki saha olarak öne çıkmaktadır.

II. Bölge olarak adlandırılan saha, Alayköy Organize Sanayi Bölgesi'ne yakınlığı ile dikkat çekmektedir. Ancak, bu bölgede taş ve toprak ürünlerine dayalı

bir sanayi tesisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte bahse konu saha, askeri bölgelerin ve tarımsal amaçlı arazilerin yoğun olarak bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Bu bakımdan bu bölgeden, diğer bölgelere oranla daha az sayıda numune alınabilmiştir.

III. Bölge olarak adlandırılan saha ise hem Haspolat Sanayi Bölgesi'ne yakın bir konumdadır hem de bu bölgeye yakın bir yerleşim birimi olan Aslanköy'de taş ve toprak ürünlerine dayalı sanayi tesisleri bulunmaktadır.

Sahadan numune alma çalışmalarının tamamlanması sonrasında iki farklı amaçla analizler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sahadan alınan hammaddelerin fiziksel, ısıl, mineralojik ve kimyasal özellikleri araştırılarak hammadde özellikleri karakterize edilmiştir. İkinci olarak ise sahadan alınan hammaddelerle tuğla bünyeleri üretilerek, 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve bu örneklerin kalite analizleri yapılmıştır.

Her iki amaçla sürdürülen analizler, TS 4790 (1986) (Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu) standardındaki metotlar yanında literatürde yer alan diğer analiz metotlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.

Hammaddelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi maksadıyla; rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları belirlenmiş, yaş elek analizleri yapılarak iri tanelerin cinsi tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm numunelerin plastiklik suyu analizleri yapılarak rastgele örnekleme yöntemi ile seçilen altı adet numunenin kıvam limitleri belirlenmiştir.

Hammaddelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi sonrasında numunelerin ısıl özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla TG-DTA analizleri, mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRD analizleri ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da XRF analizleri yapılmıştır.

Sahadan toplanan numunelerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi sonrasında TS 4790 (1986) standardı uyarınca tuğla bünyeleri üretilmiş ve farklı sıcaklıklarda pişirilerek kalite analizleri yapılmıştır.

Pişmiş örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toplam doğrusal küçülme, eğilme dayanımı, basınç dayanımı ve su emme analizleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca pişmiş örneklerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri çekilerek SEM-EDX analizleri yapılmıştır.

Son olarak; basınç dayanımı değerleri diğer örneklere göre daha düşük sonuçlar veren hammaddeler üç farklı katkı malzemesi ile karıştırılarak yeniden 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve toplam doğrusal küçülme değerleri kaydedilerek basınç dayanımı analizleri yapılmıştır.

Doktora tez çalışması kapsamında hammadde ve pişmiş numune analizleri yanında konuyla ilgili literatürün de kapsamlı bir incelemesi yapılmıştır. Ayrıca, Kuzey Kıbrıs'ta üretim faaliyetlerini sürdürmekte olan tuğla fabrikaları ziyaret edilmiş ve üretim süreçleri içerisinde yaşanan problemler yerinde gözlemlenmiştir.

Kuzey Kıbrıs, küçük bir coğrafyaya yayılan ve temel ekonomik sektörleri turizm ve yüksek öğrenim olarak seçilen mikro ölçekli bir ekonomiye sahiptir. Ekonominin öncü sektörleri olarak seçilen turizm ve yüksek öğrenim alanları bina ve alt yapı gibi inşaat yatırımlarına ihtiyaç duymaktadır. Aynı şekilde yerleşik nüfusun konut ihtiyacını karşılamak için de inşaat yatırımları sürmektedir. Bütün bu ihtiyaçlar ise kaliteli inşaat malzemesine duyulan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Bu çerçeve içerisinde değerlendirildiğinde küçük bir coğrafyaya yayılan KKTC'de üretilecek ürünlerin kalite standartlarını karşılaması ve üretim artıklarının değerlendirilerek yeniden kullanılması çevrenin sürdürülebilirliği bakımından önem taşımaktadır. Bu gereklilikten hareketle tez çalışmasında tuğla fabrikalarında fire olarak ortaya çıkan ürünlerin geri dönüşümü konusuna da değinilmiştir.

Sonuç olarak sahadan alınan hammaddelerle üretilen tuğla bünyelerinin farklı sıcaklıklardaki basınç dayanımları kullanılarak sahaların kalite sınıflandırması yapılmış ve kalite kontur haritaları çıkarılmıştır.

Yapılan çalışma; sanayiye dönük bir çalışma olmakla birlikte kamu kurumlarının da faydalanabileceği unsurlar içermektedir. Tez çalışması; başta

sahaların ocak üretimi için ruhsatlandırılması aşamasında, tuğla-kiremit üretimine elverişliliğinin de göz önünde tutulması bakımından kullanılabilecektir. Böylelikle fabrikalarda üretilen ürünlerin kalite özelliklerinin artırılması ve fire-ikinci kalite oranlarının düşürülmesi sağlanabilecektir. Bununla beraber atık yönetimi ve yapı standartlarının geliştirilmesi bakımından çeşitli yasal ve teknik düzenlemelere katkı sağlayabilecek bir özellik taşımaktadır.

Kuzey Kıbrıs, küçük bir coğrafyaya sahip olan ve ekonomik karakteristikleri bakımından değerlendirildiğinde dış ticaret açığı sürekli olarak büyüyen bir yapıya sahiptir.

Nüfusun ve temel ekonomik sektörler olarak öne çıkan turizm ve yüksek öğrenim alanlarının gelişmesine bağlı olarak yatırım ihtiyaçları artmakta, bu da doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırmaktadır. Bu bakımdan tek başına ekonomik kalkınmayı hedefleyen yaklaşımlarla tek başına çevrenin korunmasını amaçlayan yaklaşımların toplumun refahının yükseltilmesine katkı sağlayamayacağı düşünülmektedir. Toplumun refah düzeyinin artırılması için mutlak surette etkili bir nüfus planlaması yapılması ve güncel nüfusa etki eden sektörlerin (eğitim ve yüksek öğrenim) gelişme hedefleri ortaya konurken bunun doğal kaynaklarla olan ilişkisinin de kurulması gerekmektedir.

Son olarak üretim faaliyetlerinin, alt yapı ve üst yapı yatırımlarının kalite standartlarını sağlayacak bir biçimde gerçekleştirilmesi ve bu yapılırken geri dönüşüm uygulamalarının da dikkate alınması doğal kaynak yönetimi bakımından son derece önemlidir.

Tez çalışması bu düşüncelerle ele alınmış, tuğla ve kiremit üretiminde kullanılabilecek hammaddeler tüm yönleri ile incelenmiş ve bu yataklardan üretim yapılması durumunda elde edilecek ürünlerin genel özellikleri ortaya konmuştur.

Farklı pişirme sıcaklıklarında elde edilen basınç dayanımları kullanılarak oluşturulan kalite kontur haritalarına göre 900 °C pişirme sıcaklığında tuğla üretimi için en uygun hammadde sahalarının doğudan batıya doğru Görneç, Serdarlı, Haspolat köyünün kuzey batısı, Taşkent, Pınarbaşı, Dağyolu, Şirinevler ve

Yılmazköy yerleşim birimleri içerisinde bulunan hammaddeler olduğu tespit edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tuğla, dünya tarihinde imalatı yapılan ilk yapı malzemesidir. Kil ve suyun buluşması ve bu karışımın ateş ile beraberliği tuğlanın doğuşunu oluşturmuştur (www.tukder.org, 2013). İlk tuğla üretim tesisi belki de insanlar tarafından yapılan ilk evdir diyebiliriz. Bu evler özellikle nehir kıyılarında ve deltalarda yer alan yerleşim bölgelerinde, yapılacak evlerin yanında oluşturulan basit bir üretim düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Bu konuda başlangıç tarihi vermek mümkün olmasa da Mezopotamya bölgesinde Dicle ve Fırat nehirleri kıyısında yapılan kazılarda bulunan pişmiş kil tabletler MÖ 13. yüzyılı göstermektedir (DPT, 2001).

Önceleri insan emeği ile elde şekillendirilen tuğlalar, bir süre sonra ihtiyaçlara cevap verememiş ve daha sağlam binalar, daha yüksek kuleler inşa etmek maksadıyla geliştirilmiştir. Bu binaların sağlam olma gerekliliği yanında estetik açıdan da göze hoş görünen binalar olması önemliydi. İşte bu aşamada "pişmiş tuğla" ortaya çıkmaktadır. Sıcak ve canlı bir renk barındıran ve yapısal olarak daha sağlam bir yapı malzemesi anlamına gelen pişmiş tuğlanın ortaya çıkışı MÖ 4. Yüzyılı işaret etmektedir. 1877-1917 yılları arasında Alman arkeolog Robert Koldway 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 yedi harikasından biri olan bu tarihi yapı, pişmiş tuğlanın sistemli ve düzenli olarak kullanıldığı ilk bina olarak kabul edilir (www.tukder.org, 2013).

Tarihçiler Babil Kulesi'nde 85 milyon adet tuğla kullanıldığını tespit etmişlerdir. Bugün bu miktarda bir tuğlayı ancak 5-6 gelişmiş fabrikanın 1 yıllık çalışmaları ile üretebileceğini düşünürsek, burada yapılan üretimin gerçekten de teknolojik açıdan değer taşıdığını kabul etmek gerekir. Babil kulesi işte bu nedenle tuğla üretimi ve endüstrisi açısından önemli bir simgedir (DPT, 2001).

Bu dönemlerde tuğla yapımı Anadolu'ya ve Avrupa'ya yayılmaya başlamıştır. Mezopotamya'da ise tuğla ve tuğla üretimi Asuslular, Persler,

Sasaniler ve İslam kültürü ile gelişmiş, değişik boyutlara taşınmıştır. Doğu ve batı kültürü hemen hemen ortak ilerlemiş, sonuçta tuğla, tüm yerleşim bölgelerinin vazgeçilmez yapı malzemesi olma özelliğini korumuştur. Yunanlı yazar Pindar, MÖ 5. yüzyılda Yunanlıların mermeri bularak heykel yapımında ve binalarda kullandığını anlatır. Yunanlıların mermeri önce binalarda duvar malzemesi olarak kullandığı fakat mermerin çeşitli olumsuzlukları nedeni ile tekrar tuğlaya dönüldüğü bilinmektedir.

Bu arada pişmiş tuğlanın kullanılmaya başlanması ile birlikte çatı malzemesi boşluğu yaşandı. Bu boşluk ise yine Korintlerin konkav kiremidi bulmuş olması ile dolduruldu. Korintler bugün çatılarımızda kullandığımız kiremitlere benzer kiremitler imal ettiler. Bu kiremitlerin bugün kullanmakta olduğumuz kiremitlerden tek farkları biraz daha kalın ve büyük boyutlu olmalarıydı. Yapılan araştırmalar ilk kullanılan kiremitlerin 2-3 cm kalınlığında, 50 cm eninde ve 80-100 cm boyunda olduğunu göstermektedir.

Kiremidi daha sonra Yunanlılar geliştirmiş, onlardan da Romalılar devralmıştır. Batı Avrupa'da Romalılar, Yunan kiremit formlarını mümkün olduğunca geliştirdiler.

Kiremit ve tuğlada ilk standartlar Romalılar tarafından geliştirilmiş ve uygulamaya sokulmuştur. Romalılar; kalınlık nedeni ile oluşan kuruma ve pişirme problemlerini çözmeye çalışmışlardır. Böylece bu konudaki ilk araştırma faaliyetleri de onlar sayesinde başlamıştır. Bu çalışmalar sonucunda mümkün olduğunca ince, fakat eskisine göre çok daha sağlam malzemeler üretmişlerdir.

İspanya, İngiltere, Fransa, Belçika ve Almanya'ya tuğla ve kiremidi tanıtan, kullanımının yaygınlaşmasını sağlayan da yine Romalılardır. O zamanlarda bina yapımında çalışan Romalı Lejyonerler günde kişi başına 120-140 adet büyük boy, 220-240 adet küçük boy tuğla üretiyorlardı (www.tukder.org, 2013).

Bir süre sonra tuğla artık sadece inşaat için imal edilen yapı malzemesi olmaktan çıkmış ve satmak için imal edilmeye, hatta yüzlerce kilometre uzaklıktaki bölgelere dahi deniz ve nehir yoluyla gönderilmeye başlanmıştır. Bunu da yine

Romalıların başardığı bilinmektedir. Zira tuğla ve kiremidi bir sanayi dalı haline getiren Romalılardır (www.tukder.org, 2013).

Anadolu'ya baktığımızda burada da gelişmelerin yukarıdaki tarihlere paralel olarak gerçekleştiği görülmektedir. Tarih kitapları, Anadolu'da ilk pişmiş tuğlanın endüstriyel anlamda üretim ve kullanımının MÖ 4. yüzyılda Lidyalılar tarafından başlatıldığını yazmaktadır. Bu dönem Babil kulesinin yapımı ile hemen hemen aynı dönemlere rastlamaktadır. Tuğla ve kiremit Anadolu'da Yunanlılardan sonra Bizanslıların katkılarıyla gelişmiştir. Daha sonra Selçuklular Bizanslılardan bu gelişmeyi devralmıştır. Selçukluların da bu konuda epeyce ilerledikleri bir gerçektir. Selçuklu mimarisinde tuğla özellikle taş ile birlikte önemli bir mimari birliktelik yaşamıştır. Bundan sonra Osmanlı dönemine geçiş yaşandığı ve Osmanlılar zamanında kiremit ve tuğla üretimi konusunda önemli gelişmeler yaşandığı görülmektedir.

Küçük ve konkav Osmanlı kiremitlerinin yapımı, bu dönemde gerçekleşmektedir. Anadolu'da kiremit ve tuğlaya ilk standardın Osmanlılar döneminde getirildiği bilinmektedir. Fatih Sultan Mehmet dönemi tuğlaları 4,5x28x28 cm ebatlarında, hatıllarda kullanılanlar ise daha ince imal edilmekteydi. Taban tuğlaları ise 25x25 cm boyutlarında ve kare şeklinde veya çapları 30-60 cm arasında değişen altıgenler biçimindeydi. Bu dönemlerde standartlar dışında üretilen tuğlaların inşaatlarda kullandırılmadığı hatta satışına dahi izin verilmediği bilinmektedir.

Bundan sonraki dönemde 18. yüzyıla kadar tuğla endüstrisinde önemli değişiklikler görülmemiştir. Fakat Rönesans sonrası Sanayi Devrimi'nin başlaması ile bu endüstri dalı da gelişmeye başlamıştır. Her şeyden önce standardizasyon çalışmaları ve emek yoğun çalışmanın mümkün olduğunca azaltılması konusu her dalda olduğu gibi tuğla ve kiremit endüstrisinde de ön plana çıkmaktadır. Teknolojinin en son gelişmeleri tuğla ve kiremitte bugün çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Her iki malzeme de halen 21. yüzyılın vazgeçilmezleri arasında yer almaktadır.

Günümüzde gerek tuğla gerekse kiremit üretimine ilişkin çalışmalar artarak devam etmektedir. Bir yandan nüfusun ve sosyal hayatın gelişimiyle birlikte artan konut ihtiyacına cevap vermek amacıyla araştırmacılar farklı coğrafyalarda bulunan kil yataklarından tuğla kiremit üretim olanaklarını araştırmaya devam etmekte, öte yandan çevresel değerlerin yükselişiyle beraber atık malzemelerin de değerlendirilmesi gündeme gelmektedir. Aynı şekilde binaların hafifletilmesi amacıyla farklı hammaddelerin karışımı ile daha hafif tuğla üretimi gerçekleştirmeye çalışan araştırmacılar, enerji sarfiyatını azaltacak uygulamaları da gündeme getirmeye çalışmaktadır.

Tuğla ve kiremit yüzyıllardır kullanılıyor olmasına ve çok bilinen bir malzeme olmasına karşın, 2000'li yıllarda bu malzeme üzerindeki araştırmalar tüm hızıyla devam etmektedir.

Literatür çalışmaları incelendiği zaman araştırmaların birkaç farklı başlıkta sürdürüldüğü görülmektedir. Çalışma başlıklarından ilki tuğla kiremit üretimine elverişli yeni hammadde sahalarının bulunması ile ilgili olan çalışmalardır.

Mevcut hammadde kaynaklarının katkı maddeleri veya artık malzemelerle geliştirilmeye çalışılması ise üzerinde yoğun olarak çalışılan konulardandır. Öte yandan tuğla ile farklı yapı malzemelerinin özelliklerini karşılaştıran ve enerji sarfiyatını azaltma maksatlı sürdürülen araştırmalar da literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Aşağıda bahse konu araştırmalardan belli başlı kaynaklar sunulmuştur.

Yaman ve Anıl (1985), Çukurova bölgesinde bulunan önemli kil yataklarının tuğla kiremit hammaddesi olarak kullanılabilirliğini çeşitli kimyasal, mineralojik ve mekanik analizler gerçekleştirerek araştırmıştır. Yapılan çalışmada Almanpınarı (Osmaniye) kil ocağının bağlayıcı kil olarak en uygun hammaddeyi verdiği tespit edilmiştir.

Sönmez ve Yorulmaz (1995), Kırka Boraks İşletmesi artık killerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmasında büyük miktarda ortaya çıkan artıkların işletmeye ciddi katkı sağlayacağını öngörmüştür. Bu amaçla konsantratör

ve bor türevleri artık killerinden numuneler alınarak deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Eskişehir bölgesindeki tuğla kiremit hammaddeleri ile farklı reçetelerin hazırlandığı çalışmada numune sıkıştırmasının iyi yapılamamış olmasına karşın artık killerin tuğla üretiminde kullanılabileceğinin anlaşıldığı ifade edilmiştir.

Deniz ve arkadaşları (1999), Isparta ve yöresinde bulunan kil yataklarının seramik üretimine uygunluğunu araştırmış ve bu amaçla altı bölgeden kil örnekleri alarak örneklerin kimyasal ve mineralojik özelliklerini incelemiştir. Yapılan çalışmada karbonat ve organik hammaddeler bakımından yüksek içeriğe sahip üç örneğin seramik hammaddesi olma özelliklerinin azaldığı, buna karşın diğer üç örneğin şekillenebilme ve renk özellikleri bakımından seramik hammaddesi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Müdüroğlu ve Atak (1999), Tekirdağ Hayrabolu bölgesinden elde ettiği kil numunelerinin özelliklerini inceleyerek farklı karışım oranlarında optimum özellikleri veren tuğla ürünlerini üretmeyi amaçlamıştır. Farklı karışım oranlarındaki reçetelerle hazırlanan tuğla bünyeleri üzerinde yapılan analizlerde su emme değeri, pişme küçülmesi ve benzeri özellikler karşılaştırılmıştır.

Demir ve Orhan (2001), Afyon bölgesi killeri ile pomza kumu karışımının tuğla üretiminde kullanım olanaklarını incelemiştir. Bu amaçla farklı karışımlar hazırlayarak elde edilen örnekleri TSE standartları uyarınca teste tabi tutmuştur. Elde edilen bulgular; farklı karışım oranlarında plastisite değerlerinin literatürde yer aldığı şekilde %13 ile %40 arasında bir değerde olduğunu, kuruma küçülmesinin %8'i geçmediğini, toplam küçülmenin ise %10'u aşmadığını göstermektedir. Pomza hammaddesinin farklı tane boyutlarında kullanımının da araştırıldığı çalışmada tane iriliğinin arttıkça basınç dayanımının azaldığı tespit edilmiştir.

Çiçek (2002), hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde pişmiş toprak tuğla, bims beton, gaz beton ve perlitli yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Yüksek lisans tez çalışması kapsamında pişmiş

toprak tuğlanın diğer yapı malzemelerine göre daha yüksek birim hacim ağırlığa sahip olması sebebiyle binalara ek bir yük getirdiğini, buna karşın yüksek bir elastisite modülü ve basınç mukavemetine sahip olması sebebiyle taşıyıcı sistemlere deprem yükü karşısında yardımcı olduğunu ifade etmektedir.

Ogle (2003), yaptığı çalışmada, perlit ve kil karışımından tuğla üretilebilirliğini araştırmıştır. Bu çalışmada düşük ağırlık ve yüksek mukavemet değerlerini veren oranın %85 perlit ve %15 kil karışımı olduğu belirlenmiştir. Denemelerde belirlenen en uygun karışımın 418 g perlit, 381 g kil ve 950 g su kullanılan reçete olduğu saptanmıştır. Deney sonuçlarında 0,45 g/cm^3 yoğunluklu tuğlalar üretilmiştir.

Emrullahoğlu ve arkadaşları (2004), Filyos Yurtbay tuğla fabrikası tuğla kırıklarının tuğla üretiminde kullanılabilirliği üzerine laboratuar ölçekli deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Normal reçeteye %5, %10, %15 ve %20 oranında tuğla kırığı katılan ürünler 850 ve 950 °C'de pişirilmiş ve çıkan ürünler test edilmiştir. Sonuç olarak katkı oranı arttıkça su emme değerlerinin azaldığı, pişme küçülmesi ve basma dayanımının ise arttığı tespit edilmiştir.

Aras ve arkadaşları (2005), KKTC sınırları içerisinde bulunan Değirmenlik Flişi kayaçlarının tuğla üretiminde kullanılabilirliğini incelediği çalışmasında Pliyo-Kuvaterner Mesarya Ovası killeri ile fliş kayaçlarını %50-50 oranında karıştırarak elde ettiği numunelerin kalite analizlerini gerçekleştirmiştir.

Kavas ve Arslan (2006), tuğla üretimi sırasında ortaya çıkan atık küllerin üretim aşamasında yeniden kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla küller öğütülerek farklı tane boyutlarında elenmiş ve belirli oranlarda tuğla bünyesine katılmıştır. Sonuç olarak artan kül katkısı ile numunelerin su emme ve açık porozite değerlerinde artış tespit etmiştir. Kapalı porların ise tane boyutundan bağımsız olarak kül içeriğinin artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde basınç mukavemetinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Yarar (2006), kiremitlerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinin araştırılması konulu yüksek lisans tez çalışmasında sepiyolit, şeker fabrikası atığı

melas, bor ve metil hidroksi etil selüloz ile vinil asetat katkısını standart bünyelere katarak değerlendirmelerde bulunmuştur. Sonuç olarak 500 µm altı sepiyolit katkısı haricindeki tüm karışımların su emme ve eğilme mukavemetlerinde iyileşmeler meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Aksin (2007), endüstriyel atıkların tuğla ve kiremit üretiminde değerlendirilmesi konulu yüksek lisans tezinde uçucu kül ile fosfojips karışımlarından yeni bir tuğla kiremit hammaddesi elde etmenin yollarını araştırmıştır. Tez çalışması sonucunda uçucu kül katkı miktarının artmasıyla kuruma ve pişme küçülmeleri ile rötrenin azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın fosfojips katkılı numunelerde fosfojips katkısının artmasıyla kuruma rötresinde artış belirlenmiştir. Yine de toplam küçülmenin, killi numunelerden daha düşük sonuçlar verdiği ifade edilmektedir.

Aydın (2007), termik santral atığı küllerin yapı tuğlası üretiminde kullanılmasının araştırılması konulu yüksek lisans tez çalışmasında kil hammaddesi ile termik santral atığı küllere borik asit ilavesi yaparak üretilen bünyelerin özelliklerini araştırmıştır. Yüksek lisans çalışması kapsamında yapılan araştırmalar borik asit katkısının sinterleşmeyi olumlu yönde etkilediği, camsı faz yapısını artırdığı ve buna bağlı olarak da mekanik özellikleri geliştirici etki yaptığı belirlenmiştir.

Ulusoy (2008), uçucu kül, tekstil fabrikası atık külü ve bazaltik pomzanın tuğla üretiminde katkı olarak kullanılması konulu yüksek lisans tez çalışmasında kil bünyelerine %5, %10 ve %20 oranında katkı kullanarak fiziksel ve mekanik sonuçları değerlendirmiştir. Ulusoy; tekstil külü ile bazaltik pomzanın birlikte, uçucu külün ise belirlenen oranlarda katkı maddesi olarak kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Bilgin ve arkadaşları (2009), Isparta ve çevresindeki kil yataklarından alınan kil örneklerinin fiziksel özelliklerini incelemiştir. Ayrıca kil minerallerinin cinsini belirlemek için X-ışınları kırınım ve diferansiyel termal analiz (DTA)

çalışmaları gerçekleştirmiş, kil minerallerinin jeokimyasal bileşimleri belirlenerek hammaddelerin tuğla üretimine uygun olup olmadıklarını araştırmıştır.

İşlek (2010), Bayburt ilinin bazı endüstriyel hammaddelerinin karakterizasyonu ve tuğla kiremit üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması konulu yüksek lisans tez çalışmasında bölgede faaliyetlerini sürdürmekte olan bir fabrikanın ürünlerindeki renk, mukavemet ve deformasyon özelliklerinin iyileştirilmesini araştırmıştır. Bölgede bulunan farklı hammaddelerle ürün özelliklerinin iyileştirilmesinin denendiği tez çalışmasında su emme oranının düşürülmesi ve mukavemetin belli ölçüde artırılması sağlanmıştır.

Güreş (2011), çatı kaplama malzemesi olarak kiremitlerin diğer kaplama malzemeleri ile karşılaştırılması konulu yüksek lisans tez çalışmasında ağırlıkla literatüre dayalı bir çalışma ortaya koymuş ve diğer kaplama malzemeleri ile kiremidin maliyet analizi üzerine bir karşılaştırma yapmıştır.

Coşkun ve arkadaşları (2015), gözenekli tuğla üretiminin ısı yalıtımındaki avantajlarını göz önünde bulundurarak farklı kalorilerde kömür katkısının tuğla bünyesinin porozitesine etkisini incelemiştir. Artan kömür katkı oranı ve artan kalori değeriyle açık porozitenin arttığını, kapalı porozitenin azaldığını, su emme değerlerinin standart reçeteye göre iki kat arttığını tespit etmiştir. Bu çerçevede açık porozitenin yüksek olması nedeniyle iç mekân kullanımlarına uygun tuğlalar üretilebileceğini belirlemiştir.

Yukarıda yer verilen çalışmalardan da görülebileceği üzere tuğla ve kiremit üretimi konusundaki çalışmalar günümüzde de farklı konu başlıklarında sürmektedir.

Farklı bölgelerde bulunan hammaddelerin çeşitli katkı malzemeleri kullanılarak geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde atıkların yeniden kullanımı konusunun giderek yaygınlaşmakta olduğu görülmektedir.

2.1. Killer ve Seramik Malzemeler

Kil kelimesi tane boyu ölçüsü, petrografik ve mineralojik bakımdan üç farklı anlam taşımaktadır. Tane boyutunun bir ölçüsü olarak ifade edilen kil, 2 ile 0,2 µm boyutundaki partiküllerden oluşan malzemeyi anlatmaktadır. Petrografik olarak ise kohezif toprakları anlatmakta, kohezyonlu malzeme veya çok ince taneli sedimanter kayaçlar bu isimle anılmaktadır. Mineralojik bakımdan ise bir mineral grubu anlamında kullanılmaktadır (Temur, 2001).

Bir kayaç terimi olarak sedimanter kayaçların ve toprakların mekanik analizlerinde tane iriliğini ifade eden bir terim olarak kullanılan kil; Wentfort tarafından 1922 yılında tane büyüklüğü 4 mikrondan (1/256 mm) daha küçük taneciklerin tarifinde kullanılmıştır. Genel olarak belirli bir kristal yapısına sahip, doğal, toprağımsı, ince taneli ve belirli miktarda su ile karıştırıldığında plastikliği artan bir malzemedir (Akar, 1987).

Kil mineralleri kompleks alüminyum hidrosilikatlar olup; alüminyum, silis ve suyun farklı şekillerdeki kompozisyonlarından oluşmuşlardır. Sayıları çok az veya az bulunan birkaç kil minerali dışında tüm kil mineralleri monoklinik ve triklinik sistemde kristalleşirler (Temur, 2001).

İçinde kil minerali ihtiva eden, belli ölçüde suyla karıştırıldığında plastik çamur haline gelen, şekillenme özelliğine sahip ve 900-1000 °C arasında pişirildiğinde, çatlamadan sertleşebilen bütün topraklar tuğla-kiremit imaline elverişli hammaddeler olarak adlandırılırlar (Köktürk, 2002).

Müdüroğlu (1999); çok eski devirlerden beri insanlar tarafından bilinen kilin şekillendirilip pişirilmesini; insanoğlunun yerleşik yaşam düzenine geçişiyle birlikte gelişen tarım ve hayvancılık evresinden sonraki en büyük aşama olarak ifade eder.

Bu hammaddeler içerisinde özellikle tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan killer; volkanik kayaların jeolojik ve bugün karşılaşılmayan şartlarda çözülmelerinden meydana gelir. Bununla birlikte kilin cinsi; ana kayacın cinsine ve geçirdiği eşlemlere bağlıdır (Köktürk, 2002).

Bazı minerallerinde alüminyumun yerini tamamen veya kısmen Fe ve Mg alırken; kalsiyum, potasyum ve diğer iyonları da içerebilirler (Akar, 1987).

Hiçbir zaman saf halde bulunmayan kil içerisinde alüminyum silikatlarla beraber ($2SiO_2.Al_2O_3.2H_2O$) kum, demir, magnezyum, sodyum, kalsiyum ve potasyum bileşikleri gibi diğer yabancı maddeler bulunabilir. Bu içeriğin değiştiği oranda killer de çok çeşitli renk ve özellikte olurlar. Çok miktarda kalsiyum ve magnezyum ihtiva eden killere marn adı verilir. Fazlaca demir oksit ve kum bulunan killere ise balçık adı verilir (Köktürk, 2002).

Killer plastik, yani şekil alabilen özellikleri dolayısı ile çok işe yararlar. Bu plastikliğin sebebi kil parçacıklarının pulcuklardan ibaret bulunmasıdır. Bu pulcuklar birbirlerine, aralarında bulunan suyun yüzey gerilimiyle yapışmış bulunurlar. Bu suyun içinde eriyik halde bulunan tuzların ve organik maddelerin de büyük önemi vardır. Bir kil ne kadar ince, kolloidler ne kadar çok ve alkalik nedenlerin tuzları ne kadar fazla olursa plastiklik o derece artar.

Teknolojinin ve killeri tanıma metotlarının yeterince gelişmediği dönemlerde çeşitli kurum ve kuruluşların üretimden elde ettiği tecrübelere dayanarak tuğla kiremit hammaddesi arayan kişilere yardımcı olacak bazı gözlemsel yayınlar yaptığı bilinmektedir. Bu amaçla Türkiye'de Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nün (MTA) tuğla hammaddesi arayan kişilere gözlem yoluyla ve basit denemeler yaparak üretime elverişli toprakları tanımaları ve seçmeleri amacıyla Orhun (1964) tarafından bir makale yayınlanmıştır. Bahse konu makalede; toprağın görünüşünün imalata elverişli olup olmadığı hakkında bir hayli bilgi verdiği ifade edilmekte ve renk faktörüne bağlı olarak çeşitli değerlendirmeler yapılmaktadır.

Toprağın koyu kahverengi olmasının genellikle manganez bileşiklerinden veya humus maddelerinden ileri geldiği ve bunun toprağın plastikliğini artırması sebebiyle tuğla hammaddesinde bulunmasının istendiği bildirilmektedir.

Aynı şekilde; toprağın renginin normalden daha açık olması durumunda arazinin "fazla kireçli" olduğu ve bunun da tuğla sanayi için zararlı bir durum teşkil ettiği ifade edilmektedir.

Müdüroğlu (1999); ilk zamanlar, ilkel metotlarla sadece çanak çömlek yapılarak değerlendirilen killerin, zaman içerisinde teknolojinin de gelişmesi ile birlikte daha iyi tanındığını ve çok değişik alanlarda kullanılmaya başlandığını yazar. Buna göre; başlangıçta bilinçsiz bir şekilde tuğla haline getirilen killerin, teknolojinin gelişmesi ile birlikte fiziksel özellikleri tanınmış ve modern cihazların bulunmasıyla killerin kimyasal ve mineralojik yapıları incelenebilmiştir. Tespit edilen bu özellikler dolayısıyla değişik kil karışımlarından farklı özelliklerde tuğlalar elde edilmiş ve sanayinin farklı dallarında kullanılmaya başlanmıştır.

2.2. Killerin Sınıflandırılması

Killer kristal yapılarına, kimyasal bileşimlerine, fiziksel özelliklerine, bulundukları ortamlara göre çeşitli yazarlar tarafından sınıflandırılmıştır.

R.E. Grim, killeri amorf olanlar ve kristalin şeklinde iki grupta inceler (Akar, 1987).

Bununla birlikte kil minerallerinin görünümleri, su emicilikleri, pişme sıcaklıkları, üretim tarzları ve benzeri özellikleri dikkate alınarak pek çok sınıflandırma yapıldığı da bilinmektedir. Bu sınıflandırmaların hemen hepsi kendi aralarında yatay ve dikey farklılıklarla benzerlikler taşımaktadır (Ayta, 1985).

Bunlar arasında en çok kullanılan; jenetik, mineralojik ve kullanım alanlarına göre yapılan sınıflandırmalardır (Temur, 2001).

2.2.1. Jenetik Sınıflandırma

Kil minerallerinin hemen hemen tamamı ayrışma ürünüdür. Genellikle belli şartlar altında feldspatların ayrışması veya volkanik kayaçların çözünmesinden, değişmesinden meydana gelmişlerdir (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Bir kısmı hidrotermal, bir kısmı ise yüzey ayrışması ile ortaya çıkarlar. Bundan dolayı jenetik sınıflamada kriter olarak, killeri oluşturan kaynak kayaçlar ve killerin depolanma şekilleri ile konumları alınmaktadır. Buna göre killer; rezidüel killer, koloidal killer ve taşınmış killer olarak üç grupta incelenmektedir.

Rezidüel killer; çeşitli kayaçların kimyasal ayrışması ile oluşurlar ve genellikle ana kayacın üzerinde bulunurlar. Bunlar kendi içerisinde feldspatların ayrışma ürünü olan kaolenler ve karbonatlı kayaçların ayrışma ürünü olan kırmızı pişen killer olarak ikiye ayrılmaktadırlar.

Kolloidal killer; volkanik kül ve tüflerin ayrışmaları ile oluşmaktadırlar. Taşınmış killer ise kayaçların ayrışması ile ortaya çıkan ve çeşitli etkenlerle çökelme ortamlarına taşınarak depolanan killerdir.

Kolloidal killer, taşınma şekillerine göre üç gruba ayrılırlar. Denizel veya gölsel ortamlarda, taşkın ovalarında, haliç ve deltalarda biriken killer sedimanter killer olarak adlandırılırken, buzul ve rüzgâr killeri de ayrı gruplar altında incelenmektedir (Temur, 2001).

2.2.2. Mineralojik Sınıflandırma

Temur'un (2001) bildirdiğine göre Holeman (1979); killeri mineralojik sınıflandırmada yapısal olarak inceleyerek; amorf killer ve kristalli killer olmak üzere iki ana gruba ayırarak incelemektedir.

Bu çalışmada, kristalli killer ise tabaka yapılarına göre iki tabakalı killer, genişleyen kafesli üç tabakalı killer, genişlemeyen kafes yapılı üç tabakalı killer, zincir yapılı killer ve karışık tabakalı killer olarak beş grupta incelenmektedir. Öte yandan Malayoğlu ve Akar (1995), killeri mineralojik özelliklerine göre; kaolin grubu, smektit (montmorillonit) grubu, mika grubu, klorit gurubu, illit grubu ve attapulgit grubu olarak altı grup altında incelemektedir.

2.2.3. Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırma

Killer; kullanım alanlarına göre değişik özellikleri dikkate alınarak farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Kaba bir sınıflandırma ile killeri; kaolen, plastik killer, ateş kili, saksı kili, ve tuğla kiremit killeri (toprakları) olmak üzere farklı gruplarda incelemek mümkündür (Temur, 2001).

Çeşitli kaynaklarda Çin kili olarak da adlandırılan kaolen esas olarak kaolinitten oluşur. Genellikle feldspatların bozuşması sonucu değişen oranlarda mika, kuvars, demir ve titan oksitlerle diğer kil minerallerini içerir. Kaolenin çeşitli yapı ve spesifikasyonlarda olmasının en büyük nedeni oluşum esnasındaki ana kayacın farklılığından ve taşınma-yıkanma olaylarındaki değişkenlikten ileri gelir (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Kaolenlerin plastiklik derecesi düşük veya ortadır. Bağlama killeri olarak da adlandırılan plastik killer; kaolinit türü killerin bir alt grubudur. Bu tür killer oluşum evresindeki farklılıklardan dolayı oluşmuştur. Kaolinlerden daha ince tane yapısına sahiptirler ve daha fazla safsızlık içermektedirler.

Bu tür killerde özellikle karbonat içeriği fazladır. Safsızlıkların çokluğu ve çeşitliliği özellikle ısı ve renk değişim özelliklerini artırmaktadır. Su absorbe özellikleri yüksek ve plastiklikleri fazladır. Bu tür killerin kullanım alanlarını belirleyen en önemli unsur safsızlıklardır. Refrakter killer, şamot killeri veya ateş killeri olarak anılan killer, genellikle kömür yataklarında, kömür tabakaları üzerinde bulunurlar (Malayoğlu ve Akar, 1995).

Bu killer yüksek sıcaklıktaki işlemelere dayanıklıdırlar ve daha çok ağır sanayi fırınlarında kullanılan tuğlaların yapımında değerlendirilirler. Kaolinit ile illit veya mika karışımdan oluşurlar. Yüksek derecede plastiktirler. Saksı veya çanak çömlek killeri, kaolinit ve diyaspordan meydana gelirler. Öğütüldükten sonra plastik özellik kazanırlar.

Tuğla ve kiremit killeri (toprakları) ise kaolinit, illit veya klorit ile bazen düşük oranlarda montmorillonit, kuvars, feldispat, kalsit, dolomit ve anatastan meydana gelirler. Orta ve yüksek derecede plastiktirler (Temur, 2001).

Killerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması sonucunda her bir sınıflandırma çok değişik seramik eşya ve malzemeleri içine alır. Bunların bir bölümü günlük yaşamımızın vazgeçilmezleri arasında yer almaktadır. Bir bölümü ise bizlere çok farklı alanlarda hizmet vermekle birlikte onların hayatımızdaki varlığını özel nedenler dışında pek fark etmeyiz (Ayta, 1985).

2.3. Seramik Hammaddesi Olarak Killerin Özellikleri

Killerin içinde değişen miktarda mika, feldispat, kuvars, zirkon, turmalin, apatit, grena ve rutil gibi mineraller bulunduğu önceki bölümlerde belirtilmişti. Aşağıdaki başlıklarda seramik hammaddesi olarak kullanılacak olan killerin fiziksel özelliklerine yer verilmiştir.

2.3.1. Killerin Fiziksel Özellikleri

Killerin plastiklik özellikleri, kuruma ve pişme küçülmeleri, özlülük, özsüzlük olarak tanımlanan özellikleri ve renk ile ateş zaiyatları genel olarak killerin fiziksel özellikleri içerisinde yer almakta ve çeşitli kaynaklarda bu şekilde gruplanmaktadır.

2.3.1.1. Killerin Plastiklik Özelliği

Killerde plastiklik özelliği, killerin su ile şekillenebilme özelliğine dair bir tanımlamadır. Bu özellik kilin mineralojik bileşimine ve tane boyutuna bağlı olarak değişmektedir. El ile bastırıldığında elin izini gösteren ancak ele bulaşmayan bir kıvamda bulunan kilin içeriğinde bulunan yüzde ağırlık cinsinden su miktarı, kilin plastisite yüzdesini vermektedir. Öte yandan saf ve plastisitesi yüksek killerin kuru halde iken bıçakla kesildiğinde düzgün ve parlak bir yüzey verdikleri bilinmektedir (Temur, 2001).

Bilinen binlerce mineral içerisinde talk gibi önemsiz bir iki mineral dışında plastik özellik gösteren kil minerallerinden başka mineral yoktur. Su ile şekillenme özelliği kil minerallerinin yapısına, kolloid unsurların yüzdesine, killerin tane

iriliğine, kuvars miktarına ve daha birçok sebeplere bağlı olsa da (Köktürk, 2002) killerin plastiklik ve kaplayıcılık özellikleri kristallerinin ince levhacıklar şeklinde olmasından ileri gelir.

Kil içerisinde levhacıklar üst üste birikmiş paketler halinde bulunur. Su ile çamur yapıldığında, su levhacıklar arasına girer ve çamur üzerine baskı uygulandığı zaman levhacıklar birbirleri üzerinde kayarak verilen şekli alır. İki cam levha ısıtıldıklarında nasıl birbirleri üzerinde kayarsa killer de öyle kayar. Islak olan iki cam levhayı birbirinden ayırmak ise güçleşir. Aynı şekilde killeri oluşturan levhacıklar da ıslatıldıklarında bu tip bir sağlamlık kazanırlar. Killerin plastikliği killeri işlenebilir bir çamur haline getirmek için verilmesi gereken su miktarı ile belirlenir. Kil, çamur oluncaya kadar ne kadar su emerse o kadar plastiktir (Yılmaz, 1994).

Kaolinitik killer ve ince seramik killeri genellikle az plastik, bağlayıcı killer ise çok plastiktir. Refrakter killerde ve sifertonda plastisite asgari bir değere ulaşır. Literatürde genel bir kabul olarak killerin plastisite suyu %15'ten az %40'tan fazla olmaması istenir (Köktürk, 2002).

2.3.1.2. Killerin Özlülük ve Özsüzlük Özelliği

Çeşitli kaynaklarda (Yılmaz, 1994) su ile yoğrulabilen, dağılmadan kolaylıkla şekillendirilebilen ve kurudukları zaman verilen şekli muhafaza edebilen killer, özlü killer olarak tanımlanır (Arcasoy, 1983).

Bu tabir kil parçalarının yüzeylerinin hafifçe parlak, yağlı gibi görünmesinden ileri gelmektedir.

Özlü killerin yoğrulma suyu yüksek olur, fazla su alır ve güç açılırlar. Böyle killeri su içerisinde kendi halinde şişip açılmaya terk etmekten ziyade mekanik bir şekilde su içerisinde parçalamaya uğratmak daha kolay olur.

Özlü killerin bağlama kabiliyeti yüksek olur ve plastik olmayan maddeleri sıkıca tutar. Şüphesiz özlülüğün yanında böyle bir kilin pişme rengi, ateşe

dayanıklılığı ve porozite durumu da arzu edilen seviyede olursa kullanımı mümkün olur.

Bunun tersi olarak özsüz killerin yüzeyi parlak ve kaygan olmayıp pürtüklü bir görünümdedir. Bu tip killer suda çabuk dağılıp açılırlar. Bağlama özellikleri zayıftır. Yüksek ısılarda ancak sinterleşmeye yaklaştıkları durumda kırılganlıkları azalır ve dayanıklılık kazanırlar. Buna karşın döküm kabiliyetleri özlü killere oranla daha iyidir.

2.3.1.3. Kuruma ve Küçülme

Killer kuruma esnasında küçülürler. Bu özellik, seramikte kuruma küçülmesi olarak adlandırılır. Kuruma küçülmesi fiziksel bir olay olmakla birlikte seramik endüstrisinde görülen bir diğer küçülme olan pişme küçülmesi, kimyasal bir olay neticesinde meydana gelmektedir (Yılmaz, 1994).

Kuruma küçülmesi, killerin tane boyutu ve plastiklik özelliği ile ilgilidir. Bunlar kurumaya karşı hassastırlar ve çatlamaya sebep olabilirler (Köktürk, 2002).

Öte yandan kuruma küçülmesinin çevre suyuna bağlı olduğu ve kil taneciklerinin su emme kapasitesi ile de ilgili olduğu, çeşitli kaynaklarda yer almaktadır.

2.3.1.4. Kuru Mukavemet

Killer kurudukça kırılmaya karşı mukavemet gösterirler. Bunun sebebi levha halindeki taneciklerin üst üste bulunması ve aralarında bir çekim kuvveti olmasından ileri gelmektedir.

Özlü killerin, özsüz killere oranla kuru mukavemetleri daha yüksektir. Öte yandan aynı büyüklükteki kil taneciklerinin kuru mukavemetleri daha azdır. Bu sebeple killerin tane büyüklüklerinin belirli oranlarda karışık olması istenir.

Kuru mukavemete etki eden bir diğer faktör ise kilin kuruma süresi ve sıcaklığıdır. Düşük sıcaklıkta veya yetersiz bir kurutma ile kurutulan killerin dirençleri az olur (Yılmaz, 1994).

Kuru bağlama mukavemetinin önemi üretim süreçlerindeki nakliyat operasyonlarında ürün kaybının azaltılmasından ileri gelmektedir. Çok ince cidarlı veya karışık şekilli ürünlerde şekillendirme ile fırın arasındaki kayıp %25-30 seviyelerine kadar yükselebilir.

Bu sebeple seramik endüstrisinde bazı hallerde sırlama ile boyamadan önce bir ön yıkama süreci oluşturulur (Köktürk, 2002).

2.3.1.5. Pişme Rengi ve Ateş Kaybı

İnce seramik mamullerinde pişme rengi önemli bir fiziksel özellik olarak kabul edilir. Bilhassa saydam sır taşıyan porselenlerde, beyaz kaolen ve kaolinitik killerde bu özellik daha büyük önem taşımaktadır.

Renkli sır kullanılan mamullerde bile pişirme renginin açık sarı ve griden daha koyu olmaması istenir. Pişme rengine en fazla etki eden unsurlardan killerin içindeki demir ve manganez bileşikleri, titanyum oksitler ve karbonatlardır. Ateş zayiatının normalin üzerinde bulunması da killerin karbonat, organik madde ve montmorillonit ihtiva etmelerine bağlıdır (Köktürk, 2002).

2.3.2. Killerin Kimyasal Özellikleri

Kil minerallerinin tanınmasında ve endüstriyel özelliklerinin belirlenmesinde kimyasal analizlerden de faydalanılır. Saf killerin bileşenlerinin analizlerle tespit edilen yüzdeleri ile incelenen numuneden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak kil minerallerinin cinsi tayin edilebilir (Yılmaz, 1994).

Killerin kimyasal analizlerinde genellikle Fe_2O_3, SiO_2, CaO, MgO, K_2O, Na_2O yüzdeleri tespit edilir. Farklı kaynaklarda çeşitli değerler bulunmasına karşın, Al_2O_3 değerinin %25-32 arasında değiştiği söylenebilir (Köktürk, 2002). Bu değer seramik killerinde düşük, refrakter killerde yüksektir (Temur, 2001).

Demir bileşikleri ise pişme rengine etki etmesi bakımından önemlidir (Köktürk, 2002). Aynı zamanda demir bileşikleri kilin refrakterliğini azaltarak eriyebilen madde üzerinde çiçeklenmeye sebep olurlar (Akar, 1987).

Fe_2O_3 oranının ince seramik killerinde %1'in, diğer killerde ise %3'ün altında olması istenir. Aksi halde killerin pişme rengi ve ateşe dayanıklılığı bundan zarar görebilir. Bu konuda en önemli husus Fe_2O_3 tenöründen ziyade bunun homojen bir halde bütün kilin bünyesine dağılmış olmasıdır (Köktürk, 2002).

Silis bileşikleri kilin plastikliğini ve birçok durumda refrakterliğini azaltır. Taneler iri ise kırılma mukavemeti de düşer. Buna karşın kuruma ve pişme sırasındaki küçülmeyi azaltır (Akar, 1987).

SiO_2 tenörünün çok yüksek olması kilde serbest kuvars olduğunu gösterir. Bu durumda kilin ince veya iri oluşu önem kazanır (Köktürk, 2002).

Killer içerisinde bir alkali içeren mineral ve çözünebilir tuzun bulunması daima vitrifikasyon ve refrakterlik ısısını düşürür. Çözünebilir tuzlar refrakterliği azaltırken, bazıları plastikliği artırır.

Alkali minerallerin çoğu plastik olmadığından kilin kuruma küçülmesini azaltırlar ve kuruma işlemini kolaylaştırırlar. Öte yandan kalsiyumlu bileşikler vitrifikasyon ve refrakterlik ısısını düşürürler. Düşük ısıda kalsiyumlu bileşikler kilin küçülmesini azaltabilir ve kurumasını kolaylaştırır. Buna karşın kırmızı rengi ağartabilir ve havadaki nemi absorbe edebilirler (Akar, 1987). Bu da çatlamalara sebep olabilir.

2.3.3. Killerin Mineralojik Özellikleri

Killer plastik olan ve olmayan unsurlar içerirler. Plastik olanlar kaolinit ve montmorillonit grubu kil mineralleridir. Plastik olmayanlar ise kalsit, kuvars, feldspat ve mika gibi muhtelif minerallerdir. Plastik olanlar ateşe dayanıklı, plastik olmayanlar ise ergiyen özelliktedirler. Özellikle kil mikalarının pres altında dizilişi, kuruma ve pişme zayiatını arttıran en önemli faktördür (Köktürk, 2002).

2.3.4. Killerin İmalat Özellikleri

Killerin depolarda çabuk kuruması, kolay kırılıp parçalanabilmesi, az bir emekle süspansiyon haline getirilebilmesi istenir. Aynı şekilde killerin filtreli

preslerde çabuk süzülmesi, normal plastisitede verilen çamurun tornadan ve ağır basınç altında çok fazla yumuşamaması da aranan özelliklerindendir. Presleme sırasında kil miktarının tabaklar halinde dizilmemesi, gerilim farkının sır hatalarına yol açmaması ve kilin şekillenme ve işlenmesinin kolay olması killerin imalata uygunluklarını sağlamaktadır. Bu çerçevede killerin döküm kabiliyetlerinin bulunması, kuru mukavemetlerinin fazla ve sinterleşmelerinin istenilen derecelerde olması gibi hususlar imalat esnasında killerde aranan özelliklerdir (Köktürk, 2002).

2.3.5. Killerin Diğer Teknik Özellikleri

Killerin pişme esnasında kendi bünyelerinde meydana gelen endoterm reaksiyonlar diferansiyel termal analizle (DTA) tespit edilir. Dilatometri ve DTA eğrileri killerin mineralojik bileşimleri hakkında bir bilgi verdikleri gibi onların hangi dereceler arasında kurumaya ve pişmeye karşı hassas olduklarını da gösterirler.

Kuvars, feldspat, demiroksit ve kalker unsurları bakımından zengin olan bazı killer 900 °C civarında sinterleşirler. Bazı killer 1000 °C'de normal beyaz yanışlı olduğundan büyük değişikliklere uğrarlar.

İnce seramiğin bazı dallarında 1300-1400 °C'ye kadar erime olmamalıdır. Killerde erime derecesi arasında belli bir mesafe olmalı, bu mesafeyi daraltan karbonat gibi unsurlar bulunmalıdır. Refrakter killeri ise 1580 °C'ye kadar ateşe dayanıklı olmalıdır (Köktürk, 2002).

2.4. Killeri Tanıma Araçları

Kil minerallerinin çok küçük tane büyüklüğüne sahip olmaları, kalitatif analizlerin yapılarak onlar hakkında bilgi edinilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple tek bir yöntem yerine çok çeşitli yöntemlerin birlikte uygulanması ve yukarıda belirtilen bazı fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerin ortaya konması gerekmektedir (Munsuz, 1983).

Bu bölümde literatürde yer alan ve killerin ağırlıkla mineralojik yapısını ortaya koyan bir takım tekniklere değinilecektir.

2.4.1. X Işınları Difraksiyonu

Toprakların kil fraksiyonu ana materyalden doğrudan ayrılmış bulunan birincil minerallerle birlikte ikincil levhalı silikat minerallerin bir veya daha fazlasının karışımından oluşmaktadır. Böyle karışık bir sistemde minerallerin cinslerini kalitatif ve kantitatif olarak tayin edebilmek için çeşitli ve gelişmiş analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tipte bir analiz için en etkili metotlardan birisi X ışınları difraksiyon yöntemidir (Munsuz, 1983).

Bu metot; çabuk sonuç veren hassas bir metottur (Akar, 1987). Yılmaz (1994)'ın bildirdiğine göre Tolon (1973) X ışınları difraksiyonunun esaslarını ve kil minerallerini tespit yöntemini ifade ettiği eserinde; metodun esasının çok kısa dalga boyuna sahip (0,01-100 Å arasında bulunan) elektromanyetik radyasyonlardan meydana gelen X ışınlarının, kristallerin atomlarına çarptırılarak yansıtılmasına dayandığını ifade eder. Devamla kristallerde atomların belli bir düzen içerisinde bulunduğunu ve buradan yansıyan ışınların birbirlerini güçlendirdiğini veya yok ettiğini belirtir.

Amorf cisimlerde atomlar düzensiz olduğundan ve düzenli bir yansıma meydana gelmeyeceğinden, yansımanın meydana gelmesi için X ışınları belli bir açı ile dönen toz numunenin üzerine gönderilir.

Atomlara çarpan X ışınları aynı açı ile yansır ve yansıyan ışınların izleri fotoğraf kartı üzerinde belirlenir. Elde edilen eğrilerden kristallerin kenar açıları ve kenar aralıkları hesaplanır

Her hangi bir killi maddedeki kil minerallerini belirlemek için, daha önce saf kil numunelerinin X ışını verileri belirlenmiş ve ASTM standart kartlarının hazırlanmış olması gerekmektedir.

Elde edilen bilgilerle standart kartlardaki bilgiler karşılaştırılarak incelenen numunenin kil mineralleri belirlenir (Yılmaz, 1994). Böylelikle, kil içerisindeki mineraller ve kuvars, kalsit, feldspat gibi yabancı maddeler saptanır (Akar, 1987).

2.4.2. Termal Analizler

Termo-analitik metotlar özellikle seramik malzemelerin çeşitli özelliklerini saptamak için kullanılan standart metotlar arasında büyük önem kazanmıştır. Kil bünyeleri ısındığı zaman çeşitli reaksiyonlar gösterirler. Bu farklılık; metotların geliştirilmesi için bir avantaj olup bu teknikler kullanılarak farklı mineral tipleri kalitatif ve kantitatif olarak ayırt edilebilir (Yılmaz, 1994).

Diferansiyel termal analiz (DTA) ve dilatometre yöntemi bu teknikler içerisinde en fazla kullanılanlardır.

2.4.2.1. Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

Yöntem ilk kez 1887 yılında Le Chatelier tarafından uygulanmıştır. 1910 yılına kadar mineraloglar tarafından çok az kullanılan bu yöntem 1935 yılından sonra killerin ve silikatların analizinde önem kazanmaya başlamıştır. DTA yöntemi sadece kompleks kil karışımlarındaki kil minerallerinin tespitinde değil aynı zamanda miktarlarının da tespit edilmesinde kullanılır (Yılmaz, 1994).

Yöntemin esası bir malzemenin düzenli bir biçimde ısıtılması ve bu ısıtma esnasında malzeme içerisindeki termal değişimlerin saptanmasına dayanır. Bu arada oluşan buharlaşma, kristallenme ve modifikasyon değişimi, bozulma ve erime gibi dehidrasyon, oksidasyon reaksiyonları ve şebeke yapısının sebep olduğu termal reaksiyonlar kaydedilir (Akar, 1987).

DTA eğrisindeki maksimum sıcaklık farklarını gösteren noktalara pik sıcaklık denir. Bunların şekil, büyüklük ve yerleri sadece reaksiyon ısısı ile ilgili olmayıp aynı zamanda ısıtma miktarı, termokaplların özellikleri, örnek tutucunun tabiatı, büyüklüğü, şekli, kaydedici aletin cinsi ve alet ile ilgili diğer faktörlere de bağlıdır.

Hammaddeler incelenirken DTA eğrisi ile birlikte TGA (Termo Gravimetrik Analiz) eğrisi de çizilir.

Böylece reaksiyon sırasında absorbe suyun tamamen giderileceği ve kristal şebekedeki suyun kaybolmaya başlayacağı sıcaklık sınırları belirlenirken, kil örneklerini artan sıcaklıklarda sabit ağırlığa gelinceye kadar tartmak da mümkün olabilmektedir (Yılmaz, 1994).

2.4.2.2. Dilatometre

Maden biliminin tarihi incelendiği zaman dilatometre tekniğinin metal ve alaşımlar üzerinde kullanılışının çok eski tarihlere gittiği ve Fransa'nın bu alanda etkin bir rol oynadığı görülecektir. Floris Osmond, 1885 yılında çelikler üzerine yaptığı çalışmalarda bu tekniği kullanmış ve 1912'de Witald Broniewski'nin de büyük katkısı ile dilatometre ile ölçüm tekniği son şeklini almıştır.

Dilatometre ile ölçüm tekniği sıcaklığı düzenli bir şekilde arttırılan malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak boyutsal değişimlerini incelemede kullanılır. Sıcaklığın değişimi malzemenin diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimlere sebep olabilir. Bu değişiklikler çeşitli ısıl analiz teknikleri ile ölçülürler. Burada ısınan numunedeki ağırlık değişimi, enerji değişimi, boyutsal değişim ve kimyasal tepkimeler sonucu oluşan ürünlerin saptanması gibi yöntemler kullanılır (Yılmaz, 1994).

2.4.3. Elektron Mikroskopları ve Diğer Yardımcı Yöntemler

Elektron mikroskoplarıyla yapılan çalışmalar sonucu kil minerallerinin çoğunun bunların tanınmasına yardımcı olacak morfolojik şekillere sahip olduğu saptanmıştır. Bu özellikten yararlanarak kil minerallerinin tespiti gerçekleştirilebilmektedir. Öte yandan pek fazla kullanılmasa da petrografik mikroskop da kıymetli bir yardımcı alet olarak öne çıkmaktadır.

Bir diğer yardımcı yöntem olan boyama deneyleri ise kaolinit gibi bazı kil minerallerinin düşük absorbsiyon kapasitesinde olması sebebiyle boyamada az

veya hiç renk vermemeleri sebebiyle kullanılmaktadır. (Akar, 1987). Bu özellikleri dolayısıyla bazı kil minerallerinin tespiti gerçekleştirilebilmektedir.

2.5. Tuğla ve Kiremit Topraklarının Oluşumu

Tuğla kiremit toprağı genellikle illit, montmorillonit, kaolinit, kuvars ve demir mineralleri ihtiva eden killerdir. Bu tip topraklar 800 °C ile 1200 °C arasında pişirildiklerinde, açık sarıdan koyu kahveye kadar çeşitli renkler alarak tuğla ve kiremit için gerekli mukavemete ulaşırlar (TS 4790, 1986).

Temur (2001), bu tip toprakları her hangi bir kil mineralince zenginleşmesine karşın sanayide kullanım alanı bulamayan ve bünyesinde %30'dan daha az Al_2O_3 bulunduran adi killer olarak tanımlamaktadır.

Kil mineralleri, magma kökenli kayaçların bünyesinde bulunan feldispat minerallerine, karbonik asit veya humus asitli suların etkisiyle kimyasal bir olay sonucu meydana gelirler. Bu dönüşüm olayında tektonik olaylar ve iklim şartları da etkendir. Değişim sonucu kil minerallerinden başka kuvars, kalsit ve mika mineralleri de oluşur. Bu şekilde oluşan bileşikler, oluştukları yerlerden sel ve akarsularla sürüklenirler. Çökelmeye uygun bölgelerde kil yataklarını meydana getirirler.

Kil minerallerinin en önemli özelliği belirli oranda su ile (%25-35) karıştırıldığında plastik hale gelmesi, şekillenebilmesi ve kurutulup pişirildikten sonra mukavim bir malzeme yeteneğinin olmasıdır. Kil içinde bulunan silisli, demirli ve alkali bileşikler plastikliğini ve ateşe dayanma yeteneğini azaltırlar.

Tuğla kiremit imaline elverişli topraklar ya alterasyon örtülerinde veya plio-kuvaterner yaşlı alüvyonlarda veya Neojen havzalarının üst veya çok az yer değiştirmeye maruz kalmış kısımlarında meydana gelirler. Bunların kalınlığı genellikle birkaç metredir. Bazı hallerde 20 m'ye kadar çıkan kalınlıklar görülür. Bu örtülerde malzemenin ağırlığa ve tane iriliğine göre ayrılması mümkün olmadığından bu ayrım öğütme, eleme, yıkama ve dinlendirme ile sonradan sağlanmalıdır.

Bu cins yataklar tabanda değişmemiş orijinal kayaç üzerinde bir geçiş zonu ve en üstte kısa mesafelerden gelmiş veya yerinde oluşmuş topraklar içerirler. Bazı oksitler ve mineraller geçiş zonunda, bazıları ise alterayon örtüsünde zenginleşmektedir. Fakat ana kayaç ile olan ilişki büyük ölçüde muhafaza edilmektedir. Ana kayaç karbonatlı ise alterasyon örtüsü "terra rosa" halindedir. Ana kayaç grovak, kuvarsit, arkoz ve kumtaşı ise ortaya çıkan topraklar killi olur. Ana kayaç killi şist ve metamorfik kayaç ise; topraklar, az kumlu ve bol mikalı olur. Ana kayaç bazik ve ultra bazik ise bu tip topraklar Fe, Mg bileşikleri ve monmorillonit mineralleri bakımından zengindir.

Tuğla kiremit toprakları bakımından zengin olan Neojen havzalarında ve genellikle nehir boylarında uzanan kuvaterner alüvyon ovalarında kısmi de olsa bir sedimantasyon mevcuttur. Çevre kayaçlardan gelen iri taneli malzemeler genellikle periyodik olarak sel sularıyla taşınır ve ana yatak içerisinde adeseler oluşur. Adeseler oluştuktan sonra aynı menşeli ince malzeme de bir bant halinde çökelebilir. İri taneli adeseler havza kenarı istikametinde birbirleri ile birleşerek devamlı bir seviye haline gelirler. Eğer çevre kayaçlardan periyodik olarak değilse de devamlı olarak sediment geliyorsa (ki bu çevre morfolojisi ve iklime bağlıdır) bu takdirde çok uzak mesafelerden taşınan ince taneli kumlu killerin kalitesi bozulur ve yatağın tamamı değersiz hale gelir.

Ancak nakledilen malzemelerle birlikte CO_3 ve SO_4 iyonları, çeşitli anyonlar, katyonlar, tuzlar ve oksitler de birlikte havzaya taşınırlar ve killerin kalitesini bozabilirler.

Taban morfolojisinin ve akıntı mekaniğinin değişmesi killerin de yatak değiştirmelerine sebep olabilir. Bu durumda daha homojen ve daha ince taneli kumlu killer oluşabilir ki, tuğla-kiremit imalinde en fazla aranan ve rezervi en geniş olan topraklar da bunlardır. Fakat derinde olduklarından işletilme imkânlarından yoksundurlar. Bazı Neojen havzalarında tuğla-kiremit killerinin oluşumuna imkân vermeyen bir fasiyes hüküm sürebilir. Ancak bu tip fasiyesler sahil istikametinde büyük değişikliklere uğrar (Köktürk, 2002).

2.6. Tuğla-Kiremit Üretim Sistemleri ve Aşamaları

Tuğla ve kiremit tesislerinde teknolojinin adlandırılması; kurutma sistemine (doğal, suni), üretim yöntemine (emek yoğun-teknoloji yoğun), otomasyona (otomatik, yarı otomatik), hammadde işleme ve şekillendirme tipine (vakumlu, vakumsuz), pişirme sistemine (hoffman, tünel) göre yapılmaktadır. Türkiye'de yapılan isimlendirme daha çok pişirme sistemine göre olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında Türkiye'de kullanılan en yaygın sistemin Hoffman sistemi olduğu söylenebilir. Kuzey Kıbrıs'ta ise tuğla üretimi bunun tam tersi olarak, tünel sistemi ile gerçekleştirilmektedir.

Tuğla üretiminin aşamalarına bakıldığında; hammaddenin hazırlanması, şekillendirme, kurutma ve pişirmeden ibaret dört farklı aşama olduğu görülür. Bu aşamaların açıklamasına geçmeden önce yukarıda değinilen Hoffman ve Tünel tip fırınların çalışma prensiplerine değinilmiştir.

Hoffman tip fırınlarda fırın kesiti dairesel tonoz biçimindedir. Ateş hareketli, ürünler sabittir. Bu fırınlar yakıttan elde edilen ısıyı çok yüksek bir verimle kullanan ve üretim kapasitesi ve hızı yüksek olan bir fırınlardır.

Yanmanın, tam pişme durumundaki malzemenin üzerinde olması, fırın içinde hareket eden havanın pişmiş malzeme ile temas ederek ısınması sonucunu doğurur. Bu havadan çiğ malzemenin ısınması için yararlanılması bu fırının en önemli üstünlükleridir. Fırının üstündeki deliklerden yakıt püskürtülmekte, pişme safhası ilerledikçe püskürtme işlemi delikler boyunca ilerlemektedir. Yakıt olarak genelde kömür ve benzeri katı yakıtlar, nadiren sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Hoffman fırınlarda, enerji kullanımı tünel fırınlara göre daha fazla ve emek-yoğun bir yapılanma gerektirdiği için maliyet yüksektir. Hoffman tipi bir fırına ait bir görünüm Şekil 2.1'de, tünel tip fırına ait görünüm ise Şekil 2.2.'de verilmektedir.

Tünel tip fırınlarda ana prensip olarak ürünler hareketli, ateş sabittir. Uzun bir tünel ve içinde hareketli fırın vagonları vardır. Yarı mamul ürünler fırın vagonlarına istiflenmekte ve vagonlar birbiri ardına belli bir hızda, fırının içinde hareket etmektedirler. 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 ettikçe üzerinden geçtiği malzemeyi soğutmuş olan ve kendisi ısınan hava ile temas eder ve giderek soğumaya başlar.



Şekil 2.1. Hoffman tip tuğla fırını (ozteknikmakina.com, 2016)



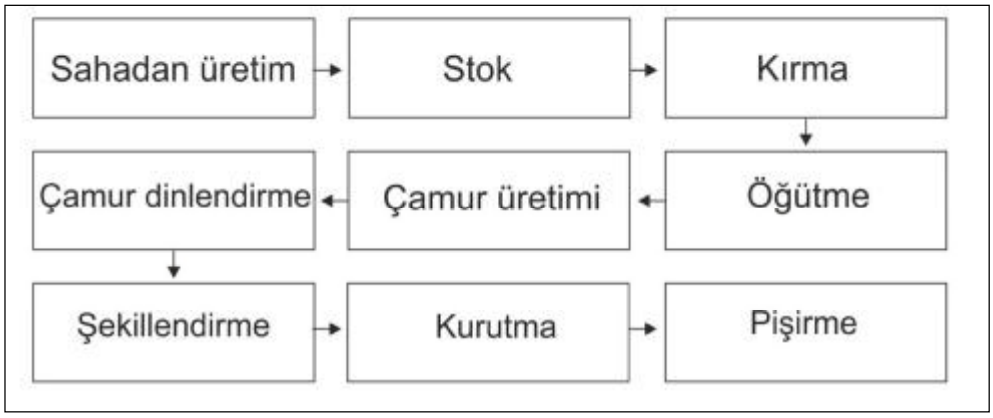
Şekil 2.2. Tünel tip tuğla fırını

Daha sonra fırın dışına çıkan ürünler fırın vagonları üzerinden alınır. Pişirme bölgesinde genel olarak sıvı yakıt kullanılmakta, bazen katı yakıtlı sistemler de 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 ise çok sık değiştirilememektedir (turgutlutuglasi.org, 2016).

2.6.1. Hammadde Hazırlama

Tuğla ve kiremit üretiminde kullanılan killer, doğada genellikle rutubetli ve plastik bir kıvamda, bazen kuru ve toz haline getirilebilir bir şekilde, bazen de kaya menşeli 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 gerekmektedir.

Bunlar sahadan gerçekleştirilen hammadde üretimi ile stok, kırma, öğütme, çamur üretimi, çamur dinlendirme gibi aşamalardan oluşur. Bunun ardından ürünün şekillendirilmesi, kurutulması, pişirilmesi ve nihayetinde ambalajlama ve istifleme operasyonları yerine getirilmektedir. Tuğla kiremit üretimindeki aşamalar Şekil 2.3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Tuğla üretim aşamalarının şematik gösterimi

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

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 öncesinde yapılabildiği gibi, öğütme sonrasında da yapılmaktadır. Dinlendirme, hammadde hazırlama aşamalarının en önemlisidir. Üretilen malzemenin kalitesini etkileyen çok önemli bir unsurdur. Killerin tiksotropik özellikleri dolayısıyla yoğrulmuş çamur dinlenme esnasında direnç kazanmaktadır. Dinlendirme işlemi öğütme işlemlerinden önce veya sonra yapılmaktadır.

2.6.2. Şekillendirme

Hammadde hazırlama aşaması sonunda şekillendirilmeye uygun bir nitelik kazanan hamur, değişik yöntemler kullanılarak şekillendirilmekte ve farklı biçim ve boyutlarda yarı mamül tuğla-kiremit elde edilmektedir.

Şekillendirmede genellikle kalıplama, presleme ve extruder yöntemleri kullanılmaktadır. Kalıplama, daha çok harman tuğlası üretiminde kullanılan bir yöntemdir. Presleme ise kiremit üretiminde kullanılır. Extruderden galeta olarak hazırlanan hammaddeler çeşitli tip ve büyüklükteki presler ile kiremit şeklini almaktadır. Extruder (vakumlama) yönteminde, hazırlanan kil sonsuz vida yardımı ve belli bir basınçla kalıptan çıkartılmaktadır. Bu yöntemde extruder (vakum pres) makinasına gönderilen hazırlanmış hammaddenin vakum yöntemi ile 740 mm Hg değerinde havası emilmekte ve plastik hale gelmektedir.

Helezonlar vasıtası ile itilen hammadde vakum presin ağız kısmındaki ağızlık (filiyer) vasıtası ile iki boyutunun şeklini almakta ve sonsuz bant olarak vakum presi terk etmektedir. Sonra ince tellerle kesilen malzeme üçüncü boyutu da alarak kurumaya bırakılmaktadır.

2.6.3. Kurutma

Kurutma; kil içinde mevcut ve şekillendirmeye uygun bir kıvama getirmek için katılan suyun değişik yöntemlerle bünyeden çıkarılma işlemidir. Kurutma işleminde doğal kurutma ve suni kurutma olarak iki yöntem kullanılmaktadır.

Doğal kurutma; Türkiye'de ve Kıbrıs'ta çok yoğun olarak kullanılan ve atmosferdeki ısı enerjisinden faydalanma prensibine dayanan bir sistemdir.

Bu kurutma yöntemi kurutma işleminde ek bir enerji gerektirmediği için ekonomik görünmektedir. Fakat kurutma işlemi için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, kurutmanın çok ağır ve uzun sürede yapılabilmesi, kontrolün yeterli olamaması, kurutmanın hava şartlarına (ısı, rutubet, rüzgar vs.) bağlı olması, işçiliğin fazla oluşu gibi faktörler bu sistemin sakıncalarını oluşturmaktadır.

Suni kurutma; kurutmayı doğal koşullara bırakmadan ek bir enerji sağlanarak ısının ve hava hareketinin fazlalaştırılmasıyla yapılmaktır.

Killi maddenin içindeki serbest suyun, önce yüksek buhar basıncı ve az sıcaklık, kurutmanın sonuna doğru alçak buhar basıncı ve yüksek sıcaklık sağlanarak dışarı atılması prensibine dayanır. Bu uygulama kurutma odaları veya tünel kurutma fırınları kullanılarak yapılmaktadır.

2.6.4. Pişirme

Pişirme, tuğla ve kiremit üretimindeki en son aşamadır. Kilin kuruma aşamasında, serbest haldeki suyunu ve sonradan emdiği suyu kaybetmesinden dolayı boyutlarında küçülme (çekme) olur.

Pişirme sırasında kil kimyasal reaksiyonlara maruz kalır. 300 °C civarında organik maddeler tamamen yanar, 450-650 °C arasında molekül suyunu kaybeder.

850-950 °C arasında kil hamurunun pişmesiyle oluşan bu yeni malzeme artık sert, şeklini değiştirmeyen, belirli mukavemet ve renge sahip bir üründür (turgutlutuglasi.org, 2016).

2.7. Çalışma Sahasının Özellikleri

2.7.1. Kıbrıs'ın Konumu

Kıbrıs adası; Akdeniz'de Sicilya ve Sardunya adalarından sonra üçüncü büyük, Doğu Akdeniz'de ise en büyük adadır. Adanın kuzeyinde Türkiye, doğusunda ise Suriye yer almaktadır. Yüzölçümü 9251 km^2 olup, Kuzey Kıbrıs'ın kapladığı alan 3242 km^2'dir (%35.04).

Adanın kuzeyinde, Doğu-Batı doğrultusunda uzanan ve en yüksek noktası 1000 m civarında olan Beşparmak Dağları ile orta kısımda yoğun bir dağ silsilesini teşkil eden, en yüksek noktası 2000 m civarında olan Trodos Dağları yer almaktadır. Bu iki dağ silsilesi arasında denizden yüksekliği yer yer 210 m'yi bulan Mesarya Ovası ile sahil boyunca ve bazen de iç kısımlara doğru uzanan irili ufaklı ovalar mevcuttur.

Kıbrıs adası, konumu itibariyle eski çağlardan beri çeşitli kavimlerin ilgisini çekmiş, onlara sığınma ve stratejik bir toprak parçasını ele geçirmenin üstünlüğünü sağlamıştır. Anadolu yarımadasının güneyinde ve sadece 70 km uzağında yer alan ada, dünya üzerinde jeolojisi çok iyi bilinen birkaç yöreden biridir.

Okyanusal kabuğun (Trodos Masifi), en iyi örneklerinden birisinin yüzeylendiği Kıbrıs'ın Anadolu'ya bu kadar yakın olması ve Avrasya ile Afrika kıtalarının kesiştiği yerde bulunmasının verdiği bu stratejik öneminden ötürü, geçmişten günümüze dek çeşitli kavim ve uluslardan gezginlerin, iş insanlarının, madencilerin ve özellikle yerbilimcilerin çok ayrıntılı çalışmalarına neden olmuştur. Adanın jeolojik özelliklerinin ve doğal zenginliklerinin ortaya çıkarılmasında bu çalışmaların da büyük payı bulunmaktadır (Necdet, 2002).

2.7.2. Kıbrıs'a ait Jeolojik Çalışmalar

Kıbrıs Adası 1800'lerden beri çok sayıda araştırmacının ilgisini çekerek jeolojinin değişik konularına ağırlık verilerek çalışılmıştır. Antik çağların ünlü bilgini Aristo, Kıbrıs'ta bakırın varlığından söz eder. Roma İmparatoru Julius Sezar döneminde, ünlü bir coğrafya bilgini olan Strabo, adanın coğrafik unsurları olan dağları ve ovaları belirleyerek haritalamıştır (Necdet, 2002)

Gaudry (1862), Değirmenlik (Kithrea) flişini ilk kez çalışmış ve İtalya'daki benzeri birimlerle korale etmiştir. 1853 ve 1854 yıllarında adaya yaptığı jeolojik gezilerin bir derlemesi olan "Geologie de I'ile de Chypre" adlı eserinde ayrıca Trodos Masifindeki volkanik kayaçlar ile bunları çevreleyen sedimanter örtünün ilişkileri de yer almaktadır.

Bellamy ve Jukes Brown (1905), Mesarya havzasındaki denizel karakterli çökelleri ikiye ayırarak, havzanın kuzeyinde ve Girne Dağları çevresinde yer alan birimleri Değirmenlik; Güneyindekileri ise yayılım gösterdiği Dali köyünün antik çağlardaki ismine ithafen Idalian Çökelleri olarak tanımlamışlardır. Kuzeyde yer alan basendeki fliş serilerinin Viyana ve Malta'daki eşdeğerleri ile olan benzerliğini vurgulayarak Gaudry'nin (1862) gözlemlerini teyit etmişlerdir.

Reed (1930) ile başlayan stratigrafi ve yapısal jeoloji çalışmalarını; Henson ve arkadaşları (1949), Wilson (1959), Pantazis (1967), Kluyver (1967), Weiler (1967), Knup ve Kluyver (1969) ve Ducloz (1972)'un incelemeleri ile Baroz (1979)'un doktora tezi izlemiştir.

Fink (1967), güneydoğu Mesarya havzasında yer altı suyu araması için gerçekleştirilen ve sondajlı çalışmaları da içeren bir projeyi yürütmüş ve raporlamıştır.

Ducloz (1968), Klepini yöresi Kuvaternerini incelemiştir. Mantis (1970), Kıbrıs'ta geç Kretase-Tersiyer foraminifer zonlamasını ilk kez gerçekleştirmiştir.

Baroz ve Bizon (1974) Beşparmak Dağları ve kuzey Mesarya havzasının Neojen istifinin paleontolojisini incelemişler, havza evrimini ve Ovgos fayının havzanın evrimindeki rolünü tartışmışlardır.

Robertson ve Hudson (1974), Trodos Masifi'nin Kretase ve Tersiyer tarihi boyunca çökelmiş olan pelajik çökelleri çalışmıştır.

Robertson (1976) Yiğitler istifindeki erken Tersiyer yaşlı pelajik tebeşirleri ve kalsitürbiditleri incelemiştir.

Kıbrıs'ın kuzeyinde yer altı suyu araştırmaları ve sondaj çalışmalarının yapılarak jeolojik yapının ortaya konması, metalik ve endüstriyel hammadde kaynaklarının belirlenmesi, şehir ve yerleşim alanlarının mühendislik jeolojisi sorunlarının çözümüne yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi amacıyla 1976 yılında Su, Jeoloji ve Maden Dairesi kurulmuştur (Necdet, 2002).

Robertson (1977a), olası bir geç Kretase volkanik yayının volkano-klastik sedimantasyonunu temsil eden Kannaviou Formasyonu'nu incelemiştir.

Robertson (1977b), Trodos Masifi'nin Tersiyer sırasındaki yükselimiyle ilişkili çökelimi ve gelişen stratigrafiyi tanıtmıştır.

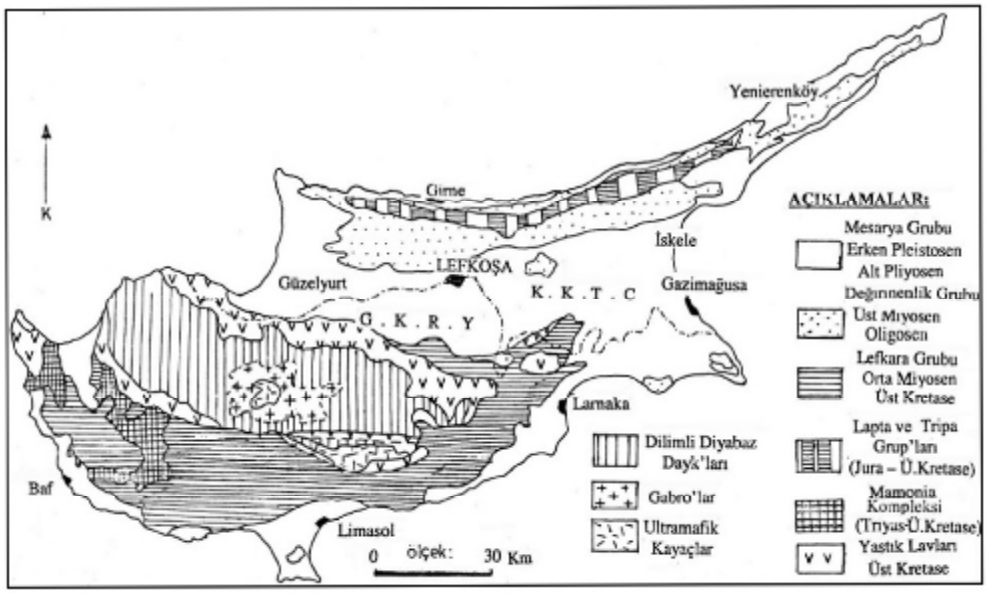
Dreghorn (1978), Girne bölgesindeki yer şekillerini incelemiştir.

Baroz ve arkadaşları (1978) Kıbrıs'ın batısındaki Florence Yükselimi ile Beşparmak Dağları'ndaki Neojen formasyonlarını korele ederek paleocoğrafik ve yapısal jeolojik yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

Panayiotou (1983), Trodos Ofiyolitine ait jeolojik ve jeofizik haritaları, jeokimya, petroloji gibi verileri toplamda 5 km uzunluğunda araştırma sondajları ile yeniden değerlendirmiş ve Trodos Ofiyolitini bu verilerle karşılaştırmalı olarak incelemiştir.

Blome ve Irwin (1985) Trodos lavları üzerinde yer alan "umber"ların yaşını radiolaria faunasına dayanarak Turoniyen olarak belirlemiş ve bunların üzerindeki Maestrihtiyen yaşlı tebeşirlerin Trodos Masifi'nin yerleşiminden sonra çökelen ilk birim olduğunu savunmuştur.

Ketin (1987), Kıbrıs'ın jeolojisi ve Güney Anadolu ile bağlantısını incelediği çalışmasında Kıbrıs üzerindeki jeolojik birliklerin ana hatları ile dağılımını da vermiştir. Bu dağılım Şekil 2.4'te verilmektedir.



Şekil 2.4. Kıbrıs üzerindeki jeolojik birliklerin ana hatlarıyla dağılımı (Ketin, 1987)

Robertson ve Xenophontos (1993), Trodos Ofiyoliti ve komşu birliklerle ilgili kavramların gelişimini ele almışlardır.

Eaton ve Robertson (1993), Miyosen yaşlı Pahna (Akiltepe) formasyonunun Doğu Akdeniz'in Neojen'deki tektonik evrimi ile olan ilişkisini incelemişlerdir.

McCallum ve Robertson (1995a), geç Pliyosen-erken Pleyistosen aralığında Beşparmak Dağları ile Trodos Masifi arasında yer alan sığ deniz yolunda gelişmiş olan kum kütlelerinin fasiyeslerini ve oluşum dinamiklerini incelemişlerdir.

McCallum ve Robertson (1995b), Trodos Masifi kuzeyinde gelişen Pliyosen-Pleyistosen yaşlı iki yelpaze deltası sisteminin fasiyeslerini ve bunların çökelimini denetleyen faktörleri araştırmışlardır.

Hakyemez ve arkadaşları (2002), MTA ve KKTC Jeoloji ve Maden Dairesi'nin ortaklaşa yürüttüğü "KKTC'nin Doğal Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Projesi" kapsamında KKTC'nin jeolojisine ilişkin son derece hassas bir

çalışma yürüterek yeni bulguları da içeren kronostratigrafik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma kapsamında KKTC'nin temel jeolojik birimlerini ayırtlamış ve 1/25.000 ölçeğinde ayrıntılı jeolojik haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Necdet (2002), Çukurova Üniversitesi'nde gerçekleştirmiş olduğu doktora tezi kapsamında batıdan doğuya yirmi iki farklı noktada yüzeylenmiş Kuzey Kıbrıs'ın jips yataklanmalarını çalışmıştır. Jips yataklarının jeolojik, jeokimyasal ve ekonomik önemlerini ortaya koymuştur.

Nazik ve arkadaşları (2004), KKTC Turizm Planlama Dairesi Müdürlüğü'nün talebi ve Jeoloji ve Maden Dairesi'nin koordinatörlüğünde KKTC'de bulunan mağaralara ilişkin bir çalışma başlatmıştır. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında 85 adet mağaranın yeri tespit edilmiş ve bunlardan 42 tanesi etüt edilmiştir.

Aras ve Pekdemir (2007), KKTC'de seramik hammadde olanakları, tuğla üretimi ve sorunlarını incelediği çalışmasında kısıtlı bir süre içerisinde gerçekleştirdiği arazi çalışmalarından elde etmiş olduğu numunelerle laboratuar koşullarında tuğla bünyeleri üretmiş ve elde ettiği sonuçları raporlamıştır. Çalışmanın sonuç ve öneriler bölümü bu tez çalışmasının seçilmesinde etken olmuş ve bahse konu çalışmada kısıtlı süre içerisinde gerçekleştirilen çalışma derinleştirilmeye çalışılmıştır.

Korkmazcan (2012), Mesarya Ovasının hidrojeolojik incelemesini gerçekleştirdiği yüksek lisans tez çalışmasında bölgede tespit ettiği kuyulardan numune alarak kimyasal analizler yapmış ve çeşitli diyagramlar kullanarak kuyuları sulama, içme ve kullanma amaçlı olarak sınıflandırmıştır.

2.7.3. Çalışma Sahasına İlişkin Jeolojik Bilgiler

Tez çalışmaları kapsamında sahadan alınan 32 adet numunenin 31'i jeolojik olarak Değirmenlik Grubu içerisinde yer alan Dağyolu Formasyonu'na denk gelmektedir. 1 adet numune ise Yılmazköy Formasyonu sınırları içerisinde

bulunmaktadır. Hakyemez ve arkadaşlarının (2002) MTA adına ortaya koyduğu çalışmada Oligosen-Messiniyen zaman aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsayan Değirmenlik Grubu'nun kanal dolgusu kumtaşları, çakıl taşları ve olistostromal seviyeler içeren fliş türü kaya birimlerinden, şelf çamur taşlarından ve jipslerden oluştuğu belirtilmektedir.

Aynı çalışmada Tripa Grubu ve Lapta Grubu kaya birimlerini uyumsuz olarak örten Değirmenlik Grubu içerisinde alttan üstte erken Oligosen yaşlı Büyüktepe Çakıltaşı ve Beylerbeyi Formasyonu, geç Oligosen-erken Miyosen yaşlı Arapköy Formasyonu, Akitaniyen-Burdigaliyen yaşlı Tirmen Formasyonu, Langiyen yaşlı Geçitköy Formasyonu, Serravaliyen-Tortoniyen yaşlı Dağyolu Formasyonu ve Kozan Formasyonu, Serravaliyen yaşlı Esentepe Formasyonu, Tortoniyen yaşlı Kaplıca Kumtaşı, geç Tortoniyen yaşlı Yılmazköy Formasyonu, Tortoniyen-Messiniyen yaşlı Yazılıtepe Formasyonu ve Messiniyen yaşlı Mermertepe Jipsi ayırtlandığı bildirilmektedir.

Bu çerçevede ele alındığında Dağyolu Formasyonu, Baroz'un (1979) Mia Millia Formasyonu'na karşılık gelmektedir. Birim, kanal fasiyesleri belirgin türbiditlerle temsil edilmektedir. Formasyon adını Dağyolu Köyü civarındaki yüzeylenmelerinden almaktadır. Birimin tip kesiti Lefkoşa-Girne arasındaki anayol boyunca gözlenmekte olup buna ilişkin bir örnek Şekil 2.5'te verilmektedir.

Türbiditik karakterdeki kumtaşı-şeyl-marn ardalanmasından oluşan birim kalın ve belirgin kumtaşı ve silttaşı düzeyleri ile dikkati çeker. Kumtaşları genellikle orta kalın katmanlı, kaba taneli, açık kahve, sarımsı renkli olup taneler çoğunlukla kireçtaşı, kuvars, çört ve volkanit kökenli, yuvarlak ve yarı yuvarlaktır.



Şekil 2.5. 2016 yılında Girne-Lefkoşa anayolunda gerçekleştirilen bir yol kazısı sırasında ortaya çıkan, Dağyolu Formasyonu'na ait bir kesit

Kumtaşlarında taban yapıları yaygındır. Marn ve silttaşları genellikle kahve, gri, boz renkli olup özellikle marn katmanları bol miktarda Orbulina ve Globigerina içermektedir. Formasyonda kum çamur oranı yüksektir. Dağyolu Formasyonu Yılmazköy Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür ve Geçitköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Yalnızca Mesarya Ovası'nda gözlenen birim sık kıvrımlı ve kırıklı olduğu için gerçek kalınlığını ölçmek oldukça zor olmakla birlikte, yaklaşık 1000 m dolayında bir kalınlığa sahip olduğu hesaplanmıştır. Birim yanalda Kozan Formasyonu'nun alt kesimine karşılık gelir.

Numunelerin bir adetinin yer aldığı Yılmazköy Formasyonu ise ilk kez Hakyemez ve arkadaşlarının (2002) çalışmasında ayırtlanmıştır. Birimin tip yeri ve tip kesiti birime adını veren Yılmazköy bölgesinde temsil edilmektedir.

Formasyon açık kahve, sarımsı renkli, ince kumtaşı, silt taşı ara katmanlı çamurtaşlarından oluşmaktadır. Çamurtaşları genellikle kahvemsi, boz, gri, haki renkli olup, oldukça geniş bir yayılıma sahiptir. Yılmazköy Formasyonu litolojik

özellikleri bakımından Esentepe Formasyonu'na çok benzemektedir. İki formasyon ancak stratigrafik konumlarına göre ayrılabilmektedir.

Birimin üzerinde Yazılıtepe Formasyonu uyumlu olarak yer almaktadır. Dağyolu Formasyonu ve Kaplıca Kumtaşı birim tarafından yine uyumlu olarak örtülür. Formasyon yanalda Kozan Formasyonu'nun üst kesimlerine karşılık gelir. Yaklaşık olarak 200 metre bir kalınlık gösteren birim Mesarya Ovası'nda ve Karpaz bölgesinde geniş yayılımlar sunar.

2.7.4. Kuzey Kıbrıs'ta Ekonomiye Genel Bakış

Kuzey Kıbrıs, 3.355 km^2'lik coğrafi alanı, 2014 yılı itibariyle sahip olduğu 289.252 kişilik nüfusu ve yine aynı yıla göre 3.932 milyon dolarlık gayri safi yurt içi hasıla miktarı ile küçük bir ekonomi olarak kabul edilmektedir. Ülke bu tanımlamaya uygun olarak literatürde küçük ada devletlerinin temel özellikleri olan küçüklük, tecrit edilmişlik ve kırılganlık gibi özellikleri taşımakta ve bunlardan kaynaklanan sorunlarla karşılaşmaktadır (Karaman, 2005).

KKTC'de mukayeseli avantaj kavramına göre kalkınmada öncelikli sektör olarak turizm ve eğitim sektörleri belirlenmiştir (Şafaklı ve Özdeşer, 2002).

Bu çerçevede ekonominin dayandığı bu iki temel sektörle birlikte değerlendirildiğinde KKTC'de Kıbrıs Sorunu'nun çözümsüzlüğü, uluslararası toplum tarafından uygulanmakta olan izolasyonlar, Türkiye Cumhuriyeti'nin katkı ve yönlendirmeleri sonucunda ekonomik aktivitelerde oluşan daralma, siyasi istikrarsızlık ve daha birçok faktör sebebiyle üretim sektörleri gelişememiş ve kamu ekonomisine dayalı, Türkiye'ye bağımlı bir yapı oluşmuştur. Sanayi sektörü açısından bakıldığında; KKTC sanayisi, hammadde ve enerji kaynaklarının yetersizliği, sanayiyi ayakta tutan yeterli pazarların bulunmayışı, ulaşım sektöründeki güçlükler, sermaye yetersizliği, yetişmiş kalifiye eleman azlığı gibi nedenlerden dolayı yeterince gelişememektedir (Mor ve Çitci, 2006).

Böylesi bir tablo içerisinde bile ilk iki sırayı paylaşan turizm ve ulaşım sektörünün geliştirilebilmesi ve bundan doğacak katma değerin topluma faydalı bir

biçimde yansıyabilmesi için madencilik faaliyetlerinin düzenlenmesi, çevre ile ilişkili konularda adımlar atılması ve malzeme kalitesinin sağlanması önemlidir. Bu bakımdan planlı bir kalkınmanın sürdürülmesi, yüz ölçümü olarak oldukça küçük bir kara parçası olan Kuzey Kıbrıs'ta ekonomik aktivitelerin sürdürülebilirliği bakımından elzemdir.

Bu noktada gerek çevre ile olan ilişkileri gerekse ekonomik büyümenin kaldıracı durumundaki inşaat sektörüne yaptığı doğrudan katkı bakımından madencilik sektörü özel bir yere sahiptir.

2.7.5. Kuzey Kıbrıs'ta Madenciliğe Genel Bakış ve Tuğla Üretiminin Tarihçesi

Kıbrıs'ta madencilik oldukça eski çağlara dayanmaktadır. Adada yüzyıllar boyu gerçekleştirilen bakır madenciliği kimi kaynaklara göre adaya ismini de verirken, kimi kaynaklar batı dillerine bakır teriminin Kıbrıs adası sebebiyle girdiğini iddia etmektedir. 1974 yılında yaşanan savaşın ve bölünmenin ardından bakır madenciliği büyük ölçüde dursa da Kıbrıs'ın güneyinde elektrolitik bakır üretiminin devam ettiği ve kuzeyde de halen arama çalışmalarının sürdüğü bilinmektedir.

Endüstriyel hammadde üretimi ve özellikle kırma kum-çakıl işletmeciliği açısından ele alınacak olunursa Kıbrıslı Türklerde bu sektör 1975 yılı itibariyle gelişmeye başlamıştır. Ancak, Güngör bölgesinde bulunan taşocaklarının 1974 yılı öncesinde de faaliyette olduğu ve üretimin 1940'lı yıllara kadar uzandığı kayıtlarda yer almaktadır.

Girne Beşparmak Sıra Dağları'nın güney yamaçlarındaki kırma kum-çakıl işletmeciliğinin ivme kazanmasının 1990 yılının sonrasına rastladığı bilinmektedir. O yıla kadar ülkenin ihtiyaç duyduğu malzemenin tamamına yakını Gaziveren-Kumköy kıyı şeridinden denizel malzeme olarak elde edilirken söz konusu bölgenin yeraltı suları açısından sakıncalı olduğu ve deniz suyu girişimine katkı sağladığı gerekçesi ile dönemin Bakanlar Kurulu, bu ocakların kapatılması yönünde karar almıştır. Bu kararla birlikte inşaat sektörünün ihtiyaç duyduğu

malzemeyi elde etmek için tek alternatif kaynak Beşparmak Dağları olarak öne çıkmıştır.

Bahse konu sıradağların kuzey yamaçları turizm yönünden değerlendirildiğinden bu bölgede taşocakçılığı faaliyetlerinin yapılmaması benimsenmiştir. Bu bağlamda o yıllara kadar faaliyet gösteren küçük çaplı mozaik ocakları dahi kapatılmıştır (Alkaravlı, 2005).

1990 sonrası dönemde Kıbrıslı Türkler için dağdan üretim yapmak yeni sayılabilecek bir durumdu. Bu dönemde Girne Limanı'nın yapımı esnasında taş alınan yerde üretim, galeri patlatma yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve uygulamanın ülke çapında yayılmasına katkı sağlamıştır. Çevresel açıdan birçok sakınca içeren bu tekniğin 50-60 metreden 90-100 metreye varan aynalar oluşmasına ve çevrenin yoğun bir biçimde tahrip edilmesine yol açtığı bir gerçeklik olarak durmaktadır.

1 Nisan 2004 tarihinde dönemin hükümetinin almış olduğu bir kararla galeri patlatma yönteminin tamamen yasaklanmış olması bu sektörle ilgilenen hemen herkes tarafından bir dönüm noktası olarak değerlendirilmektedir.

2004 yılı öncesinde 5.000 ton civarında olan günlük agrega üretimi Annan Planı sonrasında inşaat sektöründe yaşanan patlama ile taşocakçılığı sektörüne de ivme kazandırmıştır. İşletmelerin kurulu kapasitelerini geliştirme konusunda dönemin hükümeti tarafından teşvik edildikleri ve bu yönde yatırım yaptıkları bilinmektedir. Bu teşvik ve yönlendirmelerle birlikte kurulu üretim kapasitesi toplamda 30.000 ton/gün düzeyine ulaşmıştır.

Bugün ülkede 54 adet ruhsatlı ocağın 36 tanesi faal konumda bulunmaktadır. Bunların 16 âdeti inşaat sektörünün ihtiyacını karşılayan agrega ocakları, geri kalan 20 âdeti ise çeşitli sanayi tesislerine hammadde temin eden endüstriyel hammadde ocaklarıdır. Bununla birlikte üretimine ruhsatsız bir şekilde devam eden ocakların bulunduğu da bilinmektedir.

Yüksek bir dış ticaret açığı bulunan Kuzey Kıbrıs'ta kendi kendine yeten bir ekonomik yapı kurmanın önemi her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Bunu yapabilmek için küçük ölçekli sanayi tesislerinin geliştirilmesinin büyük önem arz

ettiği düşünülmektedir. Öte yandan, çevresel değerleri korumak, üretimde verimliliği ve kaliteyi yakalamak da ulaşılması gereken diğer önemli hedefler olarak ortada durmaktadır.

Tuğla sektörü açısından bakıldığı zamansa özellikle son 10 yılda bu alanda oldukça önemli gelişmeler yaşandığı görülmektedir. 2000'li yılların başında 2 milyon dolar seviyesini aşan miktarlarda gerçekleştirilen tuğla ithalatı giderek düşen bir görünüm arz etmekte ve bu durum KKTC Ticaret Dairesi istatistiklerine de yansımaktadır. Sonrasında ise ülkede gerçekleştirilen teknoloji yatırımları sayesinde bu alanda gelişmeler yaşandığı ve Yeşil Hat Tüzüğü kapsamında Güney Kıbrıs'a satış yapılmaya başlandığı görülmektedir.

Tuğla üretimi açısından değerlendirildiğinde Kıbrıslı Türklerin bu alandaki tarihçesi üç dönem altında incelenebilir. 1950 ile 1974 arasındaki ilk dönem, 1974 ile 1990 arasındaki ikinci dönem ve 1990'dan günümüze kadar olan dönem tuğla üretimi bakımından farklılıklar içeren dönemler olarak önce çıkmaktadır.

2.7.5.1. 1950 ile 1974 Yılları Arasındaki İlk Dönem

1950'li yıllardan önce Kıbrıs'ta konut inşaatında kullanılan geleneksel inşaat malzemeleri incelendiğinde duvarlarda taş ve kerpiç, damlarda kil, çatılarda mertek ve hasır, yer kaplama malzemesi olarak alçı mermeri ve duvar sıvası olarak da alçı ürünlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Bu malzemelerin 1950'li yıllarla birlikte tuğla, kiremit, kireç, çimento, beton ve betonarme gibi alternatif malzemelerle yer değiştirmeye başladığı görülmektedir. Bununla birlikte 1950'li yıllar öncesinde Kıbrıslı Türklerin tuğla üretim sektöründe yer almadığı bilinmektedir (OK-DER, 2006).

1950'li yıllara gelindiğinde ilk kez Lefkoşa'da başta Küçük Kaymaklı bölgesi olmak üzere kısıtlı miktarda üretim gerçekleştirilmeye başlayan Kıbrıslı Türkler hammadde teminini Dumlupınar olarak anılan bölgeden oldukça ilkel metotlarla sağlamaktaydı.

1960 yılında kurulan Kıbrıs Cumhuriyeti ile birlikte üretimde mekanizasyonun gelişmeye başladığı ve bu çerçevede hammadde sahalarının da Dumlupınar bölgesinden Haspolat'a doğru kaydığı görülmektedir. Cumhuriyet dönemindeki adı ile Mia Milia (Birinci Mil) olarak anılan Haspolat'ın, giderek bir sanayi bölgesi haline dönüştüğü ve fabrikaların da buraya taşındığı halen hayatta bulunan kişilerce nakledilmektedir.

O dönemlerde Haspolat bölgesinde yaşayan Kıbrıslı Rumlar tarafından yirmiye yakın tuğla işletmesinin eski tip fırınlarda dolu tuğla üretmekte olduğu ve inşaat sektörüne malzeme temin ettiği aktarılmaktadır. 1960 cumhuriyetinin kurulması ile birlikte dolu tuğla üretiminin de terk edilmeye başlandığı ve Hoffman tipi fırınlarda delikli tuğla üretimine geçildiği bilinmektedir. Nitekim Jeoloji Dairesi'nin Haspolat bölgesinde tuğla toprağı çıkarma izni vermeye başlaması da bu dönemlere rastlamaktadır.

Bu dönemin ardından 1963 yılında başlayan toplumlar arası çatışmalarla birlikte Küçük Kaymaklı bölgesinin Kıbrıslı Rumların idaresine geçtiği ve Kıbrıslı Türkler açısından tuğla üretiminin de son bulduğu belirtilmektedir. Çatışmalar sebebiyle göçmen durumuna düşen Kıbrıslı Türklerin yeni konut ihtiyacına cevap verecek inşaat malzemelerini bir Türk bölgesi olan Serdarlı bölgesinde kurulan belli işletmeler sayesinde karşıladığı aktarılmaktadır. Dönemin ihtiyaçlarına cevap verecek toplu konutların inşa edilmeye başlanması da bu döneme rastlamaktadır.

Öte yandan kantonal bölgeler içerisinde yaşam süren Kıbrıslı Türklerin kantonlar arası alışverişlerinde sıkıntılar yaşanması sebebiyle 1963-1968 yılları arasında Lefkoşa'da başta Göçmenköy ve Gönyeli bölgesi olmak üzere çeşitli yerlerde ilkel tuğla üretim tesisleri kurduğu da dönemin tanıkları tarafından aktarılmaktadır (OK-DER, 2006).

1968 yılında yaşanan siyasi ve askeri gelişmeler sonucunda Kıbrıslı Türklerin ada içindeki dolaşımı konusunda belli rahatlamalar yaşanması sebebiyle bu dönemde tuğla üretimi bir kez daha durmuştur.

1963-1968 çatışmaları döneminde düşük kapasite ve emek yoğun bir sistemle üretilen dolu tuğla kullanımı 1968 yılıyla birlikte terk edilmiştir. Bunun yerine mekanizasyona dayalı olarak üretilen, fiyat ve kalite performansı daha yüksek olan delikli tuğlalar 1974 yılına kadar yeniden kullanılmaya başlanmıştır.

2.7.5.2. 1974-1990 Yılları Arasındaki İkinci Dönem

1974 yılında yaşanan savaş ve bölünmenin ardından Kıbrıslı Rumlar tarafından işletilmekte olan tuğla fabrikaları Kıbrıslı Türklerin yaşadığı bölgede kalmış ve Türk toplumu açısından tuğla kiremit üretiminde yeni bir dönem başlamıştır. Savaş ve bölünme sonrasında Kıbrıslı Türkler Hoffman tipi fırınlarla üretilen yirminin üzerinde fabrikanın da "sahibi" olmuştur. Bunların önemli bir bölümünün Haspolat bölgesinde yer aldığı ve milyonlarca mamul ve çiğ tuğlanın stoklarda bulunduğu dönemin tanıkları tarafından ifade edilmektedir.

Bu koşullar altında Kıbrıslı Türklerde mekanizasyona dayalı ilk tuğla üretim organizasyonu bu döneme rastlamaktadır. Burada kurulan organizasyonun 1990'lı yıllara kadar ciddi bir değişim göstermeden devam ettiği kayıtlarda yer almaktadır (OK-DER, 2006).

1990'lı yıllarda yurtdışından tuğla ithalatının başlaması ile birlikte dönemin teknolojisini yakalayamayan sektör, yüksek fire oranlarına bağlı olarak maliyetlerin de yüksek oluşu ve genel anlamdaki verimsizlik sebebiyle daralmaya girmiş ve birçok fabrika bu dönemde üretim faaliyetlerini sonlandırmıştır .

2.7.5.3. 1990'lı Yıllardan Günümüze Kadar Olan Üçüncü Dönem

Savaş sonrasında yirmiden fazla fabrikanın sahibi olan Kıbrıslı Türkler bu gelişmelerle birlikte 2000'li yıllara gelindiğinde iki adet fabrika ile üretim faaliyetlerine devam etmişlerdir. Halen faaliyetlerini sürdürmekte olan iki fabrikadan bir tanesi teknoloji bakımından öne çıkmaktayken diğer fabrika emek yoğun bir sistemle faaliyetlerini sürdürmektedir.

Her iki fabrikada da tünel fırın sistemi ile üretim yapılmakta ancak kalite standartları bakımından problemler yaşanmaktadır. Bu problemlerin başında çatlamaya bağlı fire ve ikinci kalite oranlarının yüksekliği gelmektedir.

Özellikle karbonat içeriği yüksek killerin, üretimde yarattığı ikinci kalite ve fire oranları hem sektörün verimliliği açısından hem de çevresel gerekçelerle sorun oluşturmaya devam etmektedir.

Öte yandan ikinci kalite olarak ayrılan ürünlerin inşaat sektöründe kullanım alanı bulduğu bilinmekte, bu da konut kalitesi bakımından sıkıntılara sebep olmaktadır.

Yukarıda değinilen sorunlara ek olarak sektörün karşı karşıya bulunduğu en ciddi sorun enerji kaynaklarına ulaşım problemidir. Yakıt olarak linyit kömürü kullanılan fabrikalarda kamu kurumlarının ve çevre örgütlerinin baskısı devam etmekte bu da farklı kaynaklara ulaşmakta zorlanan sektörü yeni bir ekonomik darboğaza itmektedir.

Kıbrıs'ın etrafında keşfedilen hidrokarbon yataklarının sanayide kullanımının söz konusu olması durumunda bu problemin aşılabileceği öngörülmekle birlikte bu yataklardan elde edilecek kaynakların sanayiye aktarımı ile ilgili bir tarih vermek henüz mümkün değildir.

Bu bakımdan sektörün daha ucuz ve kaliteli enerji kaynaklarına ulaşım probleminin bir süre daha devam edeceği öngörülmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Doktora tez çalışması kapsamında ana hammadde olarak Kuzey Kıbrıs sınırları içerisinde bulunan ve tuğla-kiremit üretimi bakımından değerlendirilme potansiyeline sahip killer kullanılmıştır.

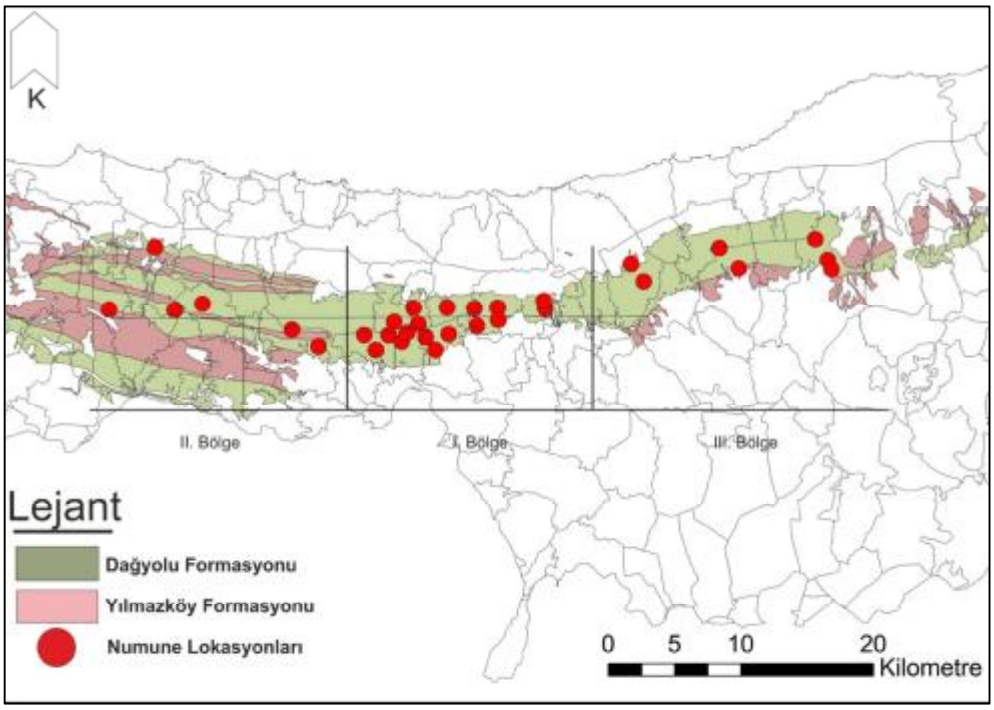
Tez çalışması kapsamında yapılan ön jeolojik incelemelerde Değirmenlik Grubuna bağlı Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının tuğla-kiremit üretimi bakımından elverişli olabileceği değerlendirilmiş, bahse konu sahaların sanayi bölgelerine olan yakınlıkları ve ulaşım olanakları da göz önünde tutularak detay inceleme çalışmaları başlatılmıştır.

Bu amaçla, Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının Doğu-Batı yönünde uzanmakta olduğu Geçitkale ile Yılmazköy yerleşim birimleri arasındaki bölge, tez çalışması kapsamında üç bölgeye ayrılmış ve her sahayı temsil edecek sayıda numune alınmıştır. Numunelerin alındıkları lokasyonları gösterir harita Şekil 3.1'de verilmiştir.

Bu çerçevede; Girne-Lefkoşa anayolunun doğusu ile Değirmenlik-Girne Anayolu'nun batısı I Bölge, Girne-Lefkoşa Anayolunun batısı ile Yılmazköy'e kadar olan bölge II. Bölge ve Değirmenlik-Girne Anayolunun batısından Geçitkale'ye kadar olan bölge de III. Bölge olarak adlandırılmıştır.

Sahayı temsil eden numuneler yüzeyden 30 cm derinlikten alınarak tez çalışması için hazırlanan laboratuara getirilmiş ve kodlanmıştır.

Arazi çalışmaları sırasında Dağyolu Formasyonu'nun literatürde yer alan tipik özelliklerini gösteren yapılara rastlanmıştır. Yer yer doksan dereceye varan orta kalın tabakalı kumtaşları izlenmiş ve bu yapılar fotoğraflanmıştır. Şekil 3.2.'de Hamitköy yerleşim birimi sınırları içerisinde gözlemlenen kumtaşı tabakalarına ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 3.1. Numune lokasyonlarını gösteren harita



Şekil 3.2. Dağyolu Formasyonu içerisinde gözlemlenen kumtaşı tabakaları

Sahadan numune alma çalışmalarının tamamlanması sonrasında iki farklı amaçla analizler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak sahadan alınan hammaddelerin fiziksel, ısıl, mineralojik ve kimyasal özellikleri araştırılarak hammadde özellikleri karakterize edilmiştir. İkinci olarak ise sahadan alınan hammaddelerle tuğla bünyeleri üretilerek, 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve bu örneklerin kalite analizleri yapılmıştır. Her iki amaçla sürdürülen analizler, TS 4790 (1986) standardındaki metotlar yanında literatürde yer alan diğer analiz metotlarına bağlı kalınarak gerçekleştirilmiştir.

Bununla birlikte laboratuar çalışmaları öncesinde gerçekleştirilen deneme üretimleri tuğla bünyelerinin boyutlarında bir miktar değişiklik yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Tez çalışması kapsamında temel standart olarak kullanılan TS 4790 kodlu Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu standardında deneyler için şekillendirilen numunelerin 25x25x115 mm boyutlarında olması gerektiği belirtilmektedir. Ancak, ön çalışmalar esnasında bu boyutlardaki numunelerin kurutma esnasında çarpıldığı ve çatladığı gözlenmiştir. Numunelerin çarpılması ve çatlaması sebebiyle analize tabi tutulabilecek bir bünye elde edilemediğinden bu problemin aşılması için çalışmalar yapılmıştır.

Çarpılma ve çatlama probleminin aşılması amacıyla önce karışım içerisindeki su miktarı azaltılmaya çalışılmış, ardından daha düşük ısılarda ve daha uzun süreli kurutma yoluna gidilmiş fakat problem giderilememiştir.

Çatlama probleminin neredeyse tüm numuneler için sabit olduğu tespit edildiğinden numunelerin bir miktar inceltilmesi yoluna gidilmiş ve sonuç olarak 20 mm'lik kalınlığa sahip bünyeler üretilmiştir.

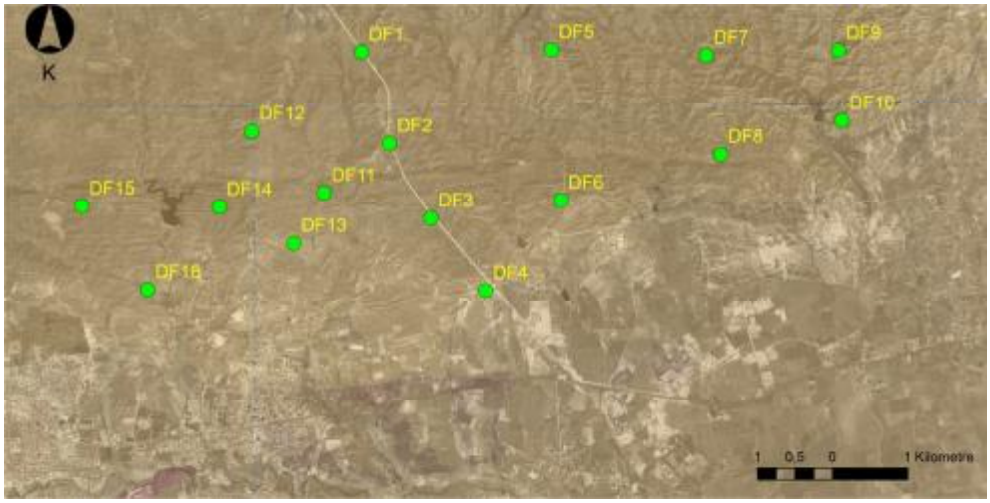
3.1.1. I. Bölgeden Alınan Numuneler

Girne-Lefkoşa anayolunun doğusu ile Değirmenlik-Girne Anayolu'nun batısı tez çalışması kapsamında I. Bölge olarak adlandırılmıştır. Bölge, ülkede faaliyet gösteren iki tuğla fabrikasına yakınlığı ile önce çıkmaktadır. Dolayısıyla ulaşım problemi bulunmamaktadır. Bu bölgeden alınan numunelere ait

koordinatlar Çizelge 3.1'de, numune lokasyonlarını gösteren harita ise Şekil 3.3'te verilmektedir. Tez çalışmasında kullanılan koordinat sistemi WGS 1984 olup projeksiyon UTM Zone 36 N'dir.

Çizelge 3.1. I bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar

Numune Kodu	X Koordinatı	Y Koordinatı
DF 1	535563	3901546
DF 2	535937	3900330
DF 3	536489	3899336
DF 4	537218	3898374
DF 5	538094	3901575
DF 6	538220	3899574
DF 7	540155	3901505
DF 8	540349	3900188
DF 9	541918	3901568
DF 10	541961	3900636
DF 11	535067	3899672
DF 12	534107	3900493
DF 13	534664	3899002
DF 14	533672	3899487
DF 15	531841	3899498
DF 16	532718	3898384



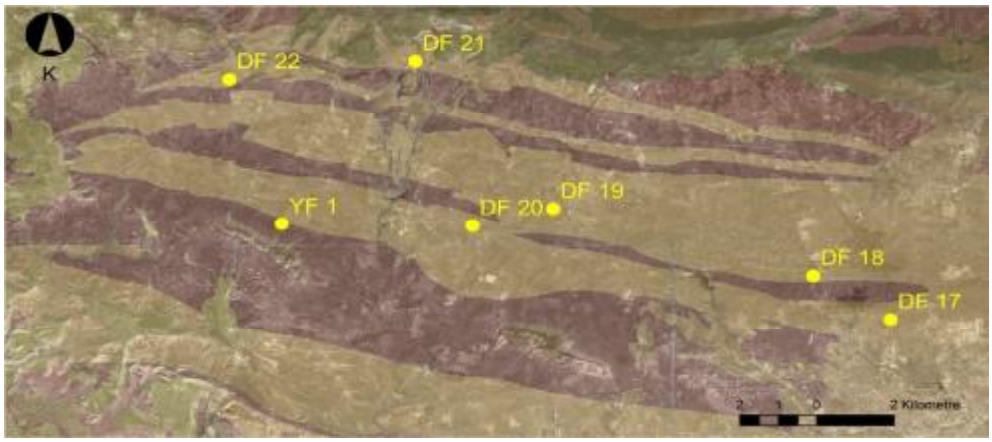
Şekil 3.3. I. Bölgeden alınan numunelere ait lokasyon haritası

3.1.2. II. Bölgeden Alınan Numuneler

Tez çalışması kapsamında Girne-Lefkoşa Anayolunun batısı ile Yılmazköy'e kadar olan bölge II. Bölge olarak adlandırılmıştır. Bölge, araştırmaya tabi sahalar anlamında diğer iki sahadan daha yoğun bir şekilde askeri bölgelerin bulunduğu ve tarımsal üretimin de yine yoğun olarak gerçekleştirildiği bir bölge olarak öne çıkmaktadır. Sahadan alınan 6 numuneden biri olan DF-22 kodlu numune üretimde kullanılamamıştır. Aşırı plastik olan ve yüksek şişme özelliği gösteren bu numune ile üretilen tuğla bünyeleri kurutma esnasında çatlayarak dağılmış ve analiz edilebilecek bir bünye elde edilememiştir. II. Bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar Çizelge 3.2'de, numunelerin lokasyonlarını gösteren harita ise, Şekil 3.4'te verilmektedir.

Çizelge 3.2. II. bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar

Numune Kodu	X Koordinatı	Y Koordinatı
DF 17	528395	3898640
DF 18	526386	3899907
DF 19	519633	3901862
DF 20	517539	3901370
DF 21	516056	3906152
DF 22	511232	3905625
YF-1	512588	3901419



Şekil 3.4. II. Bölgeden alınan numunelere ait lokasyon haritası

3.1.3. III. Bölgeden Alınan Numuneler

Değirmenlik-Girne Anayolunun batısından Geçitkale'ye kadar olan bölge tez çalışması kapsamında III. Bölge olarak adlandırılmıştır. Bölgenin tamamı jeolojik açıdan Dağyolu Formasyonu içerisinde yer almakta olup, formasyonun tipik özelliklerini göstermektedir. Arazi çalışmaları sırasında bölge içerisinde yer alan köylerde yeni betonarme binalar dışında yaygın bir şekilde kerpiçten inşa edilen eski yapılara rastlanmıştır.

Buna bir örnek olması bakımından Şekil 3.5'te kerpiçten inşa edilmiş konut amaçlı bir yapı gösterilmiştir. Resimden de görülebileceği üzere yapının temel olarak adlandırılabilecek kısmında kumtaşları taşıyıcı olarak kullanılmış ve duvarlar kerpiç bloklarla örülmüştür. Bu bakımdan bölgede geçmişten beri killerin kullanımının bilindiği söylenebilir.

Bölgede ulaşım imkânları kolay olup yoğun bir yapılaşma yoktur. III. Bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar Çizelge 3.3'te numunelerin lokasyonlarını gösteren harita ise, Şekil 3.6'da verilmektedir.

Çizelge 3.3. III. bölgeden alınan numunelere ait koordinatlar

Numune Kodu	X Koordinatı	Y Koordinatı
DF 23	545388	3902087
DF 24	545480	3901523
DF 25	551971	3904899
DF 26	552929	3903569
DF 27	558653	3906091
DF 28	560111	3904555
DF 29	565891	3906748
DF 30	566818	3905188
DF 31	567113	3904495

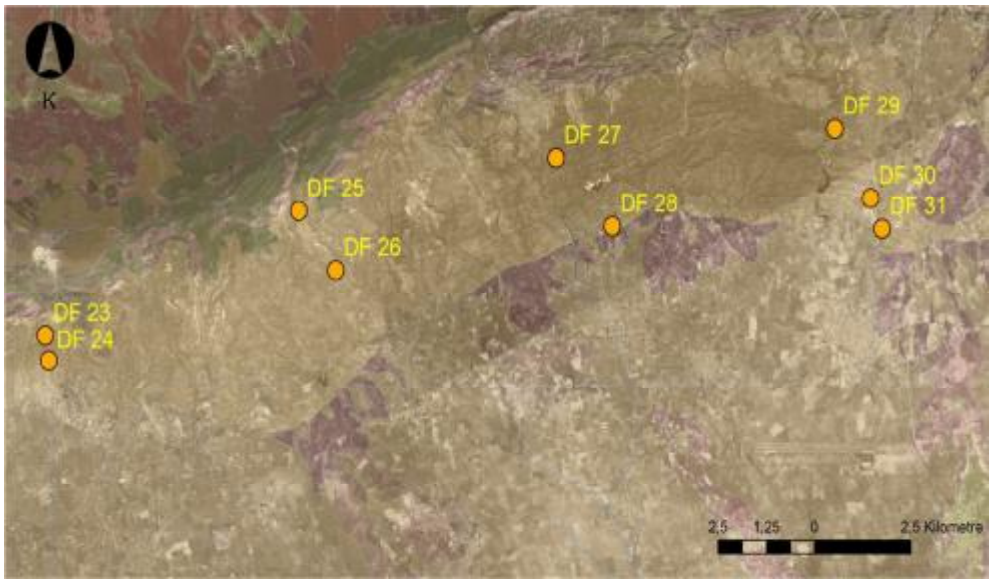
3.1.4. Katkı Malzemeleri

Üç farklı bölgeden alınan hammaddelerle üretilen ve analizlere tabi tutulan numunelerden basınç dayanımları bakımından düşük değerlere sahip olan numuneler farklı katkı malzemeleri ile karıştırılarak geliştirilmeye çalışılmıştır.

Bu çerçevede öğütülmüş kuvars kumu, tuğla tozu ve karışım suyuna eklenen hidroklorik asit çözeltisi ile yeni reçeteler hazırlanmış ve farklı sıcaklıklarda üretim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Gönendere köyünde kerpiç bloklarla inşa edilen eski bir yapı



Şekil 3.6. III. Bölgeden alınan numunelere ait lokasyon haritası

3.1.5. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar

Sahadan alınan hammaddelerin ve laboratuarda üretilen tuğla bünyelerinin üretim ve analizlerinde çeşitli ekipmanlar kullanılmıştır. Bu çerçevede; tuğla bünyelerinin şekillendirilmesi için basit bir el presi kullanılmıştır.

Bununla birlikte elek serileri, etüv, kül fırını, kumpas, hassas terazi, analitik terazi, basınç dayanımı ve eğilme test cihazları ile çeşitli cam ve plastik malzemeler kullanılmıştır.

Laboratuarda kullanılan malzemelerden hassas terazi, etüv, kül fırını ve basınç dayanımı ile eğilme test cihazlarının kalibrasyonu TSE tarafından gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan ekipmanlardan bazıları Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Laboratuarda kullanılan alet ve ekipmanlar.

3.2.Metot

3.2.1.Fiziksel Analizler

3.2.1.1. Rutubet Miktarı ve Kızdırma Kaybı

Tez çalışması kapsamında araziden alınan numuneler TS 4790'da atıf yapılan standart olan TS 3245 Beyaz Seramik Yapımında Kullanılan Killerde Rutubet ve Kızdırma Kaybı Miktarları Tayini için Kimyasal Analiz Metotları (1978) uyarınca analiz edilmiş; rutubet ve kızdırma kaybı tespit edilmiştir. Buna göre; ilk olarak TS 3080 (1978) standardına uygun biçimde konileme dörtleme yöntemi ile 10 g numune alınmış ve alınan numuneler darası alınmış bir tartım kabında 105 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur.

Ardından tartım kabı ve içerisindeki malzeme desikatör içerisinde soğutulmuş ve tartımlar arasındaki ağırlık farkından deney numunesinin rutubet miktarı Eşitlik 3.1 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$R_m = \left[\frac{m - (m_2 - m_1)}{m} x100\right] \quad (3.1)$$

R_m: Rutubet miktarı (%)

m: Deney numunesinin ağırlığı (g)

m_1: Boş tartım kabının ağırlığı (g)

m_2: Tartım kabı ve içerisindeki kalıntının kurutma işleminden sonraki ağırlığı (g)

Kızdırma kaybı miktarı için de yine TS 3080 (1978) standardı uyarınca alınan 4 g numune, darası alınmış bir krozede 950 °C'de değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kızdırılmış ve ardından desikatör içerisinde soğutulmuştur.

Numuneler oda sıcaklığına ulaştığı zaman tartımlar arasındaki ağırlık farkından deney numunesinin kızdırma kaybı Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_k = \left[\frac{m_a - (m_4 - m_3)}{m_a} x100\right] \quad (3.2)$$

K_k: Kızdırma kaybı (%)

m_a: Deney numunesinin ağırlığı (g)

m_3: Boş porselen krozenin ağırlığı (g)

m_4: Porselen kroze ve içerisindeki kalıntının kızdırma işleminden sonraki ağırlığı (g)

3.2.1.2. Yaş Elek Analizi

Tez çalışması kapsamında alınan numuneler TS 4790 Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu (1986) uyarınca yaş elek analizine tabi tutulmuştur. Bu çerçevede araziden alınan numunelerden dörtleme metodu kullanılarak 250 g ağırlığında iki farklı numune elde edilmiş ve numuneler sabit tartıma gelinceye kadar 110 °C'de kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde bekletilmiş ve 2 lt hacminde iki ayrı plastik kaba konulmuştur.

Bahse konu standart uyarınca numuneler üzerine 1 lt su dökülerek 2 saat süre ile bekletilmiş ve malzemenin kendi kendine akan bir çamur haline gelmesi sağlanmıştır. Ardından numunelerin yabancı maddelerden ayrılmasını sağlamak için 1300 dev/dk hızda çalışan bir karıştırıcı ile beş dakika karıştırılmıştır.

Suyu emmiş ve karıştırılmış deney numuneleri 2,8 mm ve 200 µm göz açıklıklı elek dizisine aktarılarak eleklerden geçen su berraklaşıncaya kadar musluğa takılı bir hortum kullanılarak yıkanmıştır.

Daha sonra elekler birbirlerinden ayrılarak 2,8 mm göz açıklıklı eleğin altındaki artık su yumuşak ve nemli bir bezle alınmış ve 200 µm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzeme yıkanarak yeniden karıştırıcı kabına aktarılmıştır. Kap içerisindeki malzeme 1 lt su içerisinde 10 dakika süre ile yeniden karıştırılmış ve aynı elekten yeniden yıkanmıştır.

İkinci yıkama işleminden sonra elde kalan malzeme 2,8 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzeme ile birlikte 2 saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Etüvden alınan numunelere ilişkin $\%W_{2,8}$ ve $\%W_{200}$ değerleri kuru ağırlık esasına göre Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\%W_{2,8} = \left[\frac{m_1}{m} x100\right] \tag{3.3}$$

$$\%W_{200} = \left[\frac{m_1 + m_2}{m} x100\right] \tag{3.4}$$

$\%W_{2,8}$: 2,8 mm göz açıklıklı eleğin elek üstü malzeme yüzdesi
$\%W_{200}$: 200 µm göz açıklıklı eleğin elek üstü malzeme yüzdesi
m: Deney numunesinin kuru ağırlığı (g)
m_1: 2,8 mm göz açıklıklı eleğin elek üstü ağırlığı (g)
m_2: 200 µm göz açıklıklı eleğin elek üstü ağırlığı (g)

3.2.1.3. İri Tanelerin Cinsinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında araziden alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen yaş elek analizleri sonrasında iri tanelerin cinsi de yine TS 4790 (1986) standardı uyarınca belirlenmiştir. Buna göre; 2,8 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzeme asitle ve gözle muayene edilerek kalsit, kayaç ve organik madde ihtiva edip etmediği kontrol edilmiştir. Standartta belirtildiği şekilde asitle muamele edildiğinde reaksiyon verenler kalsit, vermeyenler kayaç olarak adlandırılmıştır. Asitle muayenede hidroklorik asit çözeltisi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar not edilmiştir.

3.2.1.4. Plastiklik Suyu ve Kıvam Limitleri

Önceki bölümlerde bahsedilen çerçevede araziden alınan numuneler, konileme dörtleme metodu ile azaltılarak etüvde 105 °C'de kurutulmuş ve 2,8 mm göz açıklıklı elekten elenmiştir. Kurutulup elenen hammadde TS 4790 (1987)'da belirtilen esaslar dikkate alınarak uygun miktarda su ile karıştırılarak yoğrulmuş ve çamur haline getirilmiştir. Hazırlanan çamur ıslak bir bezle örtülerek bir gün boyunca dinlendirilmiştir. Ardından numuneler el presi ile şekillendirilerek pişirmeye hazır hale getirilmiştir.

Numuneler şekillendirme işleminden hemen sonra terazi ile tartılmış ve üzerlerine kumpasla 100 mm uzunluğunda bir işaret konulmuştur. Daha sonra önceden yağlanmış tepsiler üzerine yerleştirilerek 24 saat oda sıcaklığında bırakılmıştır. Bu ön kurutma periyodunun ilk 8 saatlik süresince dikdörtgen numuneler yatay yüzeyleri üzerinde birer saat arayla aynı yöne doğru 90 derece döndürülerek çarpılmaları engellenmeye çalışılmıştır.

İlk kuruma periyodunun ardından numuneler 55 °C'deki etüve yerleştirilerek 4 saat süreyle kurutulmuştur. Bunun ardından etüv 110 °C sıcaklığa ayarlanmış ve 24 saat daha kurumaya bırakılmıştır.

Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde bekletilmiş ve ardından 5 numune tekrar tartılarak Eşitlik 3.5 yardımı ile plastiklik suyu hesaplanmıştır. Sonuçlar standarda uygun olarak 5 numunenin aritmetik ortalaması şeklinde sunulmuştur.

$$\%P.S. = \left[\frac{W_y - W_k}{W_k} x100\right] \qquad (3.5)$$

% P.S: Plastiklik suyu yüzdesi (%)

W_y: Numunenin yaş ağırlığı (g)

W_k: Numunenin kuru ağırlığı (g)

Kıvam, kohezyonlu zeminlerde zeminin sertlik yumuşaklık durumunu ifade eden bir terimdir. İnce taneli zeminler su katılıp yoğrulduklarında plastik özellik gösterirler. Plastiklik veya plastisite, ince taneli zeminlerin bir özelliği olup kırılmadan şekil verilebilmeyi ifade ederler. Bu özellik kum çakıl gibi iri taneli ve taneleri arasında yapışma-çekme kuvveti olmayan zeminlerde görülmez. İnce taneli zeminler, su muhtevalarına göre çeşitli durumlarda olabilirler. Kuru bir zemine gittikçe artan miktarda su katılıp yoğrulduğunda hacmi bir miktar artar ve zemin sırasıyla; katı durum, yarı katı durum, plastik durum, likit durum gibi fazlara geçerler. Likit durumda zemin bir sıvı gibi yavaşça akma özelliği gösterebilir. Plastik durumda ise zemine kırılmadan ve çatlamadan istenilen şekil verilebilir. Bununla birlikte likit durumdaki bir zemin tedrici olarak kurutulursa, zemin sırasıyla; plastik, yarı katı ve katı bir hal alır ve gittikçe hacmi küçülür. İsveçli bilim insanı Atterberg 1911 yılında zeminin bu fazlarını ve bunları ayıran su muhtevalarını tanımladı. İşte bu sınır muhtevalarına Atterberg limitleri veya kıvam limitleri adı verilmektedir (Uzuner, 2014).

Tez çalışması kapsamında plastiklik suyu ile bir karşılaştırma yapılabilmesi bakımından her bölgeden rastgele örnekleme metoduyla iki numune seçilmiş ve kıvam limitleri tespit edilmiştir.

Atterberg (kıvam) limitlerinin hesaplanması için doğal su içeriğinde olan ve 200 No'lu elekten elenen malzeme iyice karıştırılarak 100 g örnek alınmıştır. Bu malzeme üzerine damıtık su eklenerek macun kıvamına gelene dek derin bir kap içinde spatula ile karıştırılmış ve macun kıvamındaki zemin Casagrande aletinin vuruş kabına konularak standart prosedür uygulanmaya başlanmıştır.

Ardından likit limit için hazırlanan numuneden bir miktar alınarak plastik limitin belirlenmesi için de literatürde yer alan standart prosedürler izlenmiştir. Sonuç olarak malzemelerin likit limit, plastik limit değerleri hesaplanarak plastisite indisleri tespit edilmiştir.

3.2.1.5. Kuruma Küçülmesi ve Toplam Doğrusal Küçülme Tayini

Kuruma küçülmeleri numunelerin etüvden alınması sonrasında önceden kumpasla çizilen 100 mm uzunluğundaki işaretin 5 numune için tekrardan ölçülüp ölçümlerin Eşitlik 3.6 kullanılarak hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Sonuçlar 5 örneğin aritmetik ortalaması şeklinde sunulmuştur.

$$\%S_d = \left[\frac{L_p - L_d}{L_p} x100\right] \quad (3.6)$$

$\%S_d$: Doğrusal küçülme yüzdesi (%)

L_p: Deney numunesinin plastik uzunluğu (mm)

L_d: Deney numunenin kuru uzunluğu (mm)

Etüvde kurutulup gerekli analizler yapıldıktan sonra TS 4790 (1986) kodlu standart uyarınca 150 °C pişirme hızıyla 800, 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıklarda pişirme işlemine geçilmiş ve sonuç sıcaklıklarda fırın 1 saat boyunca bu değerlerde sabitlenmiştir.

1100 °C'deki pişirme sonucunda numuneler üzerinde bozulma (gözle görülebilir erime veya çarpılma) tespit edildiğinden bu sıcaklıktaki sonuçlar dikkate alınmamıştır. Daha sonra fırın kendi halinde soğumaya bırakılmış, 200 °C'nin altına düşünce numuneler fırından çıkarılarak desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

Plastiklik suyu tayini maddesinde anlatıldığı şekilde üzerlerine 100 mm açıklığında işaret konan numuneler her bir sıcaklık değerinde 5 numune için yeniden ölçülüp, Eşitlik 3.7 yardımı ile hesaplanmıştır. Sonuçlar 5 adet numunenin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

$$\%S_d = \left[\frac{L_p - L_f}{L_p} x100\right] \quad (3.7)$$

% S_d: Doğrusal kuruma küçülmesi yüzdesi (%)

L_p: Deney numunesinin plastik uzunluğu (mm)

L_f: Deney numunesinin pişmiş uzunluğu (mm)

3.2.2. Termal Analizler (DTA)

Diferansiyel termal analiz tekniği, numune ve referans madde arasındaki sıcaklık farkını uygulanan sıcaklığın fonksiyonu olarak incelemektedir. Genellikle sıcaklık programı uygulanırken numunenin sıcaklığı T_s zamanla doğrusal olarak artacak şekilde, numune ve referans maddesi ısıtılmaktadır. Numune ve referans madde sıcaklığı (T_r) arasındaki fark $\Delta T = T_r - T_s$ izlenerek grafikleme işlemi yapılmaktadır (Skoog ve ark., 1998).

Sahadan alınan numunelerin termal analizleri, marka ve modeli Netzch ST493 olan cihazla, azot atmosferinde 25-1000 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık artırım hızı 20 °C/dk olarak kullanılmıştır.

3.2.3. Mineralojik Analizler

X-ışını tüpünden elde edilen ışınla uyarılan hiçbir ön işleme uğramamış numune daha sonra analiz bitince tekrar eski halinde değişmeksizin kalmaktadır. Dalga boyu ayrımlı cihazlarda yatay eksen genellikle 2Θ cinsinden verilmekte olup bu değer monokromatörün kristal açıklığı bilindiği takdirde kolaylıkla dalga boyuna çevrilebilmektedir. Ardından elementlerin emisyon çizgilerini içeren çizelgedeki değerlerle karşılaştırılarak pikler belirlenmektedir (Skoog ve ark, 1998).

Mineralojik analizler Bruker D8 Advance marka X ışınları difraktometre (XRD) spektrometrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizler 2 derece/dk

tarama hızıyla 5,0000-85,0000 derece aralığında (λ: 1,54 Å dalga boyunda Cu K α ışını) sürekli ölçüm modunda gerçekleştirilmiş ve sonuçlar otomatik olarak kaydedilmiştir.

3.2.4. Kimyasal Analizler

Sahadan alınan numuneler Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği laboratuarlarında Siemens SRS 300 X Işınları Fluoresans Spectrometre cihazı kullanılarak kimyasal analize tabi tutulmuştur.

X ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlamasıyla veya atomun iç orbitallerindeki elektronların elektronik geçişleri ile oluşturulan kısa dalga boylu elektromanyetik ışınlardır.

X ışınlarının dalga boyu aralığı yaklaşık 10^{-5} Å'dan 100 Å'ya kadardır. Ancak klasik X ışınları spektroskopisi yaklaşık 0.1 Å ile 25 Å (1 Å= 0.1 nm=10^{-10} m) arasındaki bölgeyi kapsamaktadır (Jenkis ve ark., 1995).

3.2.5. Mekanik Analizler ve Su Emme Analizi

3.2.5.1. Kuru Kırılma (Eğilme) Mukavemeti

Kuru kırılma (eğilme) mukavemetinin belirlenmesi için 20x25x115 mm boyutlarında şekillendirilen ve 105 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerden rastgele örnekleme metoduyla 10 adet örnek seçilmiştir. Numuneler desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Kurutma esnasında çarpılma gösteren numuneler analizlerde kullanılmamıştır.

Deney numuneleri 50 mm açıklıklı mesnetler arasına yerleştirilerek deney numunesi kırılıncaya dek yükleme parçası vasıtasıyla kuvvet uygulanmıştır.

Ardından numunenin kırıldığı yerin genişliği ve yüksekliği ölçülerek Eşitlik 3.8 yardımıyla sonuçlar hesaplanmış ve 10 sonucun aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

$$M = \left[\frac{3xPxL}{2xaxh^2}\right] \quad (3.8)$$

M: Kuru kırılma/Eğilme mukavemeti (kg/cm^2)

P: Kırılma kuvveti (kg)

L: Mesnetler arası mesafe (cm)

a: Numunenin kırıldığı yerin genişliği (cm)

h: Numunenin kırıldığı yerin yüksekliği (cm)

3.2.5.2. Pişmiş Numunelerde Eğilme Mukavemeti

Eğilme mukavemetinin belirlenmesi amacıyla 20x25x115 mm boyutlarında şekillendirilen örnekler etüvde kurutulduktan sonra 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonrasında desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulan numuneler teste tabi tutulmuştur. Kuru kırılma mukavemetinde olduğu gibi bu testte de pişirme esnasında çarpılma gösteren numuneler analiz işlemlerinde kullanılmamıştır.

Her numune için eğilme mukavemeti Eşitlik 3.8 yardımı ile hesaplanmış ve sonuçlar 10 adet numunenin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

3.2.5.3. Basınç Dayanımı

Basınç dayanımının belirlenmesi amacıyla 20x25x115 mm boyutlarında şekillendirilen örnekler etüvde kurutulduktan sonra 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmiştir. Pişirme işlemi sonrasında basınç uygulanacak yüzey alanı 10 cm^2 (4 cm x 2,5 cm) olacak şekilde kesilmiş ve tekrardan etüvde kurutulmuştur. Ardından desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulan numuneler basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Presin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilen numunelerin alt ve üst yüzeylerine dik olarak basınç gerilmesi uygulanmış ve bu işlem numuneler kırılana kadar sürdürülmüştür. Kırılmayı

oluşturan yük kaydedilerek her numunenin basınç dayanımı Eşitlik 3.9 yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar 10 adet numunenin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur

$$F_b = \left[\frac{P_k}{A_0 x k} \right] \quad (3.9)$$

F_b: Numunenin basınç dayanımı (kg/cm^2)

P_k: Kırılma anındaki yük (kg)

A_0: Basınç uygulanan yüzün alanı (cm^2)

k: Biçim katsayısı (0,5)

3.2.5.4. Su Emme Analizi

Tez çalışmasında takip edilen ana standart olan TS 4790'ın (1986) su emme tayini ile ilgili olarak atıf yapmakta olduğu TS 4562 (1985) numaralı standart, yürürlükten kaldırılmıştır. Bu sebeple su emme tayini için sanayi koşullarında üretilen tuğlaların analizinde kullanılan TS EN 771-1 (2015) standardı kullanılmıştır.

Buna göre; üretilen numunelerden rastgele örnekleme metoduyla 10 adet pişmiş tuğla numunesi alınmış ve bu numuneler 105 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına ulaşıncaya kadar desikatörde bekletilmiş ve bekleme süresi sonunda kütleleri tartılarak not edilmiştir.

Oda sıcaklığına kadar soğutulan ve kütleleri tartılan numuneler su dolu bir kaba yerleştirilerek 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkarılan numuneler üzerinde bulunan serbest su nemli bir bezle alınarak yeniden tartılmıştır. Her bir numunenin su emmesi Eşitlik 3.10 yardımıyla hesaplanarak kaydedilmiştir.

Sonuçlar 10 adet numunenin su emme yüzdesinin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

$$W_m = \left[\frac{m_w - m_d}{m_d} \; x100 \right] \tag{3.10}$$

W_m: Su emme yüzdesi (%)

m_w: Numunenin suya doygun ağırlığı (g)

m_d: Numunenin kuru ağırlığı (g)

3.2.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX)

Taramalı elektron mikroskobunda, katı numune yüzeyi raster düzeninde yüksek enerjili bir elektron demeti ile taranmaktadır. Bu teknikte yüzeyden çeşitli sinyaller oluşturulmaktadır. Bunlar geri saçılmış elektronlar, ikincil elektronlar, Auger elektronları, X-ışını floresans fotonları ve değişik enerjili diğer fotonlardır. Bütün bu sinyaller yüzey çalışmalarında kullanılmış olmakla birlikte bunların içinde en yaygın olan iki tanesi taramalı elektron mikroskopisinin temelini oluşturan geri saçılmış ve ikincil elektronlar ve elektron mikroprob analizde kullanılan X ışını emisyonudur (Skoog ve ark., 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Doktora tez çalışması kapsamında araziden alınan numunelerin fiziksel, ısıl, mineralojik ve kimyasal özellikleri araştırılarak hammadde özellikleri karakterize edilmiştir. Hammadde özelliklerinin karakterize edilmesi sonrasında sahadan alınan hammaddelerle tuğla bünyeleri üretilerek, 800, 900 ve 1000 °C'de pişirilmiş ve bu örneklerin de kalite analizleri yapılmıştır. Tezin bu bölümünde laboratuar çalışmalarında elde edilen bulgular yorumlanarak karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmalarda ana hammadde olarak kullanılan killer; fiziksel, kimyasal ve ısıl incelemelere tabi tutulmuştur. Sahadan alınan örneklerin rutubet miktarları, kızdırma kaybı ve yaş elek analizleri yapılarak iri tanelerin cinsi saptanmıştır.

Hammaddelerin kimyasal bileşiminin belirlenmesi amacıyla XRF analizleri, mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla XRD analizleri yapılmıştır. Sahadan alınan numunelerin ısıl özelliklerinin tespit edilmesi için TG-DTA analizleri yapılmış, elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

Hammadde analizlerinin tamamlanması sonrasında laboratuar koşullarında tuğla bünyeleri üretilmiş ve bu bünyeler 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilerek çeşitli analizlere tabi tutulmuştur. Bununla birlikte üretilen çiğ tuğla bünyelerinin plastiklik suyu analizleri yapılmış, kuruma küçülmeleri tespit edilmiş ve kuru kırılma (eğilme) mukavemetleri belirlenmiştir.

Öte yandan pişmiş tuğla bünyelerinin toplam doğrusal küçülmeleri, eğilme mukavemetleri ve basınç dayanımları tespit edilmiştir. Son olarak bu ürünlerin su emme testleri yapılmış, SEM görüntüleri elde edilmiş ve EDX analizleri gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen bulgular uyarınca hammaddeler ve laboratuar koşullarında üretilen bünyeler, karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu çerçevede; hammaddelerin kimyasal ve mineralojik özellikleri mekanik analiz sonuçları ile

karşılaştırılmış, pişme sıcaklığının preslenmiş numune özelliklerine etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Pişme sıcaklığının numune özellikleri üzerine etkisi incelenirken; pişme sıcaklığının toplam doğrusal küçülmeye, su emmeye, eğilme dayanımına ve basınç dayanımına etkisi ele alınmıştır. Karşılaştırmalı olarak ele alınan bu analizler SEM görüntüleriyle de desteklenmiştir.

Araziden alınan hammaddelerle üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları diğer örneklerden daha düşük değerlere sahip olanlar farklı katkı malzemeleri ile geliştirilmeye çalışılmıştır. Hammaddelere %10 oranında karıştırılan kuvars kumu ve tuğla tozu ile yoğurma suyuna eklenen hidroklorik asit çözeltisinin numune özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu örneklerin toplam doğrusal küçülme ve basınç dayanımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular hem katkısız olan örneklerin özellikleri ile hem de birbirleri ile kıyaslanmış ve literatürdeki bulgularla karşılaştırılmıştır.

Çalışmalar sonucunda hammadde sahalarının tuğla kiremit üretimine uygunlukları belirlenmiş ve ürün özellikleri konusunda bir envanter oluşturulmuştur. Ayrıca, bilgisayar programlı jeoistatistik yöntemlerden faydalanarak farklı sıcaklıklardaki basınç dayanımı değerlerine göre sahaların kalite kontur haritaları çizilmiştir.

4.1. Hammadde Analizleri

4.1.1. Fiziksel Analiz Sonuçları

Hammaddeler üzerinde gerçekleştirilen fiziksel analizler; rutubet miktarı, kızdırma kaybının tayini, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsine ilişkin analizleri kapsamaktadır. Sahadan alınan numunelerden üretilen tuğla bünyelerine ilişkin fiziksel analizler (plastiklik suyu, kuruma küçülmesi vb) de bu başlık altında sunulmuştur.

4.1.1.1. Rutubet Miktarı, Kızdırma Kaybı ve Yaş Elek Analizleri

Rutubet miktarının ve kızdırma kaybının tayini TS 4790 (1986) kodlu standarda uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bahse konu analizlerde kullanılacak numune miktarları TS4790 (1986)'da yapılan TS 3080 (1980)'e uygun seçilmiş ve rutubet miktarının tayini için 10 g, kızdırma kaybının tayini için ise 4 g numune alınmıştır.

Çalışmalar kapsamında sahadan alınarak laboratuara getirilen örnekler önce plastik bir kap içerisinde kırılmış, ardından 2,8 mm göz açıklıklı elekten geçirildikten sonra elek altı malzeme yeniden kırma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen kırılmış malzeme 0,800 mm elekten elenerek iyice karıştırılmış ve konileme dörtleme yöntemi ile yaklaşık 50 g bir örnek alınmıştır. Bu kısım tümüyle 0,160 mm göz açıklıklı elekten geçinceye kadar tahta bir havan içerisinde öğütülmüş ve 10 g'lık bir numune alınarak analitik terazide tartılmıştır. Deney numunesi değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar 105 °C sıcaklığındaki etüvde kurutulmuş ve yeniden tartılmıştır. Sonuçlar iki farklı örneğin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

Yukarıda anlatıldığı şekilde kurutulan numunelerden 4 g ağırlığında bir kısım ayrılmış ve porselen krozeler içerisine konularak kızdırma kaybının tayini için kullanılmıştır. Her bir örnek için iki farklı numune değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar 950 °C sıcaklığındaki kül fırını içerisinde pişirilmiş ve numuneler oda sıcaklığına düştükten sonra tartılarak sonuçlar kaydedilmiştir.

Killerde bulunan su kil malzemesindeki plastiklik, bağlama, kompaksiyon ve koloidal özellikleri etkileyen ana faktördür. Bu nedenle kil içerisindeki suyun niteliklerinin iyi bilinmesi gerekir.

Killerde düşük sıcaklıklarda çıkan ve kildeki bileşenler ile yapıya bağlı olarak bulunan başlıca üç tür su vardır. Bunlar; kil malzemesini meydana getiren tanelerin yüzeylerinde, kenarlarında ve taneler arasında yer alan su, vermikülit, smektit, halloysit gibi minerallerin sulu formlarında katmanlar arasında yer alan su

ve sepiolit, paligorskit minerallerinde olduğu gibi dikdörtgen biçimindeki kanallarda yer alan su olarak sıralanabilir.

Birinci türdeki su taneler arası gözeneklerde yer alır ve oda sıcaklığının biraz üstündeki sıcaklıklarda kolayca bünyeden ayrılır. Diğer türlerdeki suyu çıkarmak için ise belli bir enerji vermek gerekir.

Kil tanelerinin yüzeylerinde tutulan su ise sıvı haldeki sudan farklı fiziksel haldedir. Bunun kalınlığı düzensiz yüzeylerde ve kenarlarda çok küçüktür. Düzgün yüzeylerde ise daha kalındır. Bu türden bir su katmanı en iyi şekilde şişen minerallerin bazal yüzeylerinde gelişir. Sıvı olmayan su, sadece gözenek yüzeylerinde ve kırıntıların yan yana geldiği yerlerde bir film tabakası şeklinde bulunur. Gözeneklerde ise su bulunur.

Kil minerallerinin yüzeylerinde gelişen bir su katmanında su molekülleri heksagonal gruplar halinde ve birbirleri ile tutturulmuş bir ağ meydana getirirler. Na-montmorillonitlerde sıvı olmayan suyun kalınlığı 3 moleküler katman (7,5 Å) kadardır. Ca-montmorillonitlerde ise 10 Å kalınlığında olan 4 katman vardır. Na-montmorillonitlerde 7,5 Å'lık kalınlıktan sonra dereceli olarak sıvı suya geçilir. Ca-montmorillonitlerde bu geçiş keskindir.

Na-montmorillonitlerde su molekülleri düzenlerini 100 Å daha fazla mesafede korurlar ve Ca-montmorillonitlerde plastisiteyi sağlamak için göreceli olarak daha az suya ihtiyaç duyulur (Kuş, 2015).

Öte yandan killerin doğal haldeki tane boyutu dağılımı, numunenin araziden alındığı derinlik ve mevsimsel koşullar da rutubet miktarına etki eden faktörlerdir.

Çizelge 4.1'de I. bölgeden alınan, Çizelge 4.2'de II. bölgeden alınan, Çizelge 4.3'te ise III. bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarları, kızdırma kayıpları, yaş elek analizleri verilmekte iri tanelerin cinsi de bu çizelgelerde tanımlanmaktadır.

Çizelge 4.1. I. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi

Numune Kodu	Rutubet Miktarı (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Yaş Elek Analizi (%)		İri Tanelerin Cinsi
			$W_{2,8}$	W_{200}	
DF-1	2,71	15,56	35,56	74,12	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-2	3,49	16,35	20,96	50,14	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Organik madde mevcuttur.
DF-3	4,31	19,80	22,84	64,90	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-4	3,06	17,12	7,54	21,52	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-5	3,73	16,26	14,84	71,48	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-6	3,64	16,69	60,88	79,06	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-7	8,03	15,86	82,18	91,74	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-8	8,90	15,19	60,30	81,52	Kalsit taneleri gözlemlenmiştir, organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-9	3,63	16,64	36,04	78,92	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-10	4,02	20,57	16,48	73,12	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-11	4,97	18,47	38,78	71,84	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-12	7,48	19,37	61,10	85,48	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-13	9,34	18,57	64,90	84,48	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-14	5,46	16,69	57,98	87,48	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-15	4,54	17,90	37,78	85,34	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-16	4,00	22,35	54,42	84,96	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.

Çizelge 4.2. II. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi

Numune Kodu	Rutubet Miktarı (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Yaş Elek Analizi (%)		İri Tanelerin Cinsi
			$W_{2,8}$	W_{200}	
DF-17	5,26	18,68	38,38	79,88	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-18	3,78	17,12	49,36	85,74	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-19	4,95	19,36	50,60	77,60	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-20	7,49	20,11	23,60	67,82	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-21	5,65	15,50	17,00	43,76	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Organik madde mevcuttur.
DF-22	5,15	17,17	-	-	Yaş elek analizi yapılamamıştır.
YF-1	5,18	19,63	-	-	Yaş elek analizi yapılamamıştır.

Çizelge 4.3. III. bölge numunelerinin rutubet miktarı, kızdırma kaybı, yaş elek analizi ve iri tanelerin cinsi

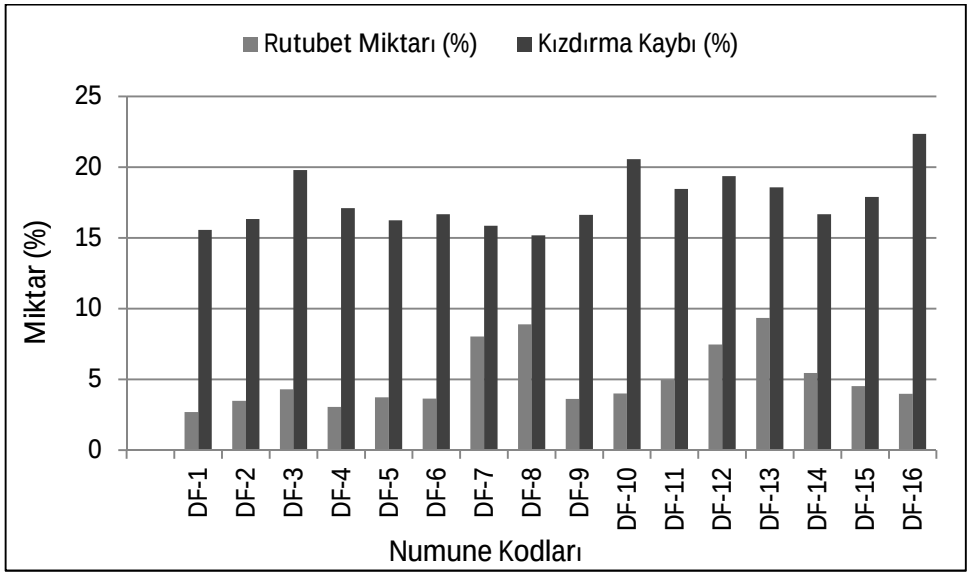
Numune Kodu	Rutubet Miktarı (%)	Kızdırma Kaybı (%)	Yaş Elek Analizi (%)		İri Tanelerin Cinsi
			$W_{2,8}$	W_{200}	
DF-23	4,33	18,16	34,40	81,48	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-24	4,41	18,55	59,94	88,18	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-25	3,89	15,18	16,54	60,44	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-26	2,97	13,40	33,88	72,44	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-27	3,52	19,54	39,16	85,44	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Organik madde mevcuttur.
DF-28	4,04	19,88	26,28	74,10	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-29	3,88	17,82	13,10	59,80	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.
DF-30	3,25	16,30	19,54	61,00	Kalsit tanelerine rastlanmamıştır. Az miktarda organik madde tespit edilmiştir.
DF-31	3,58	16,27	34,54	73,14	Kalsit tanelerine ve organik maddeye rastlanmamıştır.

Malzemenin içerdiği rutubet miktarının sanayi koşullarında bilinmesi, üretim sırasında hammaddeye eklenecek yoğurma suyunun miktarını belirleme bakımından önem kazanmaktadır. Hammaddenin sahadan, üretim tesisine nakli ve tesislerde kırılıp öğütülmesi aşamasında taneler arasındaki gözeneklerde bulunan serbest su doğal olarak bir miktar buharlaşmakta ve malzeme nemini kaybetmektedir. Ancak, yukarıda bahsedilen parametreler çerçevesinde rutubet miktarının bilinmesi işletme aşamasında çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır.

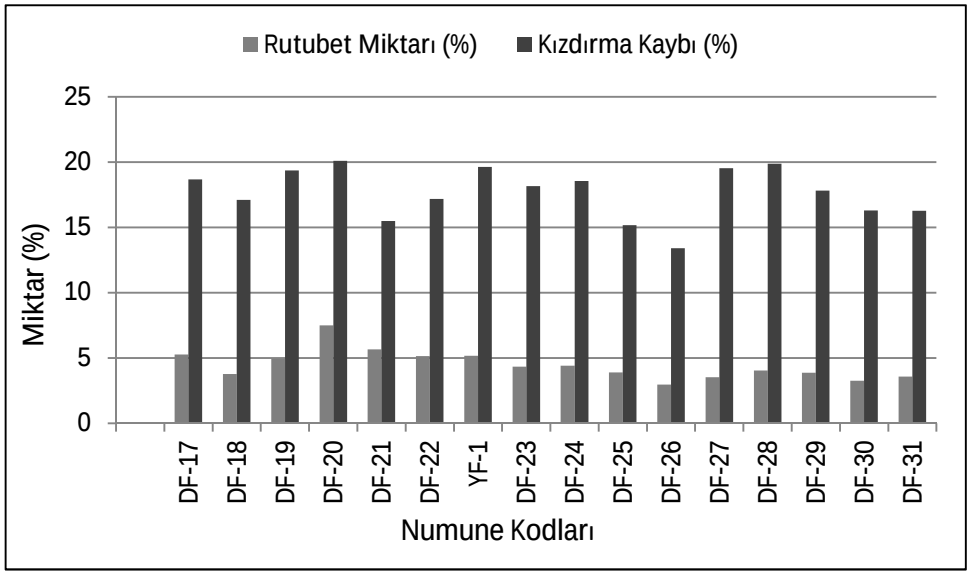
Bunlar arasında aşırı rutubetli malzemenin makine ve bant sistemlerinde oluşabilecek bir tıkanmayı önlenmesi ve yüksek rutubet miktarına bağlı olarak kurutma çatlaklarının önlenmesi olarak ifade edilebilir.

Birinci bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarı sonuçları incelendiğinde on altı adet örneğin on birinin (DF-1, DF-2, DF-3, DF-4, DF-5, DF-6, DF-9, DF-10, DF-11, DF-14, DF-15, DF-16) %5'in altında bir rutubet miktarına sahip olduğu görülmektedir. Geriye kalan beş numunenin ise (DF-7, DF-8, DF-12, .DF-13, DF-14) % 5-8 arasında rutubete sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.1'de I. bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarları ve kızdırma kaybı sonuçları grafik olarak sunulmuştur.

İkinci bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarları incelendiğinde iki numunenin (DF-18 ve DF-19) rutubet miktarının %5'in altında olduğu, geriye kalan beş numunenin ise (DF-17, DF-20, DF-21, DF-22 ve YF-1) % 5-8 arasında rutubete sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarları incelendiğinde ise tüm numunelerin %3-5 arasında bir rutubet miktarına sahip olduğu görülmektedir. II. ve III. bölgelerden alınan numunelerin rutubet miktarları ve kızdırma kayıpları Şekil 4.2'de grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 4.1. I. bölgeden alınan numunelerin rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları



Şekil 4.2. II. ve III. bölgelerden alınan numunelerin rutubet miktarı ve kızdırma kayıpları

Killerin fiziksel bir özelliği olarak değerlendirilemeyecek olsa da analiz sıralaması bakımından rutubet miktarı tayininden sonra kızdırma kaybı analizleri yapılmış ve sonuçlar bu başlık altında değerlendirilmiştir.

Kızdırma kaybı malzemenin kimyasal bileşimi ve içeriğinde bulunan organik madde miktarı ile bağlantılı bir özelliktir. Hammadde içerisinde bulunan karbonatlı bileşikler, demir oksitler ve organik madde miktarı kızdırma kaybı sonuçlarına etki etmektedir. Bu bakımdan kızdırma kaybının bilinmesi malzemenin diğer özellikleri hakkında da fikir vermektedir.

I. bölge numunelerinin kızdırma kaybı sonuçları incelendiğinde tüm numunelerin %15-20 arasında bir kızdırma kaybına sahip olduğu iki adet numunenin ise (DF-10 ve DF-16) %20'nin üzerine kızdırma kaybına sahip olduğu görülmektedir.

II. bölge numunelerinin kızdırma kaybı sonuçları bir numunenin (DF-20) %20'nin üzerinde bir kızdırma kaybına sahip olduğunu, geriye kalan altı numunenin ise %15-20 arasında bir kızdırma kaybına sahip olduğunu göstermektedir.

III. bölge numunelerinin kızdırma kaybı sonuçlarına bakıldığında bir numunenin (DF-26) % 15'in altında bir kızdırma kaybı değerine sahip olduğu, geriye kalan sekiz numunenin %15-20 arasında bir kızdırma kaybına sahip olduğu görülmektedir.

Bu bulgular kimyasal analiz sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde kızdırma kaybı sonuçlarının karbonatlı bileşikler ve organik maddelerin varlığı ile doğrudan doğruya ilişkili olduğu söylenebilir.

Numunelerin yaş elek analizleri de TS 4790 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Her üç bölgeden alınan örnekler incelendiğinde üç adet numunede (DF-2, DF-21 ve DF-27) organik maddeye rastlanmış, iki adet numunede ise (DF-4 ve DF-8) kalsit taneleri gözlenmiştir. Bununla birlikte on bir adet numunede

az miktarda organik madde görülmüştür. DF-22 ve YF-1 kodlu numune yüksek plastik yapısı ve şişme özelliği dolayısı ile yaş elek analizine tabi tutulamamıştır.

Tuğla toprakları içerisinde bulunan organik maddeler tuğlada pişme esnasında gözenekli bir yapı oluşturmakta ve bir yandan basınç dayanımının düşmesine öte yandan su emme yüzdesinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca, kalsit taneleri pişme sonrasında havadaki nemle reaksiyona girerek tuğlanın çatlamasına ve çiçeklenmeye yol açmaktadır. Bu bakımdan tuğla toprakları içerisinde kalsit ve organik madde varlığı istenmeyen bir durumdur.

Üç farklı bölgeden alınan 32 adet numunenin 30'uyla tuğla bünyeleri üretilmiştir. Yaş elek analizleri açısından değerlendirildiğinde numunelerin yarısında az da olsa organik madde bulunduğu, ayrıca iki numunede de (DF-4 ve DF-8) iri kalsit taneleri olduğu gözlenmiştir.

Bu bakımdan üretimde kullanılacak hammaddelerin çok ince tane boyutuna öğütülmesi yukarıda belirtilen zararlı etkilerin bertaraf edilmesi bakımından önemli görülmektedir.

4.1.1.2. Plastiklik Suyu, Plastisite İndisi ve Küçülme

Araziden alınarak laboratuara getirilen numunelerden rutubet kaybı, kızdırma kaybı ve yaş elek analizi gibi fiziksel analizler için örnek alınmıştır. Bununla birlikte malzemenin mineralojik, kimyasal ve termal özelliklerinin belirlenmesi için de bir miktar örnek ayrılmıştır. Geriye kalan malzeme ise çeşitli testlerde kullanılmak üzere tuğla bünyelerinin üretilmesinde kullanılmıştır.

Bu amaçla numunelerin tamamı 1 mm göz açıklıklı elekten geçecek şekilde kırılmış ve elenerek kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tuğla bünyesi üretilecek olan numuneler önce ağırlığının %15'i kadar su ile yoğrulmuştur. Daha sonra malzemeye kontrollü olarak bir sprey vasıtasıyla su ilave edilmiş ve el presi kullanılarak 20x25x115 mm boyutlarında bünyeler üretilmiştir.

TS 4790 kodlu standartta analize tabi tutulacak numunelerin elle veya vakumlu/vakumsuz bir extruderle sıkıştırılabileceği belirtilmektedir. Literatür taramasında iyi sıkıştırılamayan numunelerin kurutma ve pişirme süreçlerinde sorunlara yol açtığına dair bilgilere ulaşıldığından (Sönmez ve Yorulmaz, 1995) numunenin sıkıştırılması için el presi kullanılmıştır.

Her üç bölgeden alınan ve yukarıda belirtilen koşullarda öğütülerek belirli bir miktar su ile karıştırılıp şekillendirilen numunelerden 5 adet örnek plastiklik suyu ve kuru küçülme oranının tayini amacıyla değerlendirilmiştir. 10'ar adet örnek de 800, 900 ve 1000 °C'deki toplam doğrusal küçülmenin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Buna göre Çizelge 4.4'te I. bölgeden, Çizelge 4.5'te II. bölgeden, Çizelge 4.6'da ise III. bölgeden alınan numunelerin plastiklik suyu, kuru küçülme ve farklı sıcaklıklardaki toplam doğrusal küçülmeleri (TDK) verilmiştir. Sonuçlar kuru küçülme için 5, toplam doğrusal küçülme için 10 adet örneğin değerinin aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

Çizelge 4.4. I. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları

Numune Kodu	Plastiklik Suyu (%)	Kuru Küçülme (%)	800°C TDK (%)	900° TDK (%)	1000°C TDK (%)
DF-1	19,39	3,86	5,99	5,59	6,30
DF-2	15,36	3,44	3,31	3,19	2,50
DF-3	21,45	4,54	4,93	6,17	5,54
DF-4	21,43	5,07	4,95	5,28	5,00
DF-5	17,99	3,47	3,46	4,08	3,87
DF-6	19,37	3,38	4,56	3,09	3,33
DF-7	21,05	3,79	4,02	4,70	5,00
DF-8	21,48	5,51	5,64	7,01	7,24
DF-9	17,47	2,78	5,35	3,69	2,97
DF-10	20,09	4,77	5,08	5,48	5,62
DF-11	22,84	5,51	5,20	6,30	5,41
DF-12	23,65	4,51	5,00	5,09	5,11
DF-13	23,21	4,37	4,40	5,40	5,70
DF-14	24,07	5,79	6,40	6,09	6,01
DF-15	24,64	5,17	5,19	6,18	6,32
DF-16	23,60	6,27	7,09	6,70	7,11

Her üç bölgeye ait plastiklik suyu sonuçları incelendiğinde; I. bölgeden alınan örneklerin %15 ile %25, II. bölge örneklerinin %22 ile %28, III. bölge örneklerinin ise %21 ile %29 arasında bir değere sahip olduğu görülmektedir.

Kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları incelendiğinde; I. bölge örneklerinin %2,5 ile %8 arasında, II. bölge örneklerinin %5 ile %8 arasında, III. bölge örneklerinin ise %3 ile %8 arasında bir değere sahip olduğu görülmektedir. Sanayi koşullarında plastiklik suyu değerlerinin bilinmesi rutubet miktarı sonuçları sunulurken değinilen yoğurma suyu miktarı bakımından önem taşımaktadır. Plastiklik suyu değeri ile hammaddelerin doğal haldeki rutubet miktarının farkı, eklenmesi gereken yoğurma suyunun miktarını verecektir. Bu da aşırı nemli malzemenin sisteme beslenmesini önleyecektir.

Çizelge 4.5. II. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları

Numune Kodu	Plastiklik Suyu (%)	Kuru Küçülme (%)	800°C TDK (%)	900° TDK (%)	1000°C TDK (%)
DF-17	25,19	6,36	6,50	6,98	7,12
DF-18	27,36	7,45	7,02	7,55	7,79
DF-19	27,57	6,58	7,64	7,91	7,78
DF-20	22,83	6,09	7,18	6,90	6,89
DF-21	23,27	5,15	5,64	5,86	6,05

Çizelge 4.6. III. bölge numunelerinin plastiklik suyu, kuru küçülme ve toplam doğrusal küçülme sonuçları

Numune Kodu	Plastiklik Suyu (%)	Kuru Küçülme (%)	800°C TDK (%)	900° TDK (%)	1000°C TDK (%)
DF-23	23,94	4,54	3,97	4,32	4,24
DF-24	21,68	3,78	6,61	4,07	3,49
DF-25	26,66	6,79	7,03	7,41	6,58
DF-26	26,88	6,67	4,42	6,99	7,53
DF-27	21,58	4,31	3,52	5,11	5,14
DF-28	23,21	5,41	6,65	7,59	7,00
DF-29	26,90	7,37	6,35	6,79	6,62
DF-30	28,32	8,10	6,50	5,90	6,53
DF-31	24,51	5,39	5,96	6,47	6,77

Küçülme sonuçları açısından değerlendirildiğinde piyasaya sunulacak nihai ürünlerin kalite belgelerinde tuğla boyutlarının ve boyut toleranslarının belirtilmesi gerekmektedir.

Hem Türk Standartları hem de Avrupa Standartları bunu bir zorunluluk olarak sunmaktadır. Bu bakımdan nihai ürünün boyutlarının beyan edilen değerlere uygunluğunun sağlanabilmesi için küçülme oranlarının bilinmesi ve çiğ tuğlalar kesilirken kesme işleminin bu özellikler dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede II. bölge numunelerinin diğer iki bölgeye oranla daha kararlı sonuçlar verdiği söylenebilir.

Üç farklı bölgeden alınan otuz iki numune içerisinden rastgele örnekleme metodu ile her bölgeye ikişer adet numune düşecek şekilde örnek alınmış ve bu örneklerin kıvam limitleri tespit edilmiştir. Çizelge 4.7'de bu örneklerin likit limit, plastik limit ve plastisite indisi sonuçları verilmekte ayrıca elde edilen bulgulara dayalı olarak oluşturulan plastisite kartı da Şekil 4.3'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.7. Bölgeleri temsil eden örneklerin kıvam limitleri

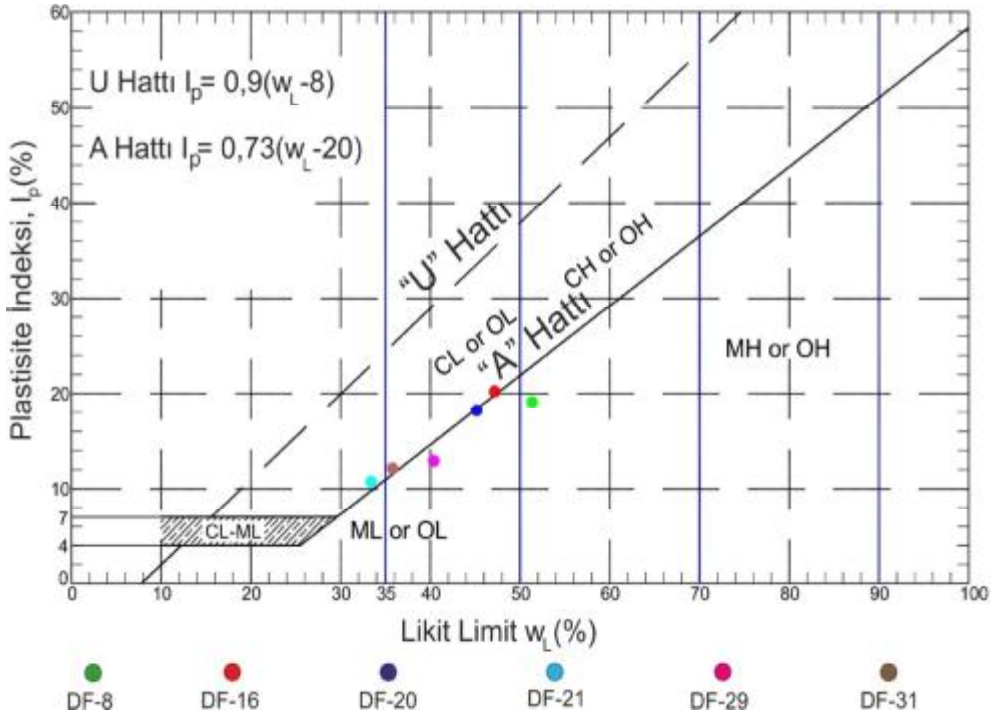
Numune Kodu	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)
DF-8	51,33	32,21	19,12
DF-16	47,15	26,89	20,26
DF-20	45,14	26,90	18,24
DF-21	33,38	22,59	10,79
DF-29	40,37	27,40	12,96
DF-31	35,78	23,61	12,17

Kurutma ve pişmeye bağlı toplam doğrusal küçülme değerlerinin sıcaklıkla doğrusal veya ters bir ilişkisinin olduğuna dair net bulgulara ulaşılamamıştır. Bazı örneklerde sıcaklık arttıkça küçülme oranının da arttığı tespit edilmiştir. Ancak, bunu tüm örnekler için söylemek mümkün değildir. Örneklerin kuruma ve pişme küçülmelerinin %2,5-8 arasında geniş bir aralıkta seyrettiği görülmektedir.

Türbidit fasiyesinin bir özelliği olarak kum, silt ve kil tane boyunda minerallerin değişik oranlarda bulunduğu seviyelerin kimyasal ve mineralojik özellikleri tane boyu dağılımına göre değişmektedir.

Bu aralığın genişliği farklı seviyeler arasında değişik tane boyu dağılımlarından kaynaklanmaktadır (Aras ve ark., 2005).

Ayrıca bu bulguların tuğla bünyeleri üzerinde oluşan mikro çatlakların varlığıyla da ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Kıvam limitlerini gösteren plastisite kartı

Bununla birlikte her üç bölgeye ait örnekler için plastiklik suyu ve küçülme oranları arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilebilir. Bunun da önceki bölümlerde açıklandığı şekilde killerin levhalı yapısı ve bu levhalar arasında bulunan su miktarı ile ilgili olduğu değerlendirilmektedir.

4.1.2. Isıl Analizler

Üç farklı bölge içerisinden alınan toplam 32 adet numuneden rastgele örnekleme yöntemi ile 18 adet numune alınmış ve sıcaklık artışı ile kaybettiği ağırlık miktarını belirlemek amacıyla TG-DTA (Termo-Gravimetric/Differantial Thermal Analyser) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Numunelerin bölgelere göre dağılımı; I. bölge için 9, II. bölge için3 ve III. bölge için 6 adet şeklindedir.

Termal analizlerden elde edilen grafikler numunelere göre bazı farklılıklar içerse de ana karakteristikleri bakımından tüm numuneler birbirine benzer eğilimler göstermektedir.

Grafiklerde 150-200 °C arasında gözlenen endotermik pikler gözenek suyunun kaybedilmesi olarak açıklanabilecek ve smektitik yapılı killerin varlığını doğrulayabilecek niteliktedir.

Aynı şekilde; 550-600 °C arasında bu kez kristal suyunun kaybedilmesinin yol açtığı ikinci bir endotermik pik gözlenmektedir.

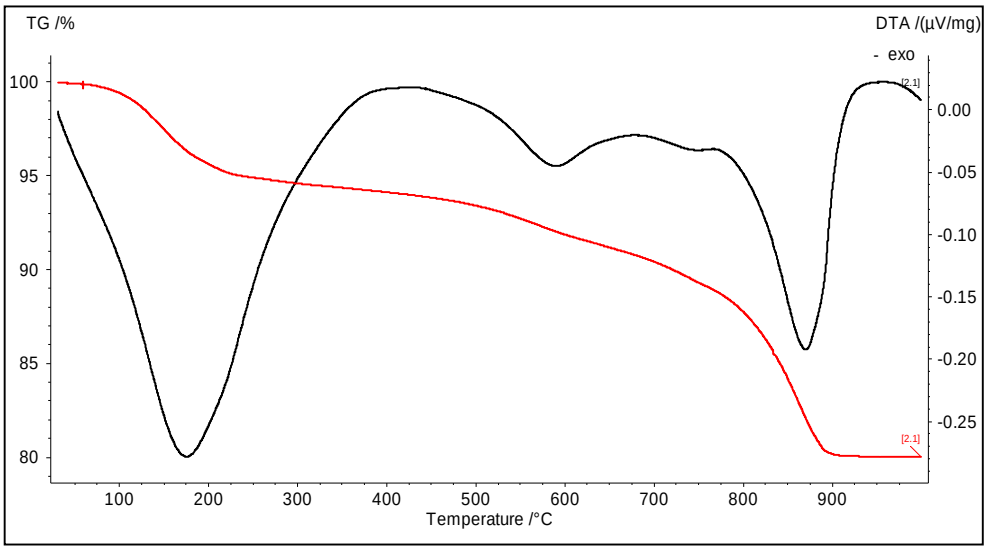
850-900 °C arasında gözlenmekte olan endotermik pik kalsit ve dolomitin varlığına işaret ederken 980 °C'de gözlenmesi beklenen ekzotermik pikin yokluğu aynı zamanda kaolinitin de yokluğunu kanıtlamaktadır.

Elde edilen sonuçlar Aras ve Pekdemir'in (2007) daha önce Kuzey Kıbrıs'ta gerçekleştirdiği çalışmalar ile uyumludur.

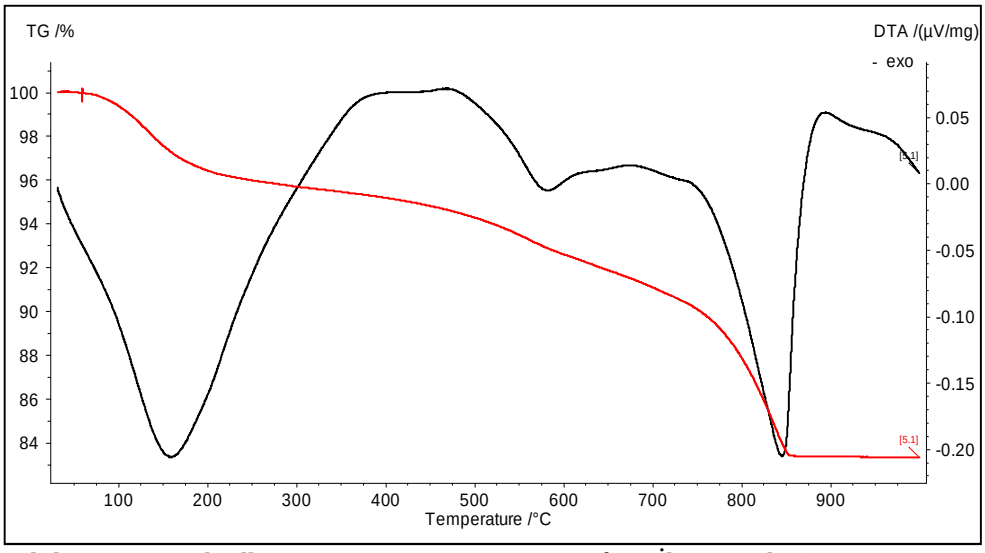
Öte yandan termal analizler sonucunda elde edilen kütle kaybı sonuçları ile başlık 4.1.1.1'de sunulan kızdırma kaybı sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların birbiri ile tutarlı olduğu görülmektedir.

Aşağıda her bölge için birer adet numunenin TG-DTA grafikleri verilmiş, diğer 12 numuneye ait grafikler ise Ek-1'de toplu olarak sunulmuştur.

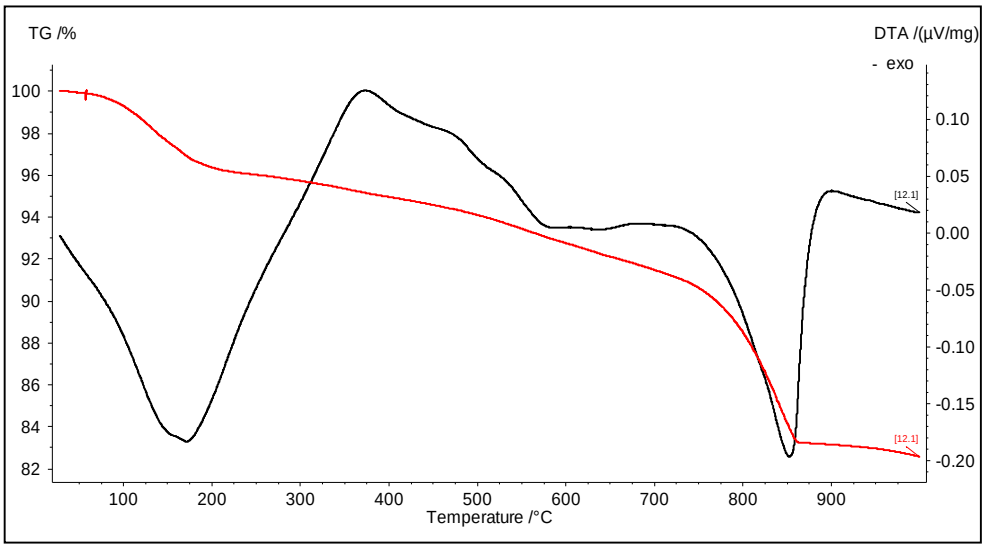
Şekil 4.4'te DF-7, Şekil 4.5'te DF-17 ve Şekil 4.6'da DF-25 kodlu numuneye ait TG-DTA grafikleri verilmektedir.



Şekil 4.4. DF-7 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (Birinci Bölge)



Şekil 4.5. DF-17 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (İkinci Bölge)



Şekil 4.6. DF-25 kodlu numuneye ait TG-DTA grafiği (Üçüncü Bölge)

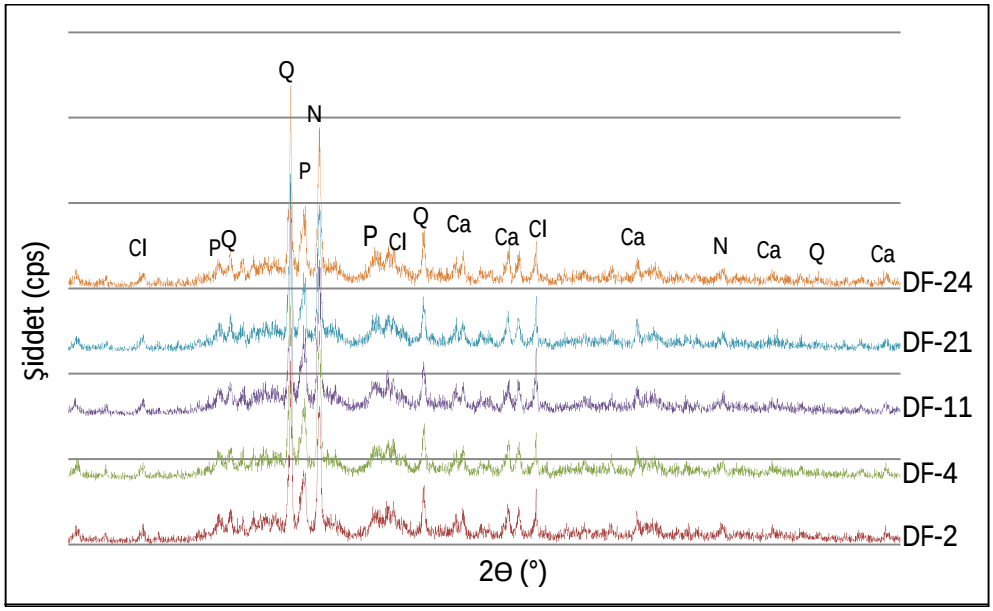
4.1.3. Mineralojik Analizler

Sahadan alınan numunelerin mineral fazları Bruker D8 Advance cihazı ile CuK_{α} radyasyonu (λ: 1,5406 Å dalga boyunda) kullanılarak incelenmiştir. Tarama 5° ile 85° aralığında, 30 kV ve 15 mA güçle, 0,02° artış hızıyla gerçekleştirilmiştir.

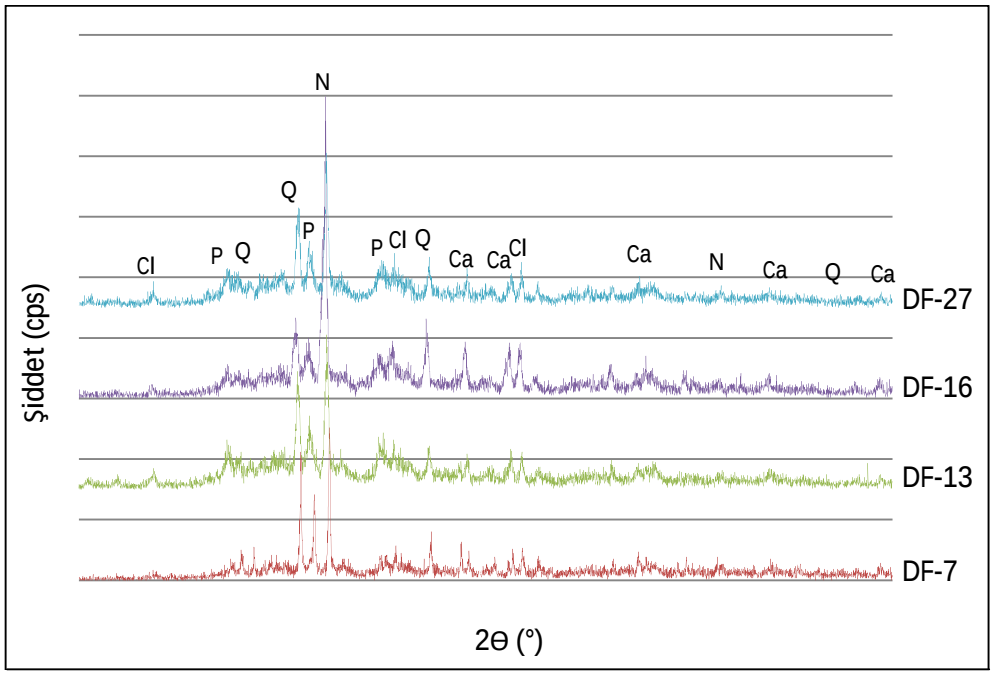
Mineralojik analizler sonucunda numuneler içerisinde farklı oranlarda kuvars ve kalsit mineralleri tespit edilmiştir. Kuvars ve kalsit mineralleri dışında sulu silikatlar olan Nontronit [$Fe,AlSi_2O_5(OH)H_2O$], Klinoklor [$(Mg.Fe^{+2})5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$] ve Paligorskit [$Mg_5Si_8O_{20}(OH)_28H_2O$] mineralleri tespit edilmiştir.

XRD taramalarından elde edilen sonuçlardan faydalanarak oluşturulan grafiklerde birbirine benzer özellikler gösteren numuneler gruplandırılmış ve bu gruplar basınç dayanımı yönünden karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.7'de 5 adet numunenin XRD grafikleri sunulmuştur. Buna göre; I. bölgeden alınan DF-2, DF-4 ve DF-11 kodlu numuneler, II. bölgeden alınan DF-21 kodlu numune ve III. bölgeden alınan DF-24 kodlu numune pişirme sıcaklığı arttıkça basınç dayanımı düşen bir karakteristik göstermektedir.



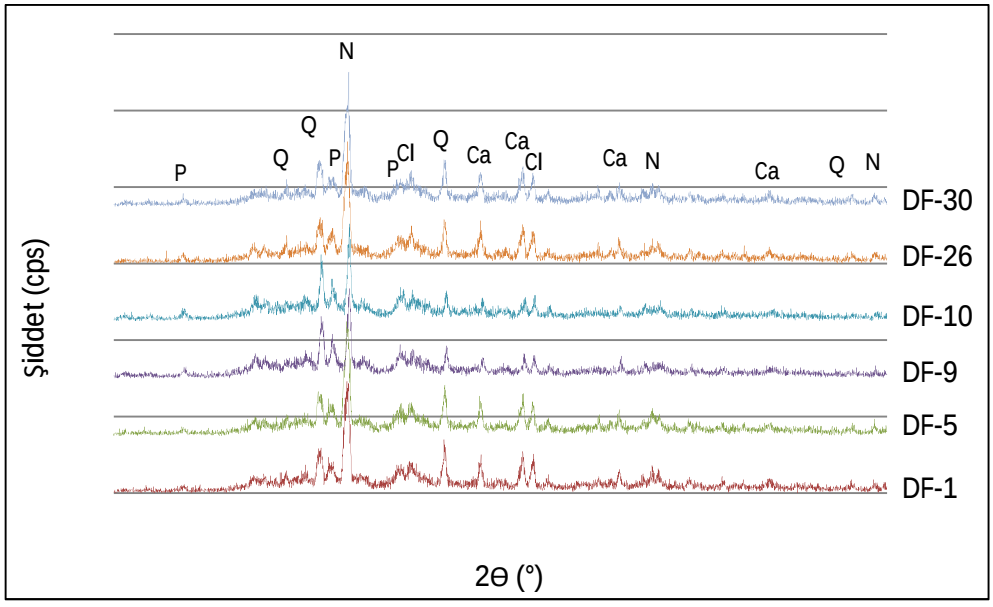
Şekil 4.7. DF-2, DF-4, DF-11, DF-21 ve DF-24 kodlu numunelerin XRD grafikleri (Cl: Klinoklor, Q: Kuvars, Ca: Kalsit, P: Paligorskit, N: Nontronit)



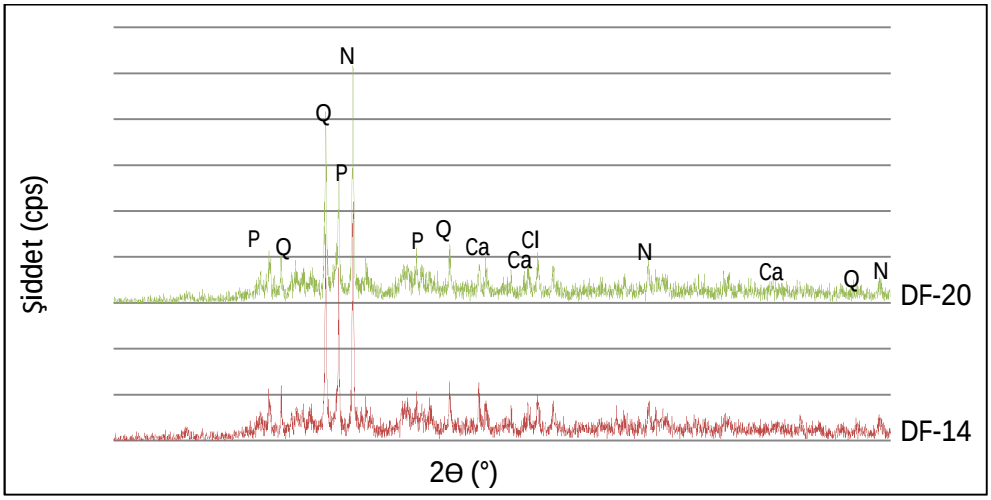
Şekil 4.8. DF-7, DF-13, DF-16 ve DF-27 kodlu numunelerin XRD grafikleri (Cl: Klinoklor, Q: Kuvars, Ca: Kalsit, P: Paligorskit, N: Nontronit)

Şekil 4.8'de I. bölgeden DF-7, DF-13 ve DF-16 kodlu numunelerle III. bölgeden DF-27 kodlu numunenin XRD grafikleri verilmiştir. Bu numunelerde pişirme sıcaklığının artması ile basınç dayanımının da arttığı görülmektedir. Bu gruptaki numunelerde Nontronit fazının daha şiddetli bir pikle temsil edildiği görülmektedir. Bu veriden hareketle alüminyum ve demir silikatların bu gruptaki numuneler içerisinde daha yoğun bir yere sahip olduğu ve sıcaklık etkisi ile basınç dayanımının artmasının da buna bağlı olduğu düşünülmektedir.

I. bölgeden DF-1, DF-5, DF-9 ve DF-10 kodlu numunelerle III. bölgeden DF-23 ve DF-30 kodlu numuneler 900 °C'de en yüksek basınç dayanımı değerine ulaşmakta iken 1000 °C'lik pişirme koşullarında 900 °C'ye göre dayanımlarını kaybetmektedir. DF-14 ve DF-20 kodlu ürünler de benzer bir eğilim göstermekle birlikte 30 numune içerisinde en yüksek basınç dayanımını veren numuneler bunlardır. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da bu örneklerin XRD grafikleri verilmektedir.

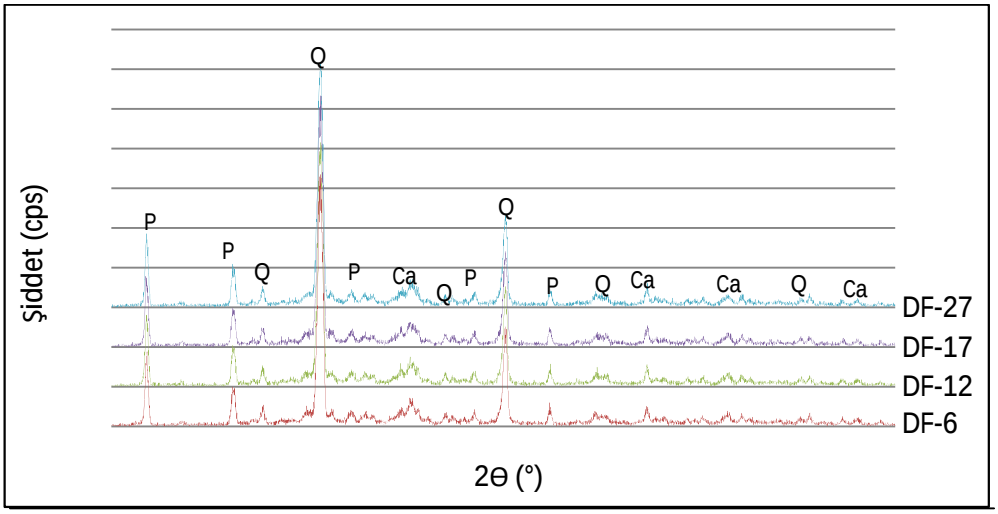


Şekil 4.9. DF-1, DF-5, DF-9, DF-10, DF-26, DF-30 kodlu örneklerin XRD grafikleri (Cl: Klinoklor, Q: Kuvars, Ca: Kalsit, P: Paligorskit, N: Nontronit)



Şekil 4.10. DF-14 ve DF-20 kodlu numunelerin XRD grafikleri (Cl: Klinoklor, Q: Kuvars, Ca: Kalsit, P: Paligorskit, N: Nontronit)

DF-6, DF-12, DF-17 ve DF-26 kodlu numuneler XRD grafikleri bakımından diğer numunelerden farklı pikler veren numuneler olup 800 °C'den 900 °C'ye çıkarken basınç dayanımları artmaktadır. Bu numunelere ait XRD grafikleri Şekil 4.11'de verilmektedir.



Şekil 4.11. DF-6, DF-12, DF-17 ve DF-27 kodlu numunelerin XRD grafikleri (Q: Kuvars, Ca: Kalsit, P: Paligorskit)

4.1.4. Kimyasal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.8'de her üç bölgeden alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları sunulmuştur. Bahse konu çizelgede hammadde içeriğinin %95'inden fazlasını oluşturan ve tuğlanın mekanik özelliklerine etki eden MgO, Al_2O_3, SiO_2, CaO ve Fe_2O_3 oranları sunulmuş, yüzdece daha küçük oranlara sahip olan bileşikler tek bir sütunda toplanmıştır. XRF analizlerine ilişkin ayrıntılı sonuçlar Ek-2'de verilmiştir.

Tuğla üretimindeki son safha olan pişirme işlemi sırasında, kil mineralleri öncelikle tabakalar arasında tuttuğu suyun önemli bir kısmını kaybetmektedir. 300 °C dolayında karışım içerisinde bulunan organik maddeler tamamen yanar, 450-650 °C arasında ise kil minerallerine sıkıca bağlanmış olan su uzaklaşır. Sıcaklığın artması sonucu killerin kristal yapıları bozularak $2Al_2O_34SiO_2$ halinde sinterleşmesi ve demirli bileşiklerin hematite (Fe_2O_3) dönüşmesi sonucunda, tuğla adı verilen yeni bir malzeme oluşur (Tanaçan, 1993; Murray, 1996; Yıldırım, 1996).

Tuğlanın piyasa koşulları içerisindeki değerini belirleyen en önemli özelliklerinden biri de renktir. Mekanik özellikleri bakımından daha sağlam olsa bile renk doygunluğu düşük olan tuğlaların piyasada alıcı bulmadığı bilinmektedir. Tuğlada pişme sıcaklığı, fırın atmosferi gibi etkenler yanında rengi belirleyen en önemli faktörlerden birisi de hammaddenin kimyasal bileşimidir (Karaman, 2006).

Kalker ve diğer kalsiyum bileşikleri her türlü zeminde çok bulunan malzemelerdendir. Öğütülmüş ve kilin bünyesine iyice karışmış kalsiyum oksit (CaO), genellikle çok zararlı değildir. Ancak fazla miktarlarda olması pişmiş malzemeye sarıya çalan bir renk verir ve pişme sırasında tuğlalarda şekil bozuklukları oluşturur (Müftüoğlu, 1983).

Tuğla yapımında kullanılacak killerde kalker, dolomit, jips ve tuz bulunmamalıdır. Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bileşeni fırınlarda pişmeyi güçleştireceğinden, %25'ten fazla olmamalıdır. Isı 900 °C'nin üzerine çıktığında, tuğlada aranan renk kaybolur.

Çizelge 4.8. Numunelerin kimyasal analiz sonuçları (%)

Numune Kodu	MgO	Al_2O_3	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Diğer*
Birinci Bölge						
DF-1	4,10	13,10	43,80	23,00	12,61	3,39
DF-2	4,80	12,80	43,40	23,70	12,06	3,24
DF-3	3,80	12,20	40,10	24,60	15,12	4,18
DF-4	4,10	12,30	41,00	26,90	12,40	3,30
DF-5	5,70	12,90	42,10	24,00	11,76	3,53
DF-6	4,90	13,40	43,90	21,50	12,54	3,76
DF-7	3,70	11,71	39,60	25,20	15,64	4,15
DF-8	4,70	13,50	44,60	20,30	12,73	4,17
DF-9	4,80	13,10	43,80	22,10	12,48	3,72
DF-10	4,00	12,10	40,70	24,30	14,65	4,25
DF-11	4,90	13,90	45,80	20,90	11,08	3,42
DF-12	4,30	13,00	43,50	22,00	13,64	3,56
DF-13	4,90	14,40	45,80	16,50	14,09	4,31
DF-14	5,20	14,60	46,90	16,40	13,22	3,68
DF-15	5,0	14,30	46,40	16,50	14,02	3,78
DF-16	4,1	12,80	39,40	27,10	12,90	3,70
İkinci Bölge						
DF-17	4,50	13,10	44,90	18,60	14,85	4,05
DF-18	4,80	14,00	47,70	17,20	12,56	3,74
DF-19	4,10	12,80	43,30	21,90	13,91	3,99
DF-20	3,30	10,68	36,10	27,00	18,20	4,72
DF-21	3,80	12,20	42,40	25,00	13,12	3,48
DF-22	3,90	12,10	40,60	26,70	12,70	4,00
YF-1	3,80	11,53	39,10	29,00	12,80	3,77
Üçüncü Bölge						
DF-23	4,30	13,40	44,30	21,60	12,63	3,77
DF-24	4,00	13,00	42,40	23,30	13,37	3,93
DF-25	4,40	12,80	44,70	20,70	13,47	3,93
DF-26	4,30	12,90	45,80	19,70	13,62	3,68
DF-27	3,80	11,82	38,40	30,09	12,20	3,69
DF-28	4,30	13,10	42,50	22,80	13,45	3,85
DF-29	4,90	13,70	45,80	18,80	13,12	3,68
DF-30	4,40	13,10	46,30	19,30	13,15	3,75
DF-31	4,80	13,70	46,00	18,60	13,22	3,68

*: K_2O, TiO_2, V_2O_5, Cr_2O_3, MnO, NiO, CuO, ZnO, SrO, MoO_3, BaO, Eu_2O_3, SO_2

Oksitleyici fırın atmosferinde pişirildiğinde pişme rengi tekrar kiremidi bir renk alır. Fazla kireçli topraklarla yapılan tuğlalarda porozite ve su emme özelliği artar, dona dayanım ise azalır. Pişme sonrası emeceği su ile tuğlada patlama,

çatlama ve dökülme yapacağından, tuğla topraklarında iri taneli kalker ve dolomit bulunması istenmez. Fazla kalker içeren ham maddenin pişme rengi 900 °C'nin üzerinde sarıya döner (Demir, 1996).

Fazla ve serbest olarak bulunan $CaCO_3$, 700-800 °C'de CaO, nemli ortamda ise $Ca(OH)_2$ şekline dönüşerek hacmini genişletmekte ve çatlamalara neden olarak 900 °C'nin üzerinde kiremidi rengi açık kiremide çevirmektedir (Dökmen, 1989). $CaCO_3$ renkli pişen toprak ürünler üzerinde yalnız fiziksel özellikler yönünden değil, pişmiş ürünün rengi üzerine de etkilidir. Yaklaşık %7 CaO içerikli bünyelerin pişirilmesi sonucu soluk sarı, sarı ve kahverengi tonları elde edilmektedir. Ayrıca, yüksek karbonat içeriği, kırmızı pişen bünyelerin renkleri üzerinde ağartma veya parlatma etkisine sahiptir (Özbek ve arkadaşları, 2001).

Özbek ve arkadaşları (2001) tarafından yapılan araştırmaya göre CaO miktarının artması kırmızı rengin açılmasına neden olmuş, 1050 °C'de pişirilen örneklerin 1100 °C'de pişirilenlere oranla daha açık kırmızı renge sahip oldukları belirlenmiştir.

Toprakta kireç miktarının fazla olması toprağın erime ve sinterleşme derecelerini birbirine yaklaştırdığından, fırınlarda pişirme tekniğini güçleştirir. Ayrıca sağlamlaşmayı ve sinterleşmeyi artırmak için pişme ısısı artırıldığında, kalsiyum karbonatın etkisi ile kiremidi renk kaybolur (Müftüoğlu, 1983).

CaO bakımından incelendiğinde I. bölgeden alınan numunelerin 3 tanesi (DF-13, DF-14 ve DF-15) %15-20 arasında, 3 tanesi ise (DF-4, DF-7 ve DF-16) %25'den fazla CaO içermektedir. Geriye kalan numuneler %20-25 arasında CaO içeriğine sahiptir.

II. bölgeden alınan numunelere bakıldığında numunelerin 2 tanesi (DF-17 ve DF-18) %15-20 arasında, 2 tanesi (DF-19 ve DF-21) %20-25 arasında ve geriye kalan üç tanesi de (DF-20, DF-22 ve YF-1) %25'den fazla CaO içermektedir.

III. bölgeden alınan örneklerin 4 tanesi (DF-26, DF-29, DF-30 ve DF-31) %15-20 arasında, 4 tanesi (DF-23, DF-24, DF-25 ve DF-28) %20-25 arasında ve 1 tanesi de %25'ten fazla CaO içermektedir. Bu numune (DF-27) % 30,09 ile tüm numuneler içerisinde en yüksek CaO içeriğine sahiptir.

Sahalardan alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde numunelerin %16 ile %30 arasında değişen oranlarda CaO içeriğine sahip olduğu görülmektedir.

Kuzey Kıbrıs sınırları içerisinde bulunan kil yataklarının tuğla üretiminde yaratmakta olduğu en önemli problemlerden biri bu bileşiklerin zararlı etkilerinin yol açtığı sonuçlardır. Üretilen ürünlerde görülen çatlama ve çiçeklenme gibi problemler karbonat içeriğinin yüksekliğinden kaynaklanmaktadır.

Tuğla topraklarının Fe_2O_3 oranlarının fazla, Al_2O_3 oranlarının düşük olması, $CaCO_3$'ın varlığı ile birlikte pişme rengini etkilemektedir. Tuğla topraklarının içerdiği demir bileşikleri tuğlanın pişme sonucu alacağı renge etki etmekte, sertlik ve su emme yüzdesinin artmasına neden olmaktadır.

Demir oksitlerin yüksek, alüminyum oksitlerin düşük olduğu ve bileşiminde $CaCO_3$ bulunan killer çok kırmızı hatta siyaha yakın pişmekte ve düşük sıcaklıklarda eriyebilmektedir (Müdüroğlu, 1999).

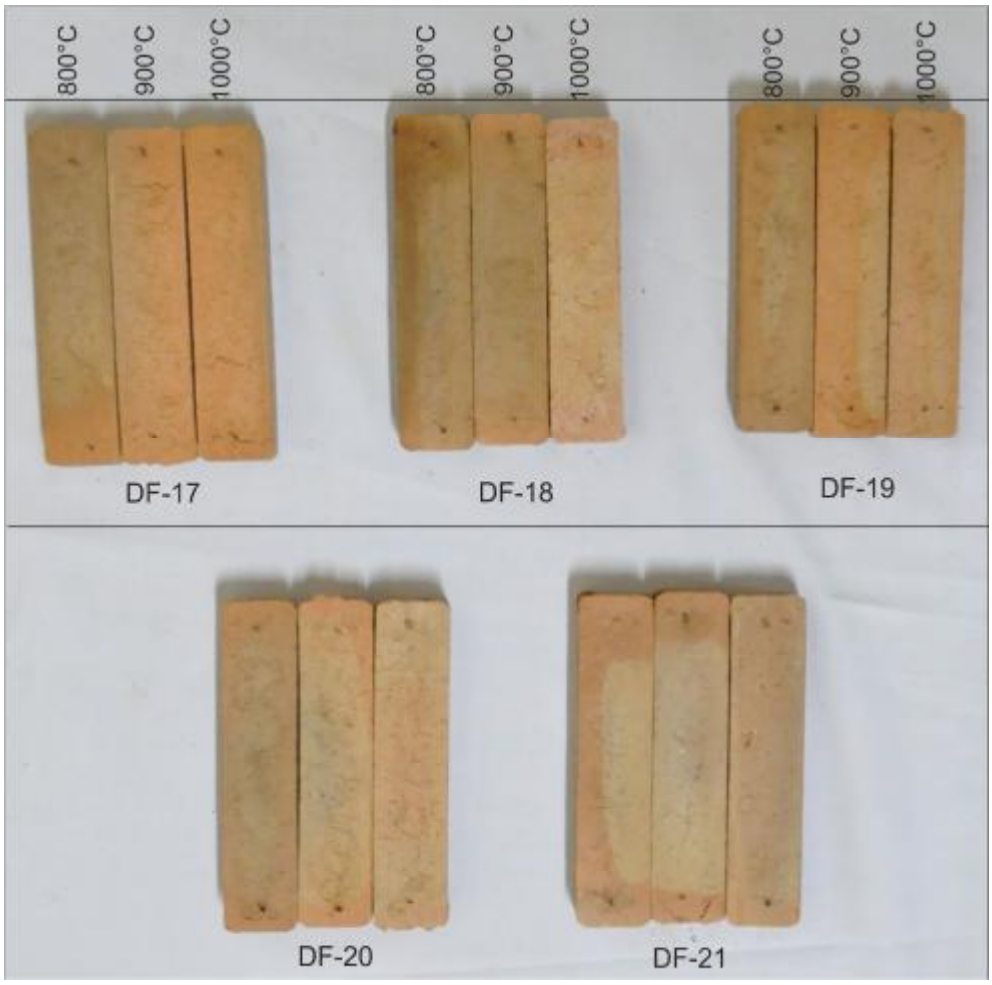
Fazla demir, demir sülfat ve karbonatlar pişme sırasında çatlama, kopma ve tuğla yüzeyinde çiçeklenme (lekeler) yapar. Bu nedenle demir oksit ve hidratların %8-10 arasında olması tercih edilir (Köktürk,2002).

Sahadan alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde tüm numunelerin %12-15 arasında Fe_2O_3, %10-15 arasında ise Al_2O_3 içerdiği görülmektedir. Çizelge 4.8'de her üç bölgeden alınan 32 adet numunenin kimyasal analiz sonuçları verilmektedir.

Şekil 4.12'de I. bölgeden, Şekil 4.13'te II. bölgeden ve Şekil 4.14'te de III. bölgeden alınan hammaddelerle üretilen tuğla bünyelerinin görüntüleri yer almakta ve numunelerin kimyasal bileşimlerinin renk üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Numuneler 25 mm x 115 mm boyutlarındadır.



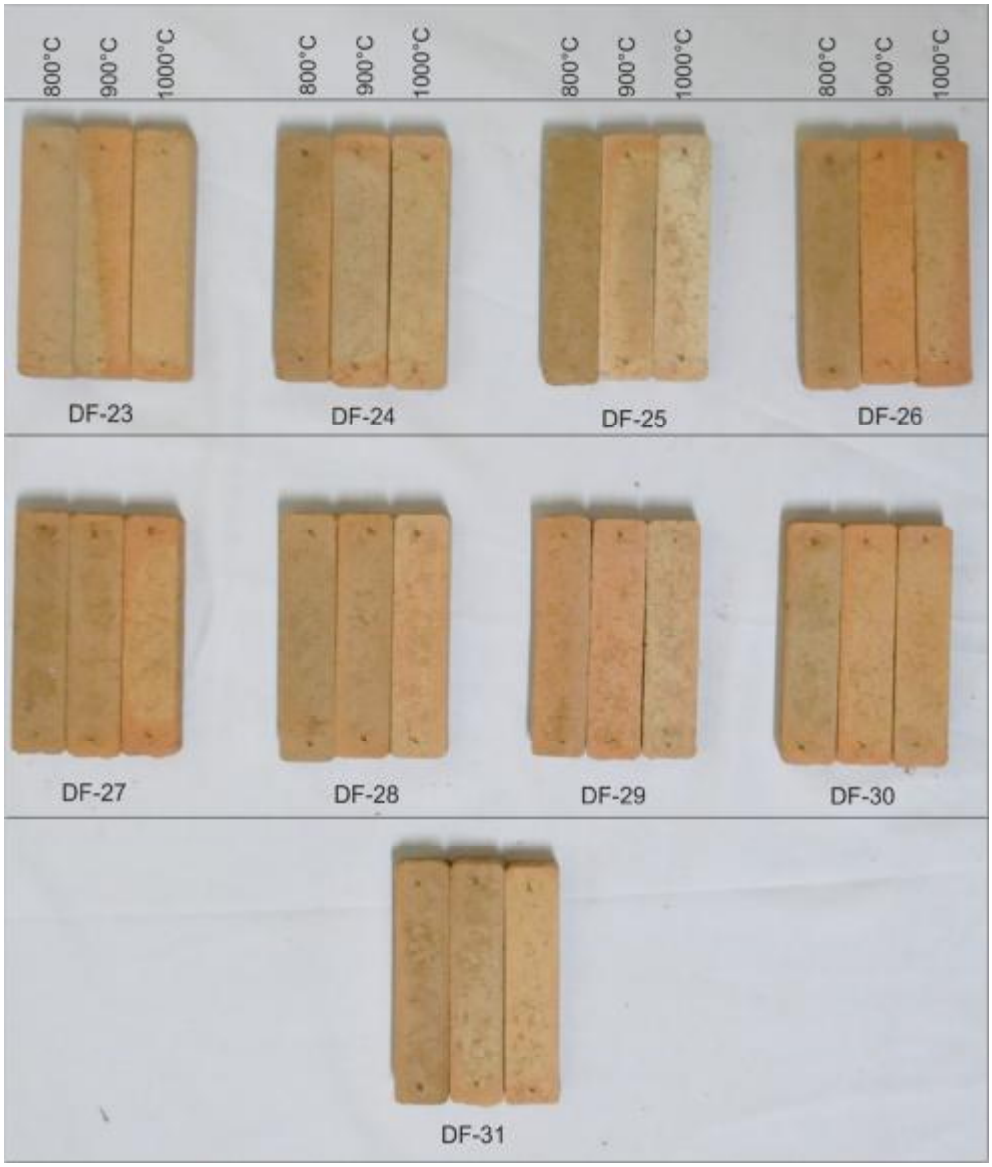
Şekil 4.12. I. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri



Şekil 4.13. II. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri

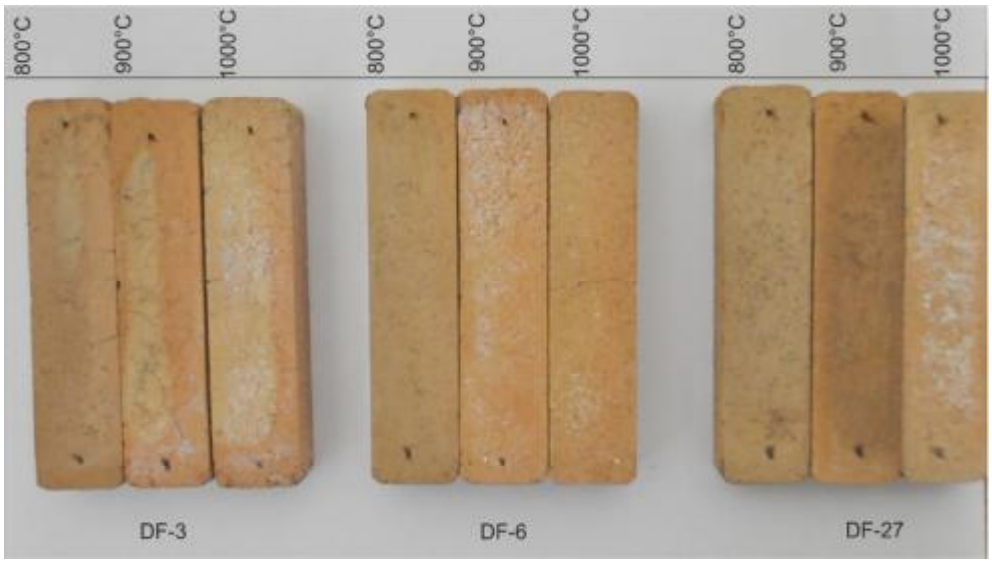
Tuğla bünyelerinin renk dağılımları incelendiğinde rengin tüm bölgelerde açık kiremidi ve açık kahve tonlarında oluştuğu görülmektedir. Hemen tüm numunelerde en yüksek renk doygunluğunun 900 °C'de oluştuğu ve pişirme sıcaklığının 1000 °C'ye çıkmasıyla rengin açıldığı görülmektedir. Ayrıca indirgeyici fırın atmosferi sebebiyle numuneler üzerinde karbonlaşma görülmekte ve bu etki tuğla bünyesi üzerinde siyah bir renk olarak ortaya çıkmaktadır.

I. bölgeden DF-8, DF-9 ve DF-16'nın ve III. bölgeden DF-25 ve DF-29'un 1000 °C'de ten rengine yakın tonlarda doygunlaştığı görülmektedir.



Şekil 4.14. III. bölge killerinden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda üretilen deneysel tuğla numuneleri

Numunelerin yüksek karbonatlı yapısı nedeniyle bünyelerde çatlama, dökülme ve çiçeklenme gibi sorunlara rastlanmaktadır. Şekil 4.15'te DF-3, DF-6 ve DF-27 örneklerinde meydana gelen çiçeklenme etkisi gösterilmektedir. Bununla birlikte numunelerin pişirme sırasında fırın içerisinde üst üste istiflenmesi sebebiyle pişme sırasında oluşan gazların tuğla bünyesi üzerinde farklı renk tonları oluşturduğu ve homojen bir renk dağılımının oluşmadığı da görülmektedir.



Şekil 4.15. Tuğla bünyelerinde görülen çiçeklenme sorunları

4.1.5. Mekanik Analizler ve Su Emme Analizi

Sahadan alınan numuneler TS 4790 (1986) standardı uyarınca 150 °C/saat (2,5 °C/dk) pişirme hızıyla 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklara kadar pişirilmiş ve hedef sıcaklıkta ısı bir saat sabit tutulmuştur. Daha sonra fırın kendi halinde soğumaya bırakılmış ve sıcaklık 200 °C'nin altına düştüğünde numuneler desikatöre alınarak soğumaya bırakılmıştır. Standarda göre 1100 °C'de de yapılması gereken pişirme işlemi bu sıcaklıkta numunelerin eriyip akışkanlaşması sebebiyle gerçekleştirilememiştir. Aynı örnekler Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümünde bulunan elektrikli fırınlarda da 1100 °C'ye

kadar pişirilmiş ancak numunelerde erime veya bozulma görülmemiştir. Tez çalışmasında kullanılan alet ve ekipmanların kalibrasyonu TSE tarafından yapılmıştır. Bu bakımdan kül fırınının sıcaklık değerlerinde yanlış okumadan kaynaklı bir problem yaşandığı düşünülmemektedir. Bununla birlikte tez çalışmasında kullanılan kül fırınındaki elektrotların malzemeye çok yakın olmasının erime problemine yol açtığı düşünülmektedir.

4.1.5.1. Kuru Kırılma ve Pişmiş Numunelerde Eğilme Dayanımı

Şekillendirme sonrası kurutulan ve ardından 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen numunelerden her sıcaklık için 10 adet örnek alınmış ve eğilme dayanımı testleri yapılmıştır. Çizelge 4.9'da I. bölgeden alınan numunelerin, Çizelge 4.10'da II. bölgeden alınan numunelerin ve Çizelge 4.11'de III. bölgeden alınan numunelerin kuru kırılma ve eğilme mukavemetleri verilmektedir.

Çizelge 4.9. I. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları

Numune Kodu	Kuru Kırılma Dayanımı (kg/cm^2)	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)*	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)**	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-1	0,00372	0,01098	0,01404	0,00896
DF-2	0,00452	0,01259	0,01072	0,01411
DF-3	0,01540	0,01359	0,02256	0,02688
DF-4	0,01543	0,01974	0,02714	0,02954
DF-5	0,00979	0,01037	0,02136	0,02255
DF-6	0,00822	0,01178	0,01435	0,01382
DF-7	0,00918	0,01643	0,01397	0,01381
DF-8	0,01010	0,01241	0,02425	0,02964
DF-9	0,00780	0,01222	0,01315	0,01590
DF-10	0,00660	0,01419	0,01488	0,01505
DF-11	0,01269	0,01629	0,01886	0,01853
DF-12	0,00764	0,00886	0,01463	0,01944
DF-13	0,00711	0,00835	0,01106	0,01482
DF-14	0,00773	0,01201	0,01473	0,01884
DF-15	0,00571	0,00632	0,01123	0,01165
DF-16	0,00504	0,00784	0,00705	0,01285

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Teste tabi tutulan numuneler içerisinde % 1'den fazla çarpılma gösterenler ve açık çatlak bulunanlar kullanılmamıştır. Test cihazında mesnetler arası mesafe 50 mm olarak ayarlanmıştır. Kırma işleminin tamamlanması sonrasında numunenin kırıldığı yerin genişlik ve yüksekliği ölçülerek kaydedilmiş ve Eşitlik 3.9'da verilen formül yardımıyla eğilme dayanımı hesaplanmıştır. Sonuçlar, 10 adet numunenin eğilme dayanımının aritmetik ortalaması alınarak sunulmuştur.

Çizelge 4.10. II. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları

Numune Kodu	Kuru Kırılma Dayanımı (kg/cm^2)	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)*	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)**	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-17	0,00957	0,01091	0,01626	0,02883
DF-18	0,00995	0,00733	0,01335	0,03195
DF-19	0,01230	0,02042	0,02117	0,03055
DF-20	0,01387	0,02615	0,02096	0,03512
DF-21	0,01606	0,01872	0,01972	0,02226

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

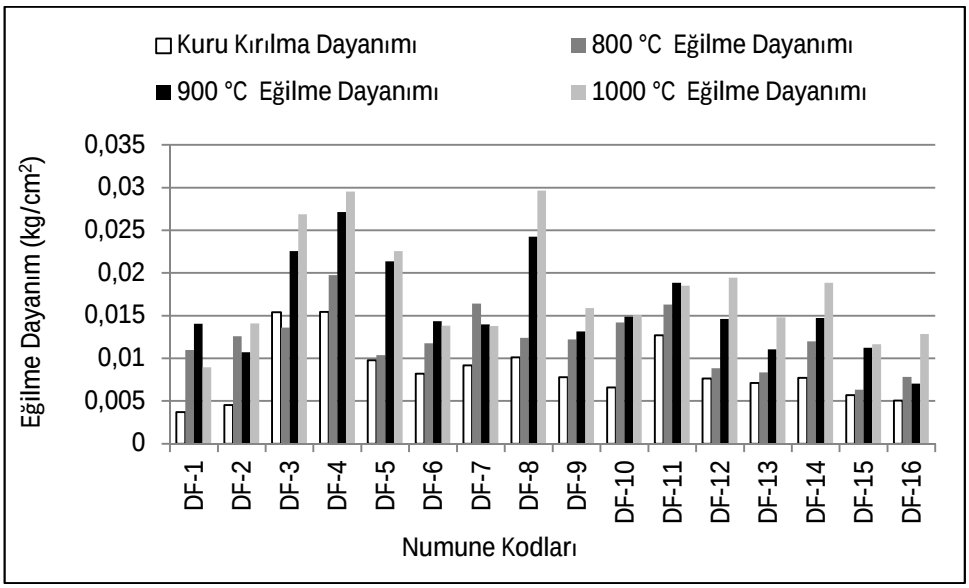
Çizelge 4.11. III. bölge numunelerinin kuru kırılma ve eğilme dayanımları

Numune Kodu	Kuru Kırılma Dayanımı (kg/cm^2)	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)*	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)**	Eğilme Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-23	0,00714	0,01395	0,01629	0,02735
DF-24	0,00469	0,01534	0,00702	0,00764
DF-25	0,01490	0,01605	0,02371	0,02861
DF-26	0,01311	0,00663	0,02452	0,02785
DF-27	0,00967	0,00468	0,01047	0,01415
DF-28	0,01121	0,02118	0,02079	0,02205
DF-29	0,01398	0,01189	0,01486	0,02008
DF-30	0,03138	0,01420	0,01941	0,03043
DF-31	0,01036	0,00884	0,01004	0,01713

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

I. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde biri hariç (DF-3) 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımları, kuru kırılma mukavemetine göre daha yüksek sonuçlar vermektedir. Aynı şekilde 900 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımları da 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımına göre daha yüksek bir sonuç vermektedir.

Burada da DF-2, DF-7 ve DF-16 numunelerinin genel eğilimin dışında sonuçlar verdiği görülmektedir. Şekil 4.16'da I. bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları grafik olarak sunulmuştur.

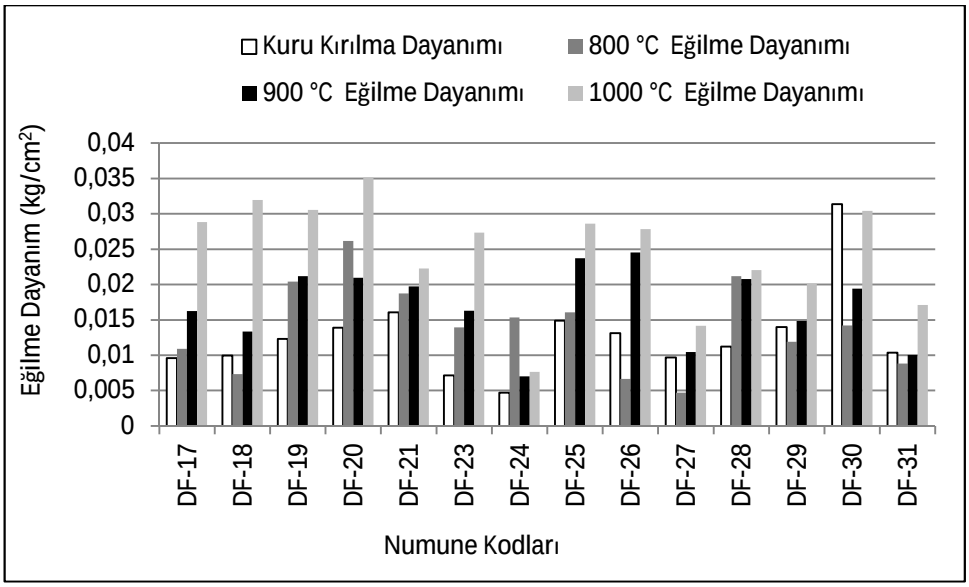


Şekil 4.16. I. bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları

II. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde yine bir numune hariç (DF-18) 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımları, kuru kırılma mukavemetine göre daha yüksek sonuçlar vermektedir. Aynı şekilde 900 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımları da 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımına göre daha yüksek sonuçlar vermektedir. Bu bölgede de DF-20 kodlu numunenin genel eğilimin dışında sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

III. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde kuru kırılma mukavemeti açısından diğer bölgelere göre daha tutarsız sonuçlar ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu bölgeden alınan 9 numunenin 5'inde kuru kırılma dayanımı 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımından daha yüksek çıkmıştır. Bu örnekler; DF-26, DF-27, DF-29,

DF-30 ve DF-31 kodlu numunelerden üretilmiştir. 900 °C'de pişirilen numunelerin de 2 tanesi hariç (DF-24 ve DF-28) 800 °C'de pişirilen numunelerin eğilme dayanımlarına göre daha yüksek bir sonuç vermektedir ki bu sonuç diğer bölgelerdeki sonuçlarla tutarlıdır. II. ve III. Bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. II. ve III. bölge numunelerinden üretilen örneklerin eğilme dayanımı sonuçları

Sonuç olarak eğilme dayanımı sonuçları açısından değerlendirilecek olursa I. ve II. bölgedeki numunelerin önemli bir çoğunluğunda pişirme sıcaklığının artması, eğilme dayanımına olumlu yönde katkı yapmaktadır. III. bölgede ise en düşük eğilme dayanımı 800 °C'de elde edilmiş, bu değer 900 °C'de diğer bölgelerde olduğu gibi yükselme eğilimi göstermiştir. Tüm bölgelerde pişirme sıcaklığının 1000 °C'ye çıkarılması büyük oranda eğilme dayanımının da artması sonucunu doğurmuştur. I. bölgeye ait DF-1, DF-6, DF-7 ve DF-11 kodlu numuneler, bu sonucun istisnaları olarak ortaya çıkmaktadır.

Elde edilen bulgular içerisinde tutarsızlık yaratan değerlerin hammaddelerin bileşiminde bulunan karbonatlı kayaçlarla ilgili olduğu düşünülmektedir. Karbonat içerikli kayaçlar yüksek sıcaklıklarda kalsiyum oksite dönüşmekte daha sonra havadaki nemle reaksiyona girerek genişlemekte ve bünye üzerinde çatlamalara sebep olmaktadır. Tuğla bünyeleri üzerinde bu mekanizmaya bağlı olarak oluşan mikro çatlakların bu sonuçlarda etkisi olduğu düşünülmektedir.

4.1.5.2. Basınç Dayanımı Sonuçları

Şekillendirme sonrası kurutulan ve ardından 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen numuneler TS 4790 (1986) standardına uygun olarak kalınlığı 1,5 cm olacak şekilde kesilmiş ve inceltilmiştir. Ardından serbestçe hareket edebilen bir mafsala sahip ve uygulanan yükü 0,00001 kg hassasiyetle gösteren basınç dayanım cihazına yerleştirilerek teste tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular Eşitlik 3.9'da verilen formül yardımı ile hesaplanmış ve sonuçlar 10 adet numunenin aritmetik ortalaması alınarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.12'de I. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımı sonuçları verilmektedir.

Mineralojik analizlere ilişkin bulgular ve tartışma bölümünde de değinildiği üzere basınç dayanımı sonuçları hem bölgeler içerisinde hem de numuneler arasında farklılıklar göstermektedir. Bir grup numunenin basınç dayanımı pişirme sıcaklığı arttıkça artarken, başka bir grup bunun tersi sonuçlar verebilmektedir.

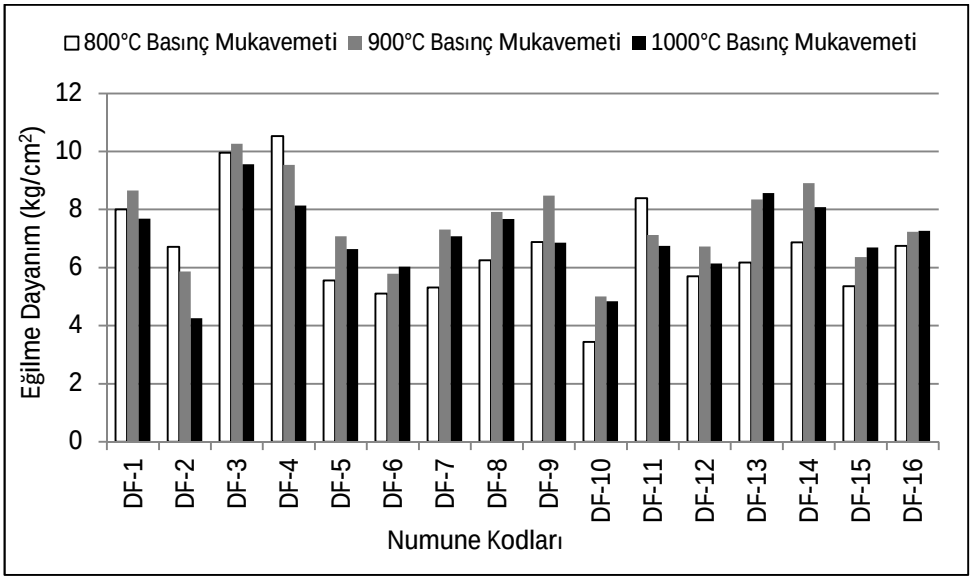
I. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde 16 numuneden 10'unun (DF-1, DF-3, DF-5, DF-7, DF-8, DF-9, DF-10, DF-12, DF-14, DF-16) en yüksek basınç dayanımını 900 °C pişirme sıcaklığında verdiği görülmektedir. DF-4 ve DF-13 kodlu numunelerin de bu sıcaklıkta iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Şekil 4.18'de I. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları verilmektedir.

Çizelge 4.12. I. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları

Numune Kodu	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)*	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)**	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-1	8,00263	8,65173	7,68139
DF-2	6,71089	5,86541	4,26050
DF-3	9,96054	10,26121	9,55819
DF-4	10,53135	9,53951	8,13781
DF-5	5,55448	7,07279	6,64192
DF-6	5,10026	5,78580	6,03184
DF-7	5,31555	7,31086	7,07446
DF-8	6,24726	7,91841	7,67529
DF-9	6,88001	8,47922	6,85602
DF-10	3,43999	5,00368	4,84241
DF-11	8,39212	7,12614	6,75109
DF-12	5,69757	6,72013	6,14466
DF-13	6,17781	8,34845	8,56772
DF-14	6,86363	8,90533	8,07837
DF-15	5,36338	6,35851	6,69413
DF-16	6,75253	7,23718	7,26028

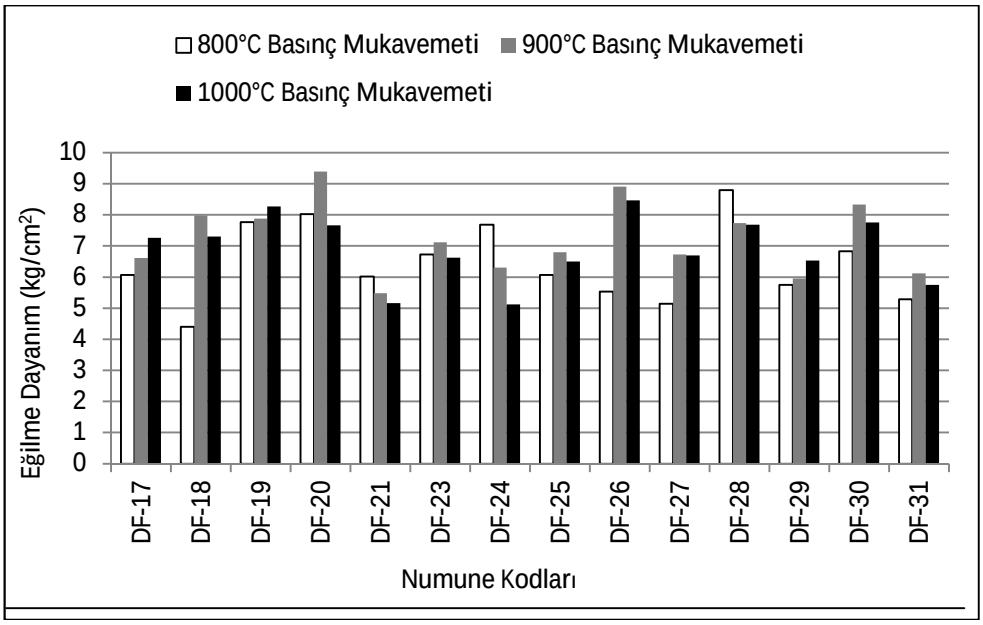
Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C



Şekil 4.18. I. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımları

Çizelge 4.13'te II. bölgeden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları, Şekil 4.19'da ise bu verilerin grafik gösterimi yer almaktadır.

II. bölgeden alınan numunelerden üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları incelendiğinde 5 numuneden 2'sinin (DF-18 ve DF-20) en yüksek basınç dayanımını 900 °C pişirme sıcaklığında verdiği, DF-19 kodlu numunenin de 900 °C'de iyi bir sonuç verdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.19. II. ve III. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımları

Çizelge 4.13. II. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları

Numune Kodu	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)*	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)**	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-17	6,07186	6,61185	7,26419
DF-18	4,39991	7,98641	7,29863
DF-19	7,76757	7,87962	8,26768
DF-20	8,02566	9,38750	7,65762
DF-21	6,01719	5,47737	5,15716

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Çizelge 4.14'te III. bölgeden üretilen örneklerin basınç dayanımı sonuçları sunulmuş, Şekil 4.20'de de bu sonuçların grafik gösterimi verilmiştir.

III. bölge numunelerinin sonuçları değerlendirildiğinde ise 9 numuneden 6'sının (DF-23, DF-25, DF-26, DF-27, DF-30, DF-31) en yüksek basınç dayanımını 900 °C pişirme sıcaklığında verdiği, DF-28 kodlu numunenin de 900 °C'de iyi bir sonuç verdiği belirlenmiştir. ,

Çizelge 4.14. III. bölgeden alınan numunelerin basınç dayanımı sonuçları

Numune Kodu	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)*	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)**	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-23	6,72905	7,12225	6,62795
DF-24	7,68313	6,30401	5,12420
DF-25	6,07019	6,79949	6,49704
DF-26	5,53499	8,90915	8,46470
DF-27	5,13958	6,73072	6,69390
DF-28	8,79725	7,73093	7,68373
DF-29	5,74732	5,95905	6,52825
DF-30	6,82764	8,32959	7,75535
DF-31	5,28104	6,12261	5,74981

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Basınç dayanımı sonuçları tüm bölgeler için değerlendirildiğinde numunelerin büyük bir çoğunluğu için en uygun pişirme sıcaklığının 900 °C olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Kavas ve Önce'nin (2002) ve Bideci ve Bideci'nin (2008) elde ettiği bulgularla tutarlıdır.

4.1.5.3. Su Emme Analizi Sonuçları

İnşaat sektöründe kullanılan yapı malzemeleri için su emme oranının düşük olması genellikle tercih edilen bir durumdur (Çelik, 2010). Bununla birlikte su emme değeri malzemenin porozitesine ilişkin bir gösterge olduğundan, su emme oranının artması, ısı ve ses yalıtımının da artması sonucunu doğurabilir.

Tez çalışmasında kullanılan ana standart olan TS 4790'ın (1986) su emme tayini ile ilgili atıfta bulunduğu standart olan TS 4562 (1985) numaralı standart, yürürlükten kaldırılmıştır.

Bu sebeple su emme tayini için sanayi koşullarında üretilen tuğlaların analizinde kullanılan TS EN 771-1 (2015) standardı kullanılmıştır. 800, 900 ve

1000 °C sıcaklıklarda pişirilen numunelerden rastgele örnekleme metoduyla 10 adet pişmiş tuğla numunesi alınmış ve bu numuneler 105 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına ulaşıncaya kadar desikatörde bekletilmiş ve bekleme süresi sonunda tartılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan ve kütleleri tartılan numuneler su dolu bir kaba yerleştirilerek 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra sudan çıkarılan numuneler üzerinde bulunan serbest su, nemli bir bezle alınarak yeniden tartılmıştır. Her bir numunenin su emme oranı Eşitlik 3.10'da verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar 10 numunenin aritmetik ortalaması alınarak kaydedilmiştir.

Çizelge 4.15'te I. bölgeden alınan, Çizelge 4.16'da II. bölgeden alınan ve Çizelge 4.17'de III. bölgeden alınan örneklerle üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları verilmektedir.

Çizelge 4.15. I. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları

Numune Kodu	% Su Emme*	% Su Emme**	% Su Emme***
DF-1	22,55	23,61	23,64
DF-2	22,11	22,64	22,35
DF-3	18,67	20,53	23,22
DF-4	20,16	23,01	20,42
DF-5	20,49	23,29	21,86
DF-6	18,91	21,57	22,97
DF-7	18,04	20,08	19,32
DF-8	19,10	20,43	20,95
DF-9	17,75	20,14	23,18
DF-10	18,19	21,05	23,51
DF-11	18,00	19,23	24,27
DF-12	20,12	22,31	23,18
DF-13	18,22	19,65	22,11
DF-14	19,31	20,86	21,83
DF-15	18,70	21,17	22,54
DF-16	18,80	18,82	22,94

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Çizelge 4.16. II. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları

Numune Kodu	% Su Emme*	% Su Emme**	% Su Emme***
DF-17	19,27	21,28	21,44
DF-18	19,87	21,55	22,95
DF-19	19,64	21,45	23,38
DF-20	18,28	20,13	22,77
DF-21	21,77	22,59	19,45

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Çizelge 4.17. III. bölgeden üretilen tuğla bünyelerinin su emme oranları

Numune Kodu	% Su Emme*	% Su Emme**	% Su Emme***
DF-23	18,85	21,42	24,06
DF-24	19,38	20,06	26,06
DF-25	19,56	21,11	24,65
DF-26	18,14	20,71	20,45
DF-27	19,39	20,43	22,65
DF-28	16,97	20,04	24,26
DF-29	20,85	22,89	23,83
DF-30	20,55	21,42	23,91
DF-31	21,54	21,30	22,85

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

Her üç bölge için su emme oranları incelendiğinde pişirme sıcaklığı arttıkça malzemenin su emme eğiliminin de arttığı görülmektedir. I. bölgeden DF-2, DF-4, DF-5 ve DF-7 kodlu numuneler, II. bölgeden DF-21 kodlu numune ve III. bölgeden DF-26 kodlu numune 900 °C'deki pişirme sıcaklıklarında bu eğilime istisna oluşturacak sonuçlar vermektedir.

Bahse konu beş numunenin 900 °C pişirme sıcaklığında üretilen örnekleri 1000°C'ye göre daha fazla su emmektedir.

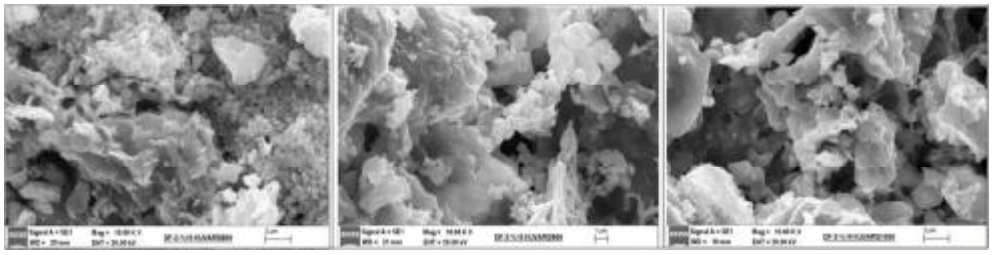
Su emme sonuçları Bideci ve Bideci'nin (2008) ve Söylemez ve arkadaşlarının (2011) çalışmaları ile tutarlıdır.

Genel bir kabul olarak kil hammaddesinin pişme sonrasında su emmesinin %15'in üzerine çıkmaması istenir. Tüm bölgelere ait sonuçlar incelendiğinde su emme oranlarının %18 ile %25 arasında bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bu bakımdan su emme oranlarının yüksek olduğu söylenebilir.

4.1.6. SEM ve EDX Analizleri

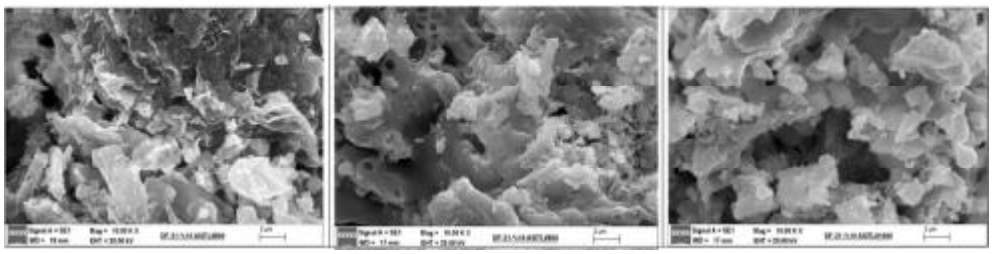
Tez çalışması kapsamında çok sayıda pişmiş tuğla örneği üzerinde mikro yapı incelemeleri yapılmıştır. Her üç bölgeden toplanan numunelerle üretilen tuğla bünyelerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri çekilmiş ve EDX analizleri yapılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan kül fırınında 1000 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tuğla bünyelerinin eriyerek bozulduğu önceki bölümlerde de belirtilmişti. Bu sebeple her bölgeyi temsilen birer adet örnek Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü Laboratuarında 1050 °C ve 1100 °C sıcaklıklarda pişirilerek bu örneklerin de SEM görüntüleri çekilmiştir. Öte yandan laboratuar koşullarında üretilen katkılı numunelerin 800, 900 ve 1000 °C pişirme sıcaklıklarında üretilen örnekleri de benzer analizlere tabi tutulmuştur.

Şekil 4.20'de DF-2 kodlu numunenin %10 kuvars kumu katkısı ile üretilen tuğla bünyelerinin SEM görüntüleri verilmektedir. 800 °C pişirme sıcaklığında hem kuvars tanelerinin hem de killerin henüz taneler arası pekişme göstermediği görülmekte iken 900 °C'de camsı fazın oluşmaya ve tanelerin birbirleri ile pekişmeye başladığı görülmektedir. Bu sıcaklıkta karbonatların varlığını kanıtlayan gaz boşlukları da görülmeye başlanmıştır. Pekleşmenin yuvarlak bir yapı arz etmesi camsı fazın iyi düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir. 1000 °C pişirme sıcaklığında ise yüksek sıcaklık sebebiyle oluşmaya başlayan iskelet yapısı gözlenmektedir.



Şekil 4.20. %10 kuvars katkılı DF-2 numunesinin farklı sıcaklıklardaki SEM görüntüleri

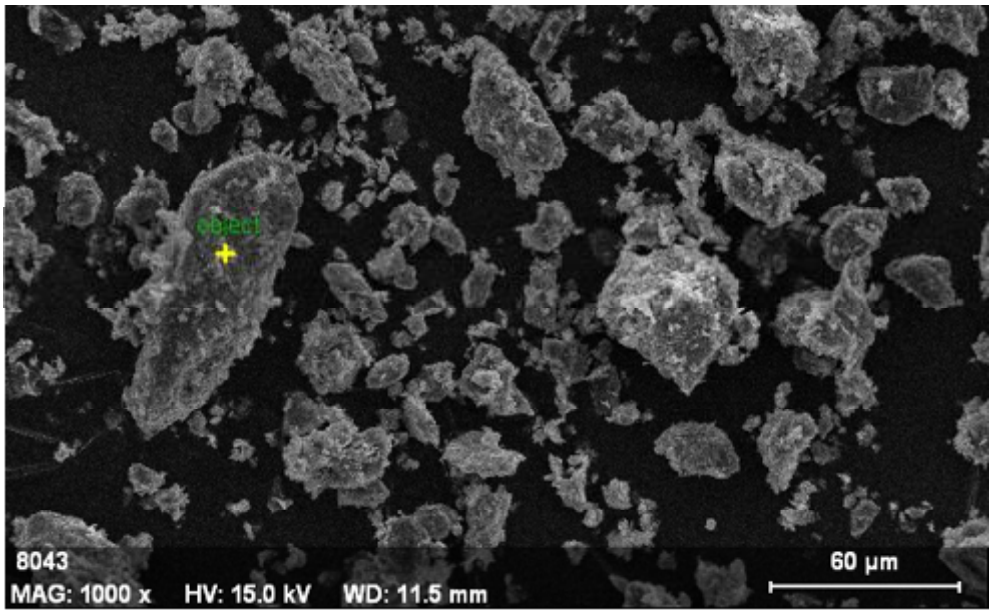
DF-21 kodlu numunenin yoğurma suyuna katılan %10 HCl katkısı ile 800, 900 ve 1000 °C pişirme sıcaklıklarında üretilen deneysel tuğla örneklerinin SEM görüntüleri ise Şekil 4.21'de sunulmuştur. SEM görüntüsündeki mikro yapılar incelendiğinde 800 °C'de karbonatlı kayaçların bozunmaya başladığı görülmektedir. Bununla birlikte smektitik karakterli killerin henüz bozunmaması sebebiyle bu yapılara ait levhacıklı yapılar gözlenmektedir. 900 °C pişirme sıcaklığında ise taneciklerin pekleşmeye ve camsı fazın oluşmaya başladığı görülmektedir. Bu sıcaklıkta DF-2 kodlu numunede olduğu gibi karbonatların varlığı sebebiyle gaz boşlukların oluşmaya başladığı gözlenmektedir. 1000 °C pişirme sıcaklığına ulaşıldığında ise artık taneciklerin büyük oranda pekleştiği ve iskelet yapısının oluşmaya başladığı gözlenmektedir.



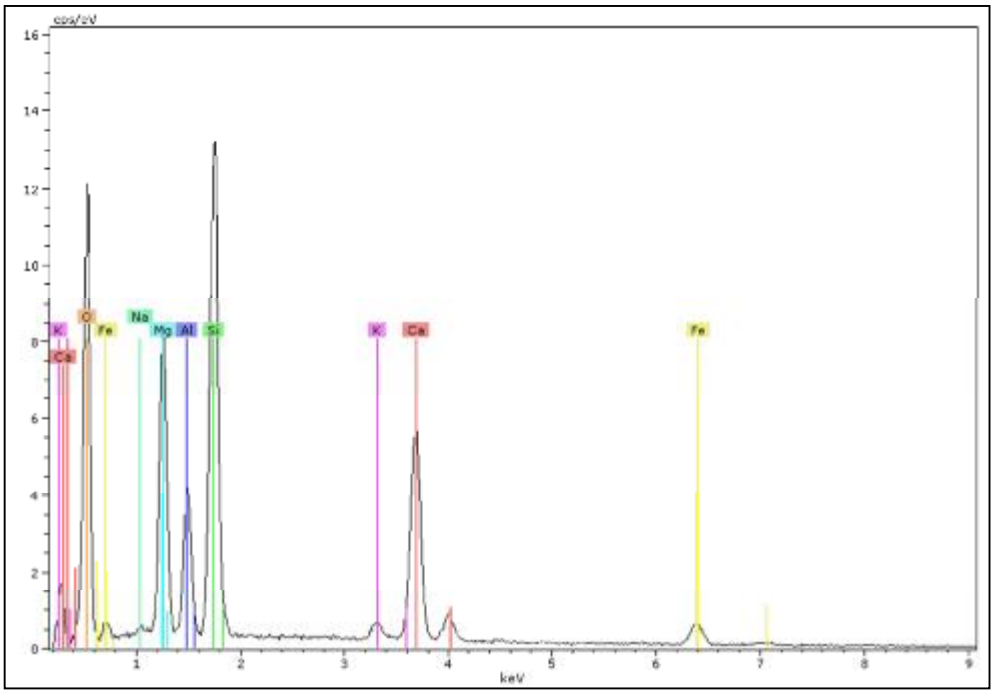
Şekil 4.21. %10 HCl katkılı DF-21 numunesinin farklı sıcaklıklardaki SEM görüntüleri

Sahadan alınan numunelerden üretilen temsili tuğla örnekleri içerisinde basınç dayanımı yönünden en iyi sonucu veren numune DF-3 kodlu numunedir. Bu numuneden üretilen örnekler düşük sıcaklıklarda kızıl kahve renkler verirken pişirme sıcaklığının artması ile renk doygunluğu düşmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarında belirtildiği şekilde CaO miktarının yüksek olmasının renk üzerinde böyle bir etki yarattığı düşünülmektedir.

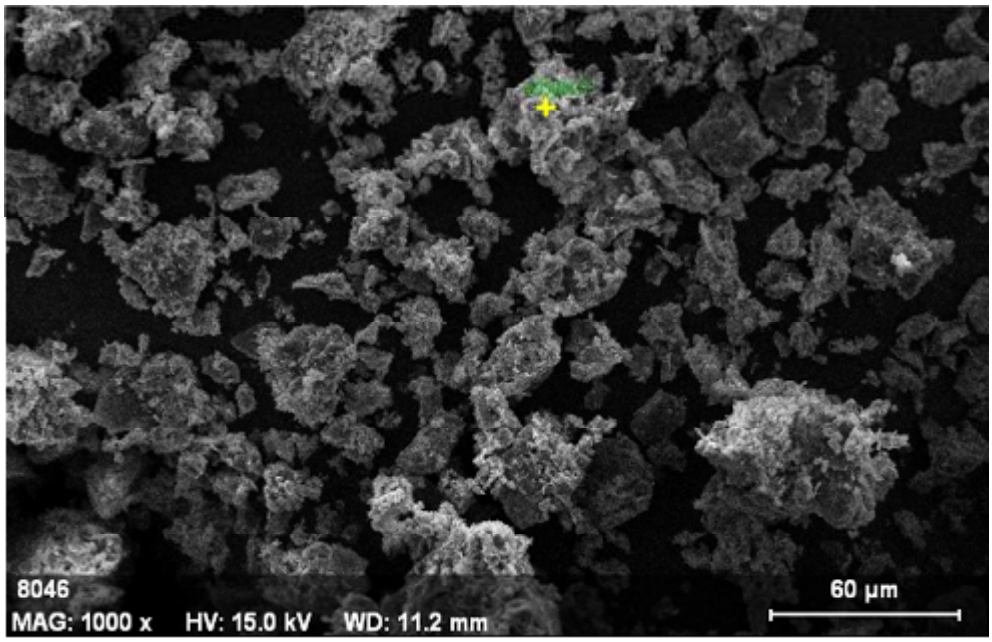
DF-3 kodlu numuneden üretilen tuğla bünyelerinin 800, 900 ve 1000 °C pişirme sıcaklıklarındaki SEM görüntüleri ile bu görüntüler üzerinde yapılan EDX analizleri sırasıyla Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 27'de verilmiştir.



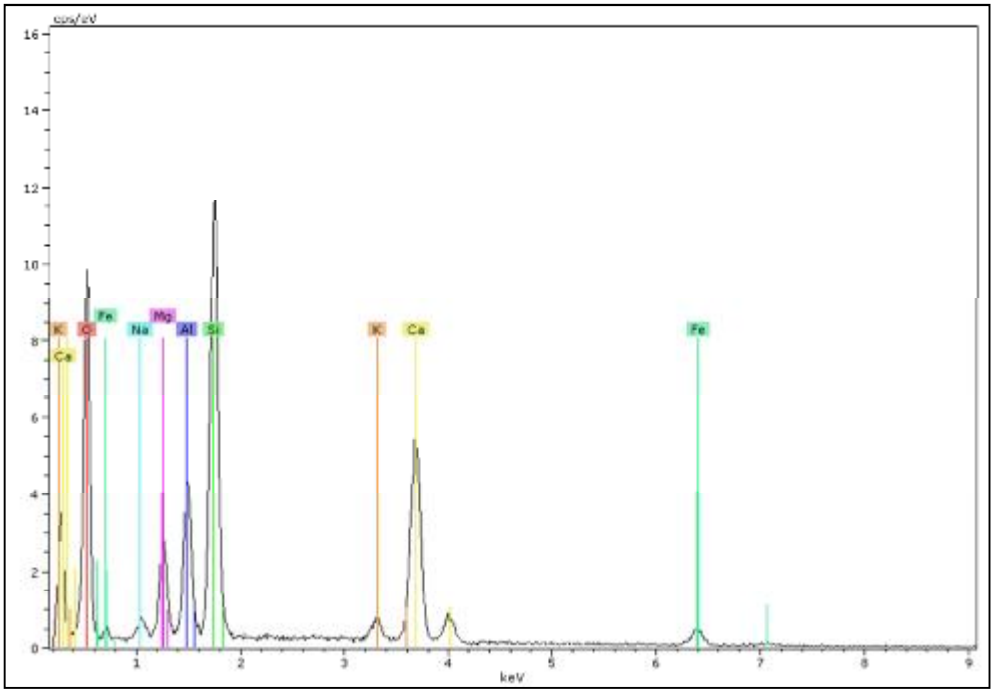
Şekil 4.22. DF-3 800 °C SEM görüntüsü



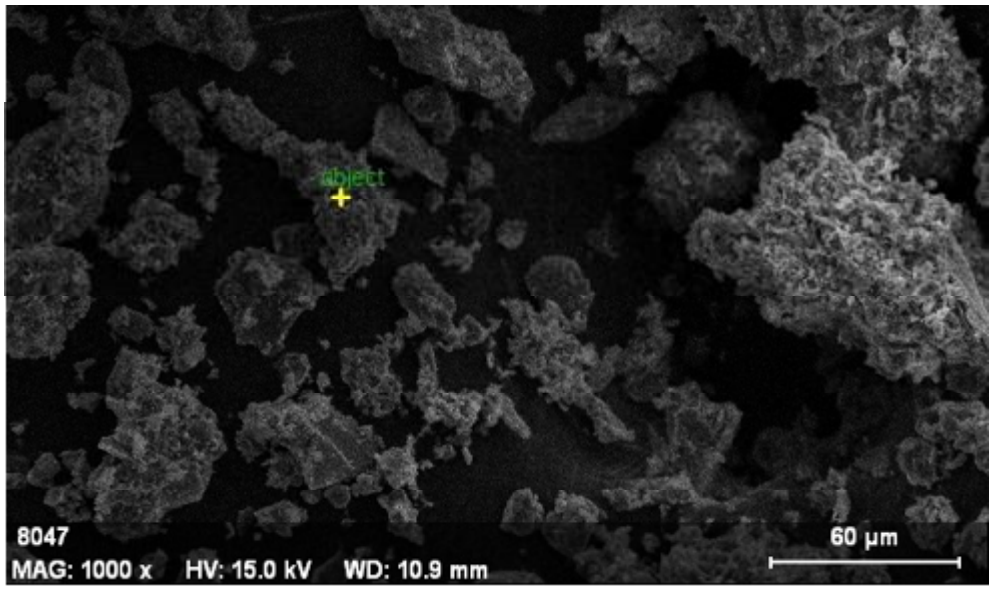
Şekil 4.23. DF-3 800 °C EDX analizi



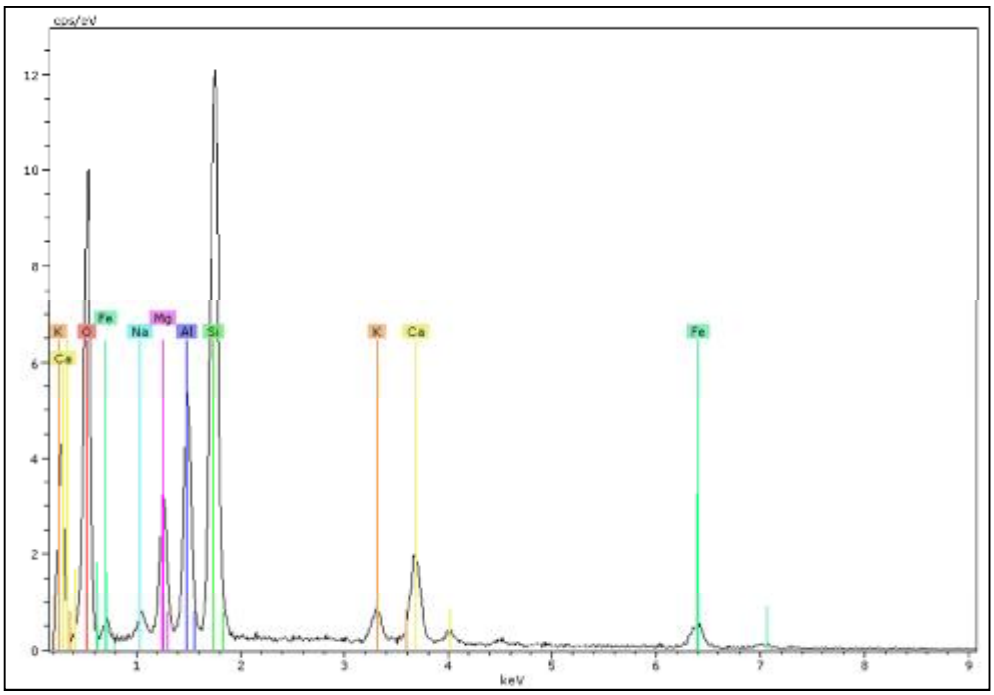
Şekil 4.24. DF-3 900 °C SEM görüntüsü



Şekil 4.25. DF-3 900 °C EDX analizi



Şekil 4.26. DF-3 1000 °C SEM görüntüsü



Şekil 4.27. DF-3 1000 °C EDX analizi

Bilindiği üzere karbonatlar 600-800 °C arasında bozunmaya başlamaktadır. 800 °C'nin üzerinde ise karbonatlı killerde önemli tekstürel ve mineralojik değişimler görülmeye başlar. 800 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, pişmiş numunelerde serbest halde bulunan kirecin kil mineralleri ile reaksiyonu sonucunda anortit ve gehlenit gibi yeni silikat oluşumları gözlenir.

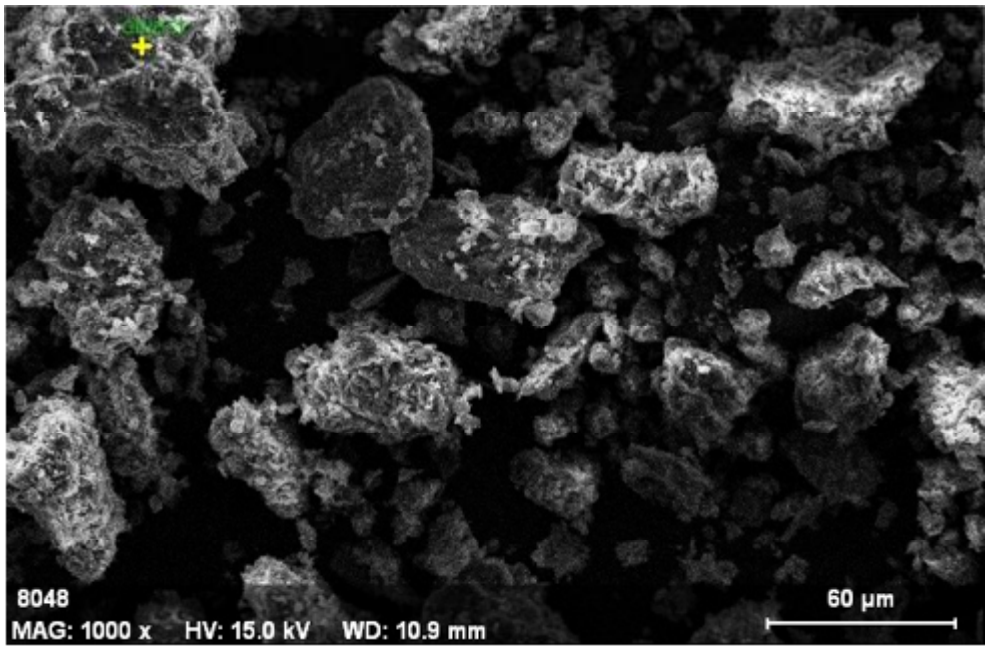
EDXanalizlerinde pişirme sıcaklığının artmasıyla kalsiyum piklerinin şiddetinin düşüyor olması bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Sıcaklık artmaya devam ettikçe kil matriksi içerisindeki kaynaşmalar ilerler ve taneler yumuşamaya başlar. Ardından mineral fazlarında şekil değişimleri görülür ve ikincil porozite oluşumu ile kil matriksinde kümelenme artar. Daha sonra granüller arası köprüler oluşur.

Kalsitin 1050 °C'ye kadar tam olarak bozunmadığı bilindiğinden düşük yoğunlukta da olsa kalsit piklerine rastlanmaktadır. Bununla birlikte EDX analizlerinden elde edilen bulgular incelendiğinde 800 °C pişirme sıcaklığında hematit minerali olduğu düşünülen fazlar geliştiği görülmektedir.

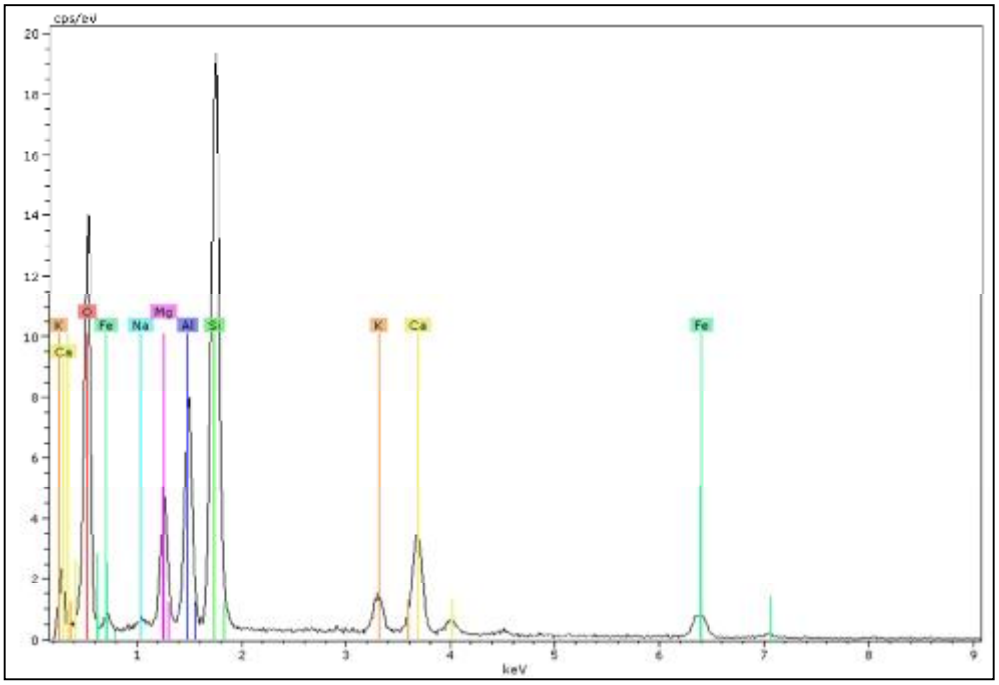
Artan sıcaklıkla birlikte bu pikin şiddeti azalmaktadır. Bu durumun kalsit minerallerinin varlığından kaynaklandığı ve bu sebeple kalsitin bozunması ve reaksiyonların ilerlemesiyle birlikte periklas [MgO], gehlenit [$Ca_2Al_2SiO_7$] ve diopsit [$Ca(Mg,Fe)Si_2O_6$] oluşumlarının gerçekleşerek renklerin açıldığı düşünülmektedir.

Bu değerlendirmeler DF-5 kodlu numuneden üretilen tuğla bünyeleri için de geçerlidir. DF-5 kodlu numuneden üretilerek 800 °C sıcaklıkta pişirilen örneklerin SEM görüntüsü Şekil 4.28'de, bu görüntü üzerinden yapılan EDX analizi ise Şekil 4.29'da sunulmuştur.

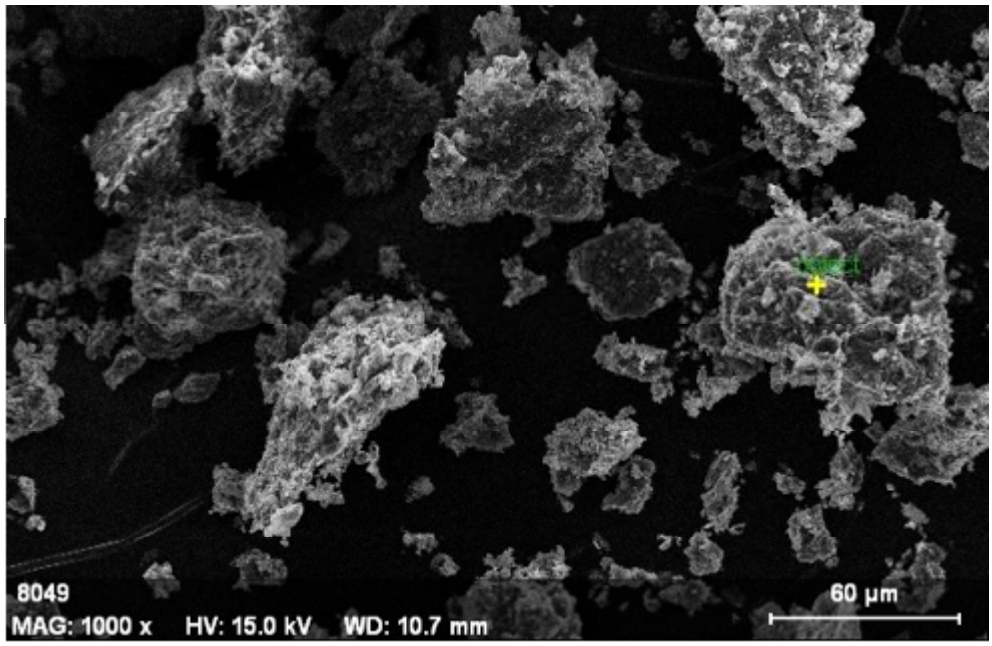
Aynı örneğe ait 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen bünyelere ait SEM görüntüleri Şekil 4.30 ve Şekil 4.32'de, bu görüntüler üzerinden yapılan EDX analizleri ise Şekil 4.31 ve 4.33'de sunulmuştur.



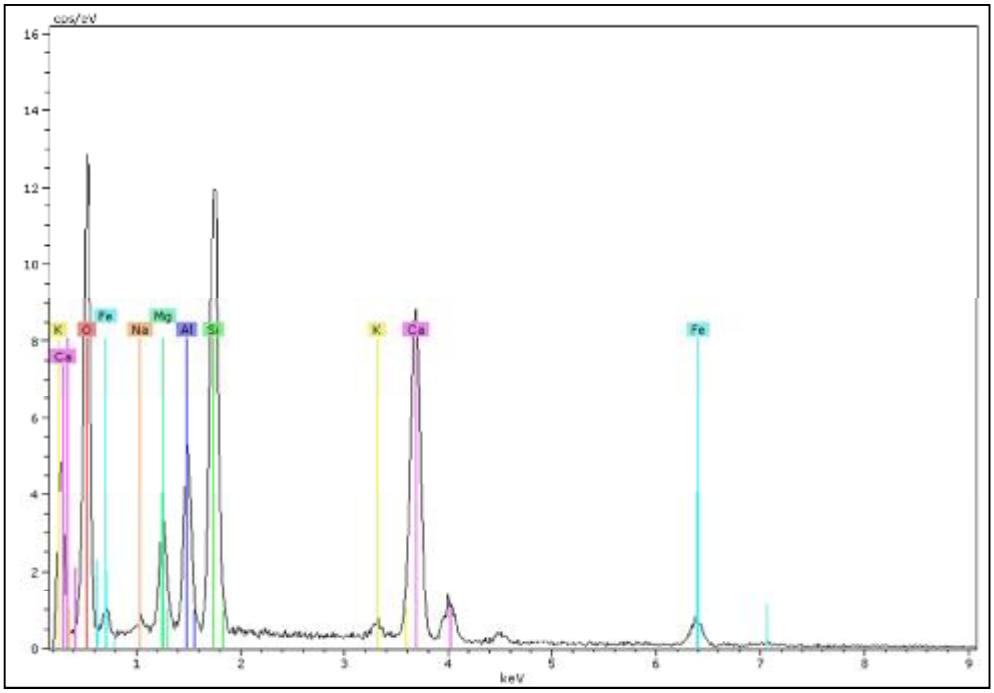
Şekil 4.28. DF-5 800 °C SEM görüntüsü



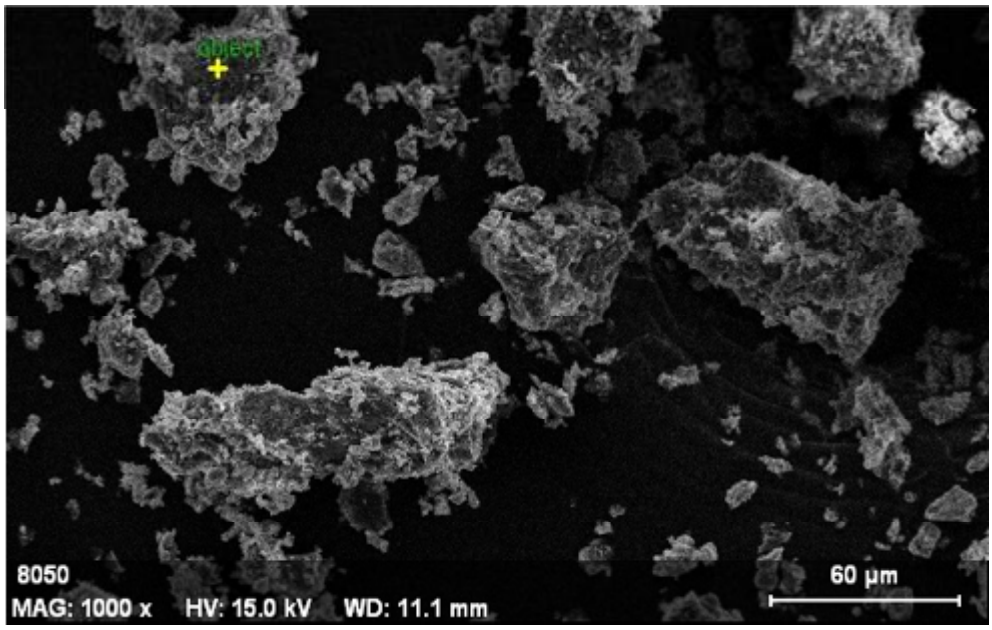
Şekil 4.29. DF-5 800 °C EDX analizi



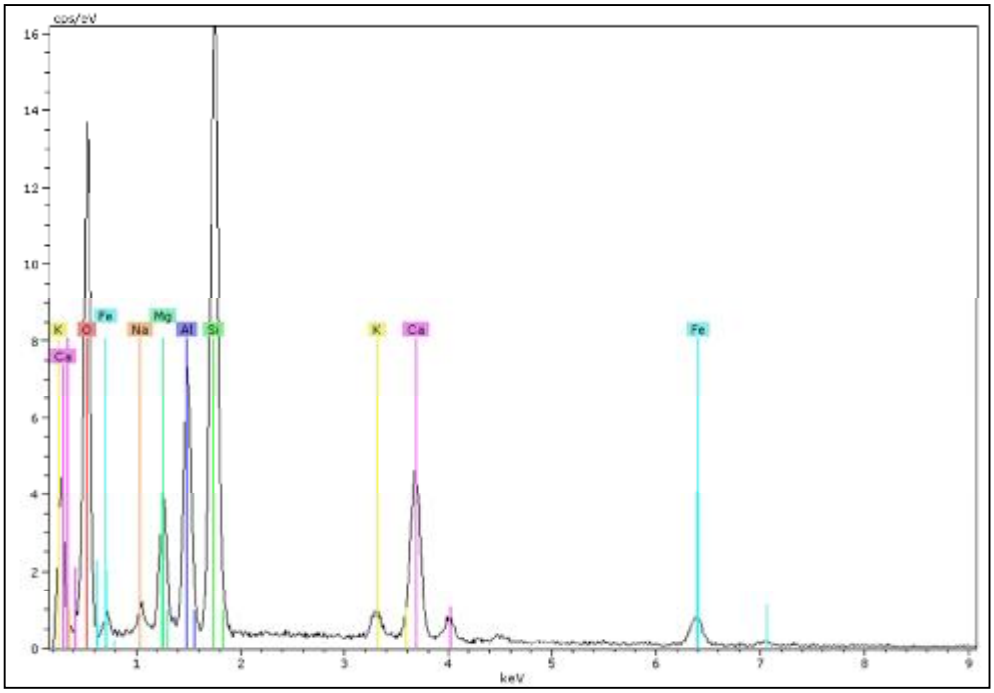
Şekil 4.30. DF-5 900 °C SEM görüntüsü



Şekil 4.31. DF-5 900 °C EDX analizi



Şekil 4.32. DF-5 1000 °C SEM görüntüsü



Şekil 4.33. DF-5 1000 °C EDX analizi

Laboratuar koşullarında üretilerek 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen temsili tuğla bünyelerine ait çok sayıda SEM görüntüsü ve EDX analizi ile Çukurova Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü Laboratuarında 1050 °C ve 1100 °C sıcaklıklarda pişirilen örneklere ait SEM görüntüleri Ek-3'te sunulmuştur.

4.1.7. Katkılı Numunelere ait Bulgular

Sahadan alınan numuneler uygun miktarda su ile yoğrularak şekillendirilmiş ve 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilerek tuğla bünyeleri üretilmiştir. Laboratuar koşullarında üretilen tuğla bünyeleri üzerinde fiziksel ve mekanik analizler yapılarak kalite özellikleri tespit edilmiştir.

Üç farklı bölgeden alınan 32 adet numunenin 30'undan üretilen bünyelerin basınç dayanımı sonuçları dikkate alınarak her bölgeyi temsilen birer adet numune farklı katkı malzemeleri ile karıştırılmış ve yeniden 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilmiştir.

Bu çerçevede I. bölgeden DF-2, II. bölgeden DF-21 ve III. bölgeden DF-29 kodlu numuneler tuğla tozu, kuvars kumu ve hidroklorik asit gibi katkı malzemeleri ile ayrı ayrı karıştırılarak şekillendirilmiştir.

Tuğla tozu ve kuvars kumu katkıları hammadde kuru halde iken ağırlığının %10'u oranında karıştırılmış ve ardından yoğurma suyuyla yoğrularak tuğla bünyeleri şekillendirilmiştir.

Hidroklorik asit katkısı ise doğal haldeki hammaddeye eklenen yoğurma suyu içerisine Normalitesi 5 olan HCl'nin hacimce %10 oranında eklenmesi ile sağlanmıştır.

Katkı malzemeleri ile geliştirilen örnekler farklı pişirme sıcaklıklarındaki toplam doğrusal küçülme ve basınç dayanımı sonuçları yönünden değerlendirilmiştir. Ayrıca bu örneklerin mikro yapı analizleri ve XRD analizleri de yapılarak elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

4.1.7.1. Toplam Doğrusal Küçülme Sonuçları

Katkılı numunelerin toplam doğrusal küçülme ve basınç dayanımı testleri yapılarak sonuçlar, doğal haldeki numunelerin özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.18'de katkılı numunelerin farklı pişirme sıcaklıklarındaki toplam doğrusal küçülme değerleri (TDK), Şekil 4.34'te ise bu verilerden üretilen grafik sunulmaktadır.

Elde edilen bulgular doğal hammaddelerle üretilen tuğla bünyeleri ile benzer bir biçimde farklı sıcaklıklarda farklı sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte DF-2 kodlu numuneden üretilen ve bu numunenin katkı malzemeleri ile geliştirilmiş örnekleri içerisinde en iyi sonucu HCl katkılı örneklerin verdiği görülmektedir. DF-21 ve DF-29 kodlu numunelerde ise %10 oranındaki tuğla katkısının toplam doğrusal küçülmeye nispeten pozitif bir etki yaptığı söylenebilir.

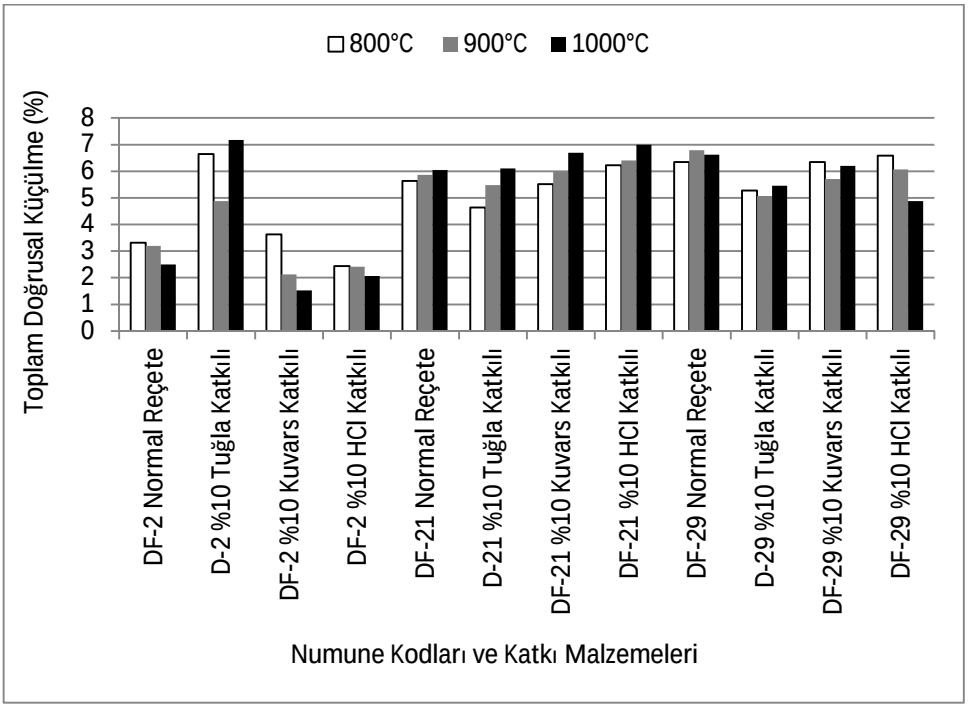
Çizelge 4.18. Katkılı numunelerin toplam doğrusal küçülme sonuçları

Reçete/Pişme Sıcaklığı	% TDK*	% TDK**	% TDK***
DF-2 Normal Reçete	3,31	3,19	2,50
D-2 %10 Tuğla Katkılı	6,64	4,88	7,18
DF-2 %10 Kuvars Katkılı	3,63	2,13	1,53
DF-2 %10 HCl Katkılı	2,44	2,42	2,07
DF-21 Normal Reçete	5,64	5,86	6,05
D-21 %10 Tuğla Katkılı	4,64	5,48	6,10
DF-21 %10 Kuvars Katkılı	5,52	5,98	6,69
DF-21 %10 HCl Katkılı	6,23	6,41	7,00
DF-29 Normal Reçete	6,35	6,79	6,62
D-29 %10 Tuğla Katkılı	5,27	5,07	5,46
DF-29 %10 Kuvars Katkılı	6,35	5,71	6,20
DF-29 %10 HCl Katkılı	6,59	6,07	4,88

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C

4.1.7.2. Basınç Dayanımı Sonuçları

Tuğla tozu, kuvars kumu ve hidroklorik asit katkısı ile üretilen örneklerin basınç dayanımı analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar doğal hammaddeden üretilen örneklerle karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.18'de katkılı numunelerin basınç dayanımı sonuçları toplu olarak verilmektedir.



Şekil 4.34. Katkılı numunelerin toplam doğrusal küçülme değerleri

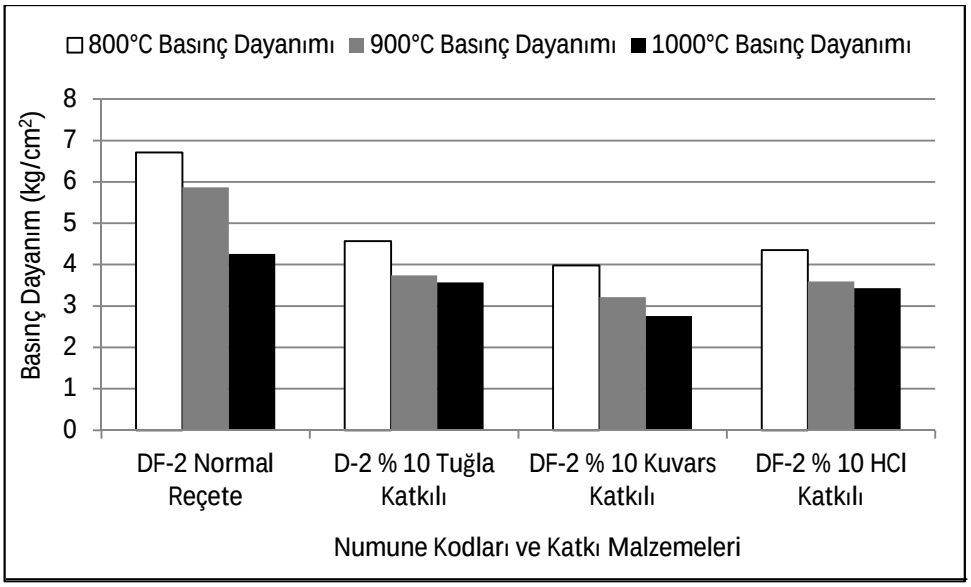
DF-2 kodlu numuneden üretilen örneklerin 800, 900 ve 1000 °C pişirme sıcaklıklarındaki basınç dayanımları sıcaklık arttıkça düşen bir seyir izlemekteydi. Bu numune ile üretilen katkı numunelerin basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde katkılı örneklerin doğal hammaddeden üretilen örneklere göre %30'a yakın bir düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

Doğal reçetede sıcaklık artışı ile dayanımın düşmekte olduğu bulgusuna ulaşılmıştı. Bu sonuçlar katkılı numuneler için de benzer bir seyir izlemektedir. Şekil 4.35'te DF-2 kodlu numuneden üretilen katkılı örneklerin basınç dayanımı değerleri sunulmaktadır.

Çizelge 4.19. Katkılı numunelerin basınç dayanımı sonuçları

Reçete/Pişme Sıcaklığı	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)*	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)**	Basınç Dayanımı (kg/cm^2)***
DF-2 Normal Reçete	6,71089	5,86541	4,26050
D-2 % 10 Tuğla Katkılı	4,56842	3,74301	3,56936
DF-2 % 10 Kuvars Katkılı	3,98349	3,21204	2,76003
DF-2 % 10 HCl Katkılı	4,34887	3,59714	3,42819
DF-21 Normal Reçete	6,01719	5,47737	5,15716
D-21 % 10 Tuğla Katkılı	4,72725	3,80620	3,31931
DF-21 % 10 Kuvars Katkılı	5,03573	4,78858	4,37417
DF-21 % 10 HCl Katkılı	5,93299	5,00394	4,88805
DF-29 Normal Reçete	5,74732	5,95905	6,52825
D-29 % 10 Tuğla Katkılı	4,06503	4,43307	4,62192
DF-29 % 10 Kuvars Katkılı	5,22908	5,93267	6,07147
DF-29 % 10 HCl Katkılı	4,65209	4,97014	5,37284

Pişme sıcaklıkları: : *800 °C, : **900 °C, : ***1000 °C



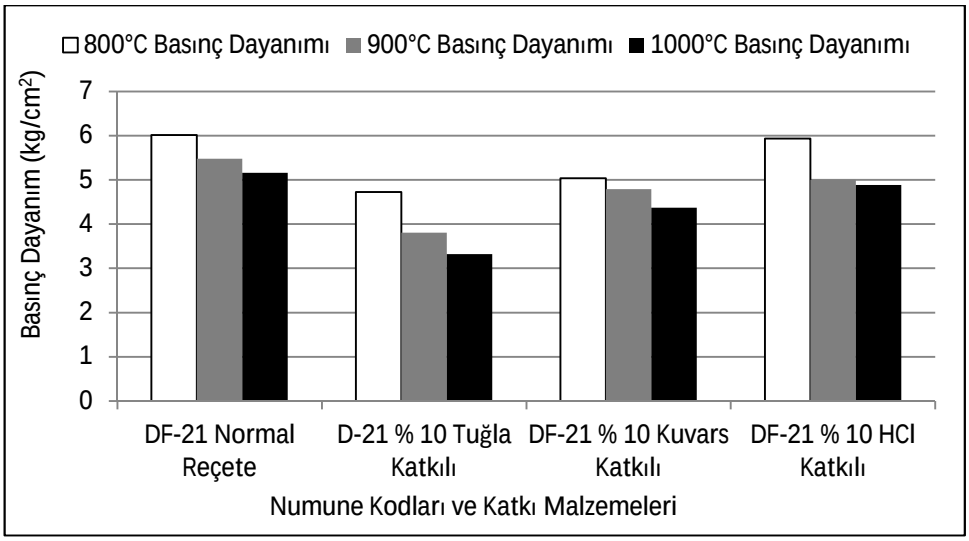
Şekil 4.35. DF-2 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları

DF-2'ye ait basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde katkı maddelerinin basınç dayanımına negatif yönde bir etki yaptığı görülmektedir. Tüm numunelerde en yüksek basınç dayanım değeri 800 °C pişirme sıcaklığında elde edilmiştir.

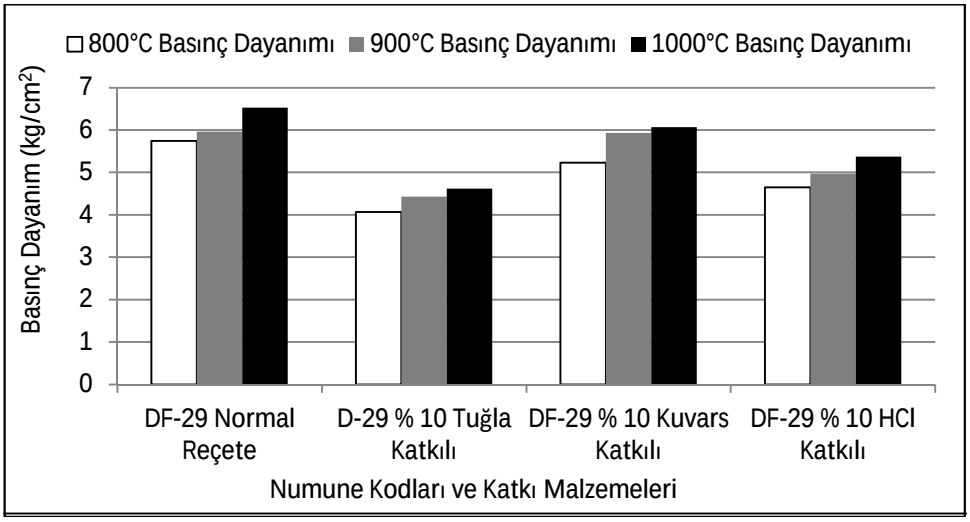
DF-21 kodlu numunenin 800, 900 ve 1000°C pişirme sıcaklıklarında elde edilen basınç dayanımları DF-2'ye göre daha az da olsa yine düşüş yönünde bir eğilim göstermektedir. Numunenin doğal halinden üretilen bünyelerde pişirme sıcaklığının artması ile basınç dayanımı düşmekteydi, bu eğilim katkılı numunelerde de değişmemiştir. Şekil 4.36'da DF-21 kodlu numuneden üretilen katkılı örneklerin basınç dayanımı değerleri sunulmaktadır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde en iyi sonucu veren katkı malzemesinin HCl katkısı olduğu görülmektedir. Tüm örneklerde en iyi basınç dayanımı sonuçları 800 °C pişirme sıcaklığında elde edilmektedir.

DF-29 kodlu numunenin 800, 900 ve 1000°C pişirme sıcaklıklarında elde edilen basınç dayanımları diğer iki numuneden büyük farklılıklar göstermiyor olsa da daha pozitif sonuçlar vermektedir. Bu numuneye yapılan tuğla ve hidroklorik asit katkısı basınç dayanımında düşüşe sebep olsa da kuvars katkısı nispeten olumlu sonuçlar vermektedir. Şekil 4.37'de DF-29 kodlu numuneden üretilen katkılı örneklerin basınç dayanımı değerleri sunulmaktadır.



Şekil 4.36. DF-21 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları



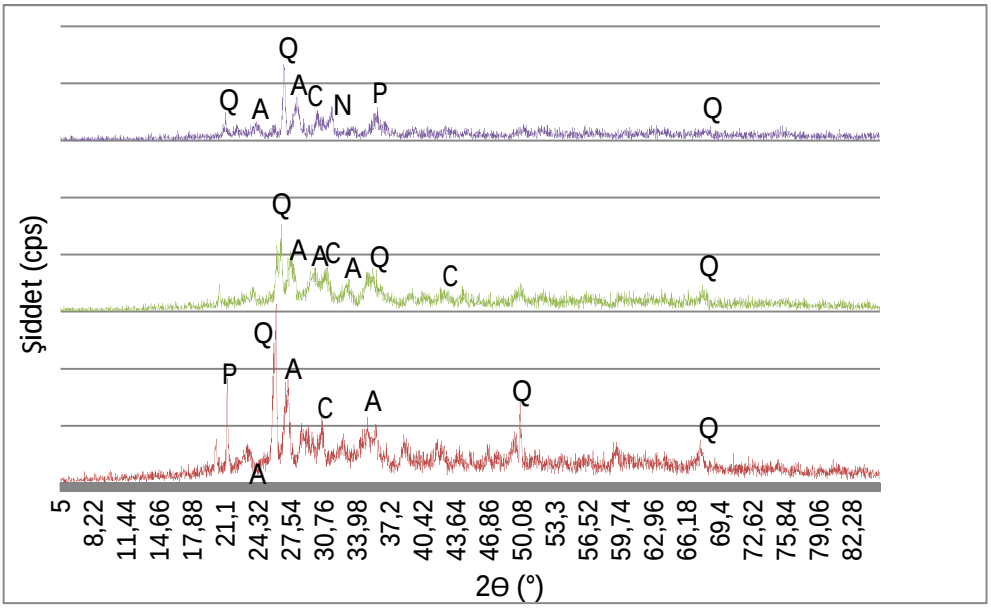
Şekil 4.37. DF-29 kodlu numunenin basınç dayanımı sonuçları

Tüm numunelere ait basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde doğal hammadde içerisine %10 oranında karıştırılan katkı malzemelerinin basınç dayanımı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Köseoğlu ve arkadaşları (2008) ile Bideci ve Bideci (2008)'de elde edilen bulgularla tutarlıdır.

4.1.7.3. XRD Analizleri

Tuğla tozu, kuvars kumu ve hidroklorik asit katkısı ile geliştirilmeye çalışılan örnekler üzerinde mineralojik analizler gerçekleştirilmiştir. Yoğurma suyuna %10 oranında eklenen hidroklorik asit çözeltisi ile şekillendirilen, ardından 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen DF-21 kodlu numunenin XRD analizleri incelendiğinde tüm sıcaklıklar için kalsit piklerinin varlığı teyit edilmiştir. Bu bulgu başlık 4.1.6'da sunulan SEM görüntülerine ilişkin değerlendirmeleri destekler niteliktedir. 1050 °C'ye kadar tam olarak bozunmayan kalsitin varlığı, çalışmada kullanılan pişirme sıcaklıklarında reaksiyonların halen devam etmekte olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.38'de yoğurma suyuna %10 oranında eklenen hidroklorik asit çözeltisi ile şekillendirilen, ardından 800, 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda pişirilen DF-21 kodlu numunenin XRD sonuçları sunulmaktadır.



Şekil 4.38. DF-21 kodlu numunenin %10 HCl katkısı ile üretilen örneklerinin XRD sonuçları

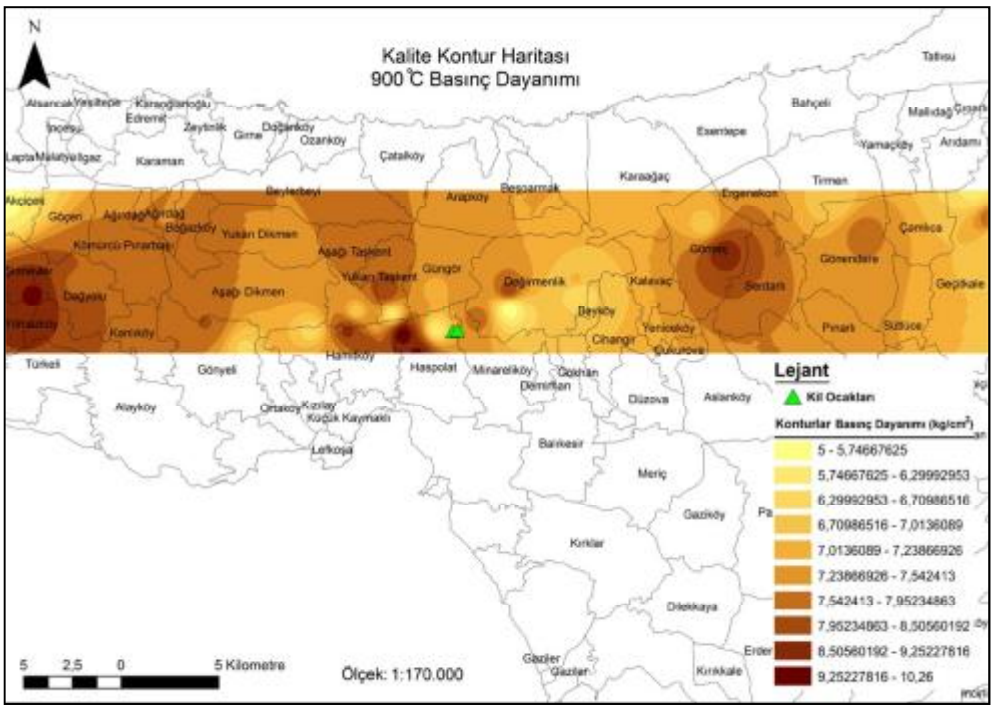
4.1.8. Sahaların Basınç Dayanımına Göre Sınıflandırılması

Üç farklı bölgeden alınan 32 adet numunenin 30'undan tuğla bünyeleri üretilmiş ve çeşitli testlere tabi tutulmuştur. Numune alımı yapılan Yılmazköy ile Geçitkale yerleşim birimleri arasında Doğu-Batı yönündeki 50 km'lik mesafede tuğlanın mekanik özellikleri bakımından en önemli özelliği olan basınç dayanımı sonuçlarına ve pişirme sıcaklıklarına göre jeoistatistik yöntemler kullanılarak kalite kontur haritaları oluşturulmuştur.

Kalite kontur haritaları, yorumlanması oldukça pratik olan ve hammaddenin kalite dağılımını ayrıntılı olarak gösteren haritalardır.

Bu haritalar kullanılarak hammaddenin kalite dağılımına göre üretim planlaması yapılabilmektedir. Bu bakımdan üretim ve işletme planlaması amacıyla kullanılabilecek ideal unsurlardır (Ersoy ve Yünsel, 2008)

Haritaların oluşturulmasında ArcGIS 9.3 harita programı kullanılmış ve veriler, ters mesafe ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting) yöntemine göre işlenmiştir. Her bir noktasal veri için 15 komşu noktanın verileri otomatik olarak değerlendirilerek kalite konturları oluşturulmuştur. Tüm bölgelerden alınan numunelerle üretilen tuğla bünyeleri için yapılan basınç dayanımı analiz sonuçlarına göre en uygun pişirme sıcaklığının 900 °C olduğu önceki başlıklarda da belirtilmişti. Bu bakımdan Şekil 4.39'da 900 °C pişirme sıcaklığında elde edilen basınç dayanımı sonuçlarına göre oluşturulan kalite kontur haritası sunulmuştur. Bu haritanın büyütülmüş hali ile 800 ve 1000 °C'de pişirme sıcaklıklarında elde edilen kalite kontur haritaları ise Ek-4'te sunulmuştur.

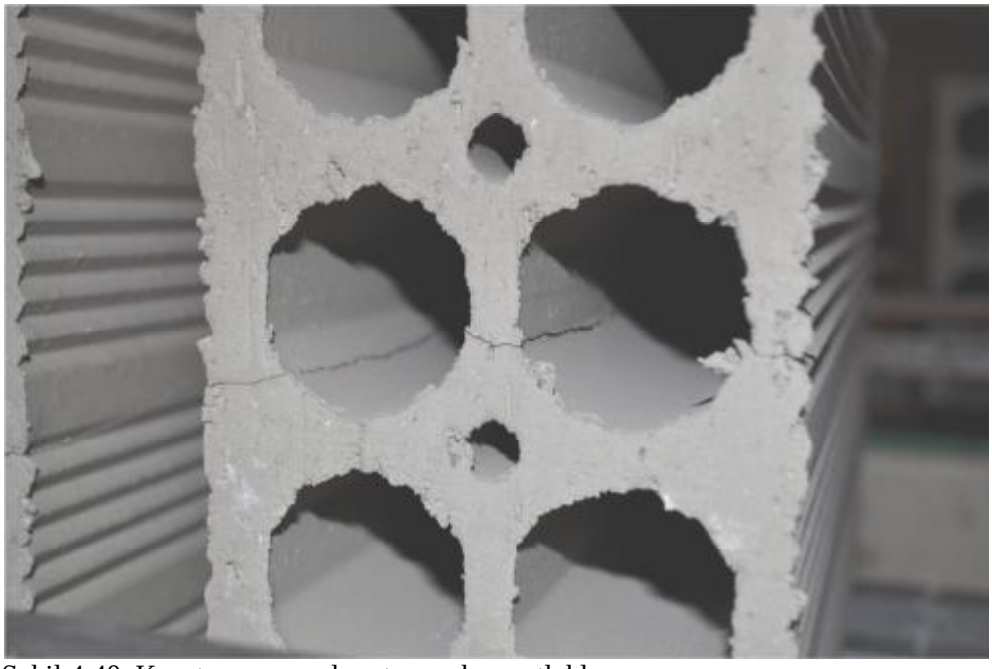


Şekil 4.39. 900 °C pişirme sıcaklığındaki basınç dayanımı kalite kontur haritası

Buna göre; doğudan batıya doğru Görneç ve Serdarlı yerleşim birimleri, Haspolat köyünün kuzey batısı ve Taşkent yerleşim birimleri, Pınarbaşı, Dağyolu, Şirinevler ve Yılmazköy yerleşim birimleri tuğla üretimi için en uygun hammadde sahaları olarak ortaya çıkmaktadır.

Ülkede halen faaliyetlerini sürdürmekte olan iki adet tuğla fabrikasının hammadde temin ettiği sahalar da kalite kontur haritaları üzerine işlenmiş ve bu bölgeden alınan malzemelerin kalite uygunlukları bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Kuzey Kıbrıs'ta faaliyetlerini sürdürmekte olan iki adet tuğla fabrikasında fire ve ikinci kalite oranları yüksek miktarlarda seyretmekte, bu da işletme ekonomine zarar vererek verimliliği düşürmektedir. Kurutma aşamasından itibaren çiğ tuğlalar üzerinde görülmeye başlayan mikro çatlaklar pişme esnasında malzemenin dağılmasına yol açmaktadır. Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de bu durumu örnekler görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 4.40. Kurutma sırasında ortaya çıkan çatlaklar



Şekil 4.41. Üretim sonrasında ortaya çıkan fire ürünler

Şekil 4.39'da ve Ek-4'te bulunan haritalardan da Kuzey Kıbrıs'ta faaliyetlerini sürdürmekte olan tuğla fabrikalarının malzeme aldığı ocakların lokasyonları işaretlenmiştir. 900 °C pişirme sıcaklığına göre oluşturulan kalite kontur haritalarından da görülebileceği üzere tuğla üretimi için hammadde alınan sahalar en düşük basınç dayanımı verebilecek sahalar içerisinde yer almaktadır. Bu da fabrikalarda yaşanmakta olan ikinci kalite ve fire oranlarının yüksek olmasının sebebini açıklar niteliktedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Kuzey Kıbrıs sınırları içerisinde bulunan ve tuğla-kiremit üretimi bakımından değerlendirilme potansiyeline sahip kil yatakları fiziksel, kimyasal, mineralojik ve diğer teknolojik özellikleri bakımından incelenmiş ve üretime uygunlukları araştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında yapılan ön jeolojik incelemelerde Değirmenlik Grubuna bağlı Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının tuğla-kiremit üretimi bakımından elverişli olabileceği değerlendirilmiş, bahse konu sahaların sanayi bölgelerine olan yakınlıkları ve ulaşım olanakları da göz önünde tutularak detay inceleme çalışmaları başlatılmıştır.

Bu amaçla, Dağyolu ve Yılmazköy Formasyonlarının Doğu-Batı yönünde uzanmakta olduğu Geçitkale ile Yılmazköy yerleşim birimleri arasındaki bölge tez çalışması kapsamında üç bölgeye ayrılmış ve her sahayı temsil edecek sayıda numune alınmıştır.

Bu çerçevede; Girne-Lefkoşa anayolunun doğusu ile Değirmenlik-Girne Anayolu'nun batısı I. bölge, Girne-Lefkoşa anayolunun batısı ile Yılmazköy'e kadar olan bölge II. bölge ve Değirmenlik-Girne anayolunun batısından Geçitkale yerleşim birimine kadar olan bölge de III. bölge olarak adlandırılmıştır.

Tez çalışmasının ilk aşamasında konuya ilişkin literatür taraması yapılmış ve benzer çalışmalar detaylıca incelenmiştir. Ardından çalışma sahası ve numune alınan yerler jeolojik olarak incelenmiştir. Daha sonra yukarıda belirtilen üç bölge içerisinden sahayı temsil edecek aralıklarla; hammadde analizlerinde ve laboratuar üretimlerinde kullanılacak miktarda örnek alınarak çeşitli fiziksel, kimyasal, mineralojik, ısıl ve mekanik analizler gerçekleştirilmiştir.

Analiz çalışmaları iki farklı amaçla sürdürülmüş olup birinci olarak hammadde sahalarının karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, ikinci olarak ise bu sahalardan üretilecek olan tuğla bünyelerinin kalite özelliklerinin ortaya konması olarak seçilmiştir.

Hammadde analizleri kapsamında sahadan alınan numunelerin rutubet miktarları, kızdırma kayıpları, yaş elek analizleri ve yaş elek analizlerine bağlı olarak iri tanelerin cinsleri belirlenmiş, hammadde içerisinde kalsit ve organik madde bulunup bulunmadığı değerlendirilmiştir. Ayrıca, hammaddeler plastiklik suyu ve kıvam limitleri açısından da analiz edilmiştir. Buna göre hammaddelerin %3-8 arasında rutubete sahip olduğu ve %15-23 arasında kızdırma kaybı bulunduğu tespit edilmiştir.

Hammaddeler üzerinde gerçekleştirilen ısıl ve mineralojik analizlerde malzemenin smektitik yapılı killerden oluştuğu ve kalsit, kuvars gibi mineraller yanında sulu silikatlar olan Nontronit [$Fe,AlSi_2O_5(OH)H_2O$], Klinoklor [$(Mg.Fe^{+2})5Al(Si_3Al)O_{10}(OH)_8$] ve Paligorskit [$Mg_5Si_8O_{20}(OH)_28H_2O$] gibi minerallerden oluştuğu ortaya konmuştur.

Sahalardan alınan numunelerin kimyasal analizlerinde hammaddelerin %16-30 arasında değişen oranlarda CaO, %12-15 arasında Fe_2O_3 ve %10-15 arasında ise Al_2O_3 içerdiği belirlenmiştir. Kuzey Kıbrıs'ta tuğla üretiminde yaşanan sorunların başında gelen pişme sırasında çatlama ve nihai ürün üzerinde görülen çiçeklenme gibi problemlerin hammaddenin kimyasal bileşiminde belirlenen karbonatlı bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı şekilde nihai ürünün renk doygunluğunun düşük sıcaklıklarda açık kiremidi, açık kahve tonlarında oluştuğu, sıcaklığın artmasıyla ürün renklerinin açıldığı belirlenmiştir. Bunun da karbonatlı bileşiklerin varlığı ile ilgili olduğu ve düşük sıcaklıklarda tuğlaya rengini veren hematit gibi bileşiklerin sıcaklık arttıkça kalsiyumca zengin bileşikler tarafından absorbe edilmesi sebebiyle ortaya çıktığı değerlendirilmektedir. Bu bulgu SEM görüntüleri ve EDX analizleri ile de desteklenmektedir.

Sahalardan alınan 32 adet numunenin 30'u ile tuğla bünyeleri üretilmiş 2 adet numune (DF-22 ve YF-1) kurutma sırasında çatlayıp döküldüğü için üretimde kullanılamamıştır.

Tuğla bünyeleri üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı analizlerinde bölgeler arasında farklılıklar olsa da en uygun pişirme sıcaklığının 900 °C olduğu

tespit edilmiştir. Su emme açısından değerlendirildiğinde ise sıcaklığın artmasına bağlı olarak su emme oranının da arttığı ve %18 ile % 25 arasında bir sonuç verdiği tespit edilmiştir.

30 adet numuneden üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları dikkate alınarak basınç dayanımı düşük sonuçlar veren örnekler tuğla tozu, kuvars kumu ve hidroklorik asit katkısı ile geliştirilmeye çalışılmış ancak başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Doğal hammadde içerisine %10 oranında karıştırılan katkı malzemeleri ile üretilen örneklerin basınç dayanımları, tez çalışması içerisinde sunulan kaynaklarla tutarlı olarak düşüş eğilimi göstermektedir.

Üç farklı bölgeden alınan 32 adet numunenin 30'undan üretilen tuğla bünyelerinin basınç dayanımları dikkate alınarak jeoistatistik yöntemler kullanılarak kalite kontur haritaları oluşturulmuştur. Numune alımı yapılan Yılmazköy ile Geçitkale yerleşim birimleri arasında Doğu-Batı yönündeki 50 km'lik mesafede 900 °C pişirme sıcaklığı esas alınarak oluşturulan haritalara göre tuğla üretimine en uygun yerleşim birimleri belirlenmiştir. Buna göre; Görneç, Serdarlı, Haspolat köyünün kuzey batısı, Taşkent, Pınarbaşı, Dağyolu, Şirinevler ve Yılmazköy yerleşim birimlerinin tuğla üretimi için en uygun hammadde sahalarına sahip olduğu ortaya konmuştur.

Ülkede halen faaliyetlerini sürdürmekte olan iki adet tuğla fabrikasının hammadde temin ettiği sahaların lokasyonları kalite kontur haritaları üzerine işlenmiş ve bu bölgeden alınan malzemelerin kalite uygunlukları bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çerçevede tuğla üretimi için hammadde alınan sahaların en düşük basınç dayanımı verebilecek yerler içerisinde bulunduğu bunun da fabrikalarda yaşanmakta olan ikinci kalite ve fire oranlarının yüksek değerlerde seyretmesini açıklar nitelikte olduğu değerlendirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında sürdürülen çalışmalar TS 4790 (1986) (Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu) standardı esas alınarak sürdürülmüş, gerek hammadde gerekse hammaddelerden üretilen tuğla bünyeleri üzerinde uygulanan analizler literatürde yer alan testlerle de zenginleştirilmiştir. Yapılan analiz

çalışmaları neticesinde elde edilen bulguların bu çalışmanın parametreleri içerisinde geçerli olduğu not edilmelidir.

Bu çerçevede çalışmalarda kullanılan kül fırınının küçük bir hacme sahip olması sebebiyle indirgeyici bir fırın atmosferi oluşturduğu, bunun da üretilen örneklerin özellikleri bakımından negatif etkiler yarattığı düşünülmektedir. Bu bakımdan sanayide kullanılan endüstriyel ölçekli fırınlarda üretilecek ürünlerin gerek fırın atmosferi sebebiyle gerekse üretim süresinin daha uzun bir zaman diliminde ve daha istikralı bir sıcaklık aralığında gerçekleştirilecek olması sebebiyle ürünlerin mekanik özelliklerinin olumlu yönde gelişeceği düşünülmektedir.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen bulgular, sanayinin ve kamu kurumlarının faydalanabileceği unsurlar içermektedir. Hammadde özelliklerinin karakterize edilmesi ve pişirme sıcaklıklarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı sonuçlarına göre oluşturulan kalite kontur haritaları tuğla üretimi amacıyla ruhsatlandırılacak olan ocak sahalarının yer seçimlerinde kullanılabilecektir. Bu bakımdan Kuzey Kıbrıs'ta bu çalışmaları sürdürmekle görevli kamu kurumu olan Jeoloji ve Maden Dairesi'nin uygulayacağı idari işlemlerde yararlanabileceği bir çalışma olduğu söylenebilir. Öte yandan tez kapsamında sürdürülen çalışmalarda esas alınan TS 4790 (1986) kodlu standardın günümüzde ulaşılan yeni teknolojik olanaklar ve analiz imkanları çerçevesinde güncellenmesi gerektiği düşünülmektedir. Özellikle pişirmede kullanılacak fırın özelliklerinin standardize edilmesi ulaşılacak bulguların daha sağlıklı bir biçimde ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır.

Kuzey Kıbrıs'ta gerçekleştirilen tuğla üretiminde karşılaşılan problemler açısından değerlendirildiğinde en önemli sorunun yüksek fire ve ikinci kalite oranları olduğu görülmektedir. Bu sorunun ortaya çıkmasındaki temel faktörün hammaddelerin kimyasal ve mineralojik bileşimlerinden kaynaklandığı bunun da karbonatlı bileşiklerle açıklanabileceği düşünülmektedir. Nem ve ısı değişimine karşı duyarlı olan smektitik yapılı killer sebebiyle kurutma esnasında yarı mamul

ürünler üzerinde mikro çatlaklar oluşmakta, bu çatlaklar pişirme esnasında genişleyerek tuğlanın dağılmasına yol açmaktadır. Ayrıca hammaddeler içerisinde bulunan karbonatlı kayaçlar pişirme esnasında kalsiyum okside dönüşmekte pişirme sonrasında ise havadaki nemle reaksiyona girerek kalsiyum hidroksitler oluşarak tuğla bünyesinin çatlamasına veya çiçeklenmesine yol açmaktadır. Hammaddelerin bu özellikleri sebebiyle araştırma konusu killerin kiremit üretiminde değerlendirilmesi uygun değildir. Tuğla üretiminde ise üretimde kullanılacak hammaddenin 1 mm'nin altına öğütülmesi, homojen bir karıştırma yapılması, kurutma işleminin düşük ısılarda ve uzun sürede gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Ülkede halen üretimine devam etmekte olan iki adet tuğla fabrikasında pişirme sıcaklığı olarak kullanılan 850 °C'de hammaddenin henüz faz dönüşümünü tamamlamadığı bunun da ürün kalitesini olumsuz yönde etkilediği değerlendirilmektedir. Bu çerçevede enerji maliyetleri ile ürün satış fiyatı performansının değerlendirilerek pişirme sıcaklığının 900 °C'ye çıkarılmasının yararlı olacağına inanılmaktadır.

Son olarak bundan sonraki araştırmacılara katkı malzemeleri ile geliştirilmeye çalışılan ancak olumlu sonuçlar elde edilemeyen çalışmaların farklı oranlarda ve farklı katkı malzemeleri ile çalışılmaya devam edilmesi önerilmektedir. Özellikle tuğla kırıklarının geri dönüşümü konusunun ilerletilmesi fire ve ikinci kalite olarak ortaya çıkan artıkların kullanımı bakımından önem arz etmektedir. Kuzey Kıbrıs gibi küçük bir coğrafyaya sahip ülkelerde hammadde çeşitliliğinin de kısıtlı olduğundan hareketle atıkların geri dönüşümü konusu gelecekte de önemli olmaya devam edecektir. Bu konuda kamu kurumlarının da mali ve teknik desteğinin sağlanması çalışmaların ilerletilmesi bakımından önemli görülmektedir.

KAYNAKLAR

Akar, A., 1987. Endüstriyel Hammaddeler ve Zenginleştirme Yöntemleri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, MM/MAD-87 EY 142. İzmir, 117-120

Akıncı, Ö., 1968. Seramik Killeri ve Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

Aksin, E., 2007. Endüstriyel Atıkların Tuğla ve Kiremit Üretiminde Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 89 Sayfa.

Alkaravlı, M., 2005. KKTC Kırma Kum-Çakıl Sektörünün Mevcut Genel Durumu, I. Taşocakları Kongresi Bildiriler Kitabı, Lefkoşa, s. 1-17.

Aras, A. ve Pekdemir, D., 2007. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Seramik Hammadde Olanakları, Tuğla Üretimi ve Sorunları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Aras, A., Necdet, M., ve Pakdemir, D., 2005. Kuzey Kıbrıs Değirmenlik Flişi Kayaçlarının Tuğla Üretiminde Kullanılması. 12. Ulusal Kil Sempozyumu, 5-9 Eylül 2005, Van.

Aydın, O., 2007. Termik Santral Atığı Küllerin Yapı Tuğlası Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 87 Sayfa.

Ayta, T., 1985. Seramik Ürünlerde Sınıflama Tarzları, II. Ulusal Kil Sempozyumu, 24-27 Şubat 1985, Bildiriler Kitapçığı, Ankara.

Baroz, F., 1979,Étude géologique dans le Pentadaktylos et la Mesaoria (Chypre septentrionale). 2 vol., 365 pp., Ph.D. thesis, University of Nancy, France.

Baroz, F., Bernoulli, D., Biju-Duval, B., Bizon, G., Bizon, J.J., Letouzey, J., 1978. Correlations of the Neogene formations of the Florence Rise and Northern Cyprus: Paleogeographic and structural implications, Initial Reports of DSDP, 42, 903-926.

Baroz, F., Bızon, G., 1974. Le Néogéne de la chaine du Pentadaktylos et de la partie nord de la Mésaoria (Chypre): Étude stratigraphique et micropaléontologique. Revue de l'İnstitut Français du Petrole, XXIX, 3, 327-359.

Bellamy, C.V., and Jukes-Brown, A.J. 1905. The Geology of Cyprus. William Brendon and Son Ltd., Printers,Plymouth,72 p.

Bideci, A., ve Bideci, Ö., S., 2008. Diyatomit Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Trakya Univ J Sci, 8(2): 69-76, Trakya.

Bilgin, N., Bilgin, A., ve Yeprem, H. A., 2009. Isparta Killerinden Tuğla Üretimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, Afyon.

Blome, C.D. & Irwin, W.P., 1985, Equivalent radiolarian ages from ophiolitic terranes of Cyprus and Oman. Geology, 13, 401-404.

Coşkun, D., N., Kıraç, M., Şahin, A., S., ve Uz, V., 2015. Farklı Kalorilerde Kömür Katkısının Tuğla Bünyesinin Porozitesine Etkisi, 9. Uluslar arası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, 5-20 Eylül 2015, Eskişehir.

Çelik, G., A., 2010. Bor Katkılı Perlit Karışımlarından Hafif Tuğla Üretimi ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü – Doktora Tezi, 317 Sayfa.

Çiçek, Y. E., 2002. Pişmiş Toprak Tuğla, Bims Beton, Gaz Beton ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 112 Sayfa.

Demir, İ., 1996. Afyon Çobanlar Mevkii Killerinin Tuğla Yapımına Uygunluğunun Araştırılması. Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 36s.

Demir, İ., ve Orhan, M., 2001. Pomza Hammaddesinin Tuğla Üretiminde Kullanılması, Türkiye 17. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 19-22 Haziran 2001, Ankara.

Deniz, V., Ünal, S., ve Yağmurlu, F., 1999. Isparta Yöresi Kil Yataklarının Seramiğe Uygunluğunun Araştırılması, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, Bildiriler Kitapçığı, İzmir.

Devlet Planlama Teşkilatı, 2001. "Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Yapı Malzemeleri I (Alçı, Kireç, Kum, Çakıl, Mıcır, Boya Toprakları, Tuğla, Kiremit) Çalışma Grubu Raporu", Ankara.

Dökmen, L., 1989. Salihli ve Turgutlu'dan Alınan Tuğla Kiremit Ham Maddelerine Uygulanan Analizler ve Sonuçları. Dokuz Eylül Üniv. Yay., İzmir, 4-21

Dreghorn, W.,1978. Landforms in the Girne Range, Northern Cyprus. MTA Enstitüsü Yayını No.172, 220 s., Ankara.

Ducloz, C., 1968. Les formations quaternaires de la région de Klépini (Chypre) et leur place dans la chronologie du Quaternaire méditerranéen. Archs Sci. Genéve 20, 123-198.

Ducloz, C., 1972, The geology of the Bellapais-Kythrea area of the central Kyrenia Range, Cyprus geol. Surv. Dept. Bull. 6, 1-75.

Düzgün, H., Ş., 2009. Maden Kapatma Planlaması ve Doğaya Yeniden Kazandırmanın Temel İlkeleri. 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara., s. 1-16.

Eaton, S., Robertson, A., 1993. The Miocene Pakhna Formation, southern Cyprus and its relationship to the neogene tectonic evolution of the Eastern Mediterranean. Sedimentary Geology, 86, 273-296.

Emrullahoğlu, C. B., Karademir, H., ve Emrullahoğlu, Ö. F., 2004. Tuğla Kırıklarının Tuğla Üretiminde Kullanımı, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2004, İzmir.

Ersoy, A. ve Yünsel, T., Y., 2008. Maden Rezerv Hesapları Klasik ve Jeoistatistik Yöntemler, Nobel Kitabevi, Sayfa: 160.

Fınk, M., 1967. Second Report on the Hydrogeology of South-Eastern Mesaoria (U.N. Special Fund Project, Survey of Groundwater and Mineral Resources, Republic of Cyprus). Tahal Water Planning Ltd., Tel Aviv, Israel.

Gaudry, A., 1862. Geologie de I'lle de Chypre.Mem.Soc.Geol.France,7(2),149p.

Güreş, B., 2011. Çatı Kaplama Malzemesi Olarak Kiremitlerin Diğer Kaplama Malzemeleri İle Karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 88 Sayfa.

Hakyemez, H., Y., Turhan, N., Sönmez, İ., 2002. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nin Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Henson, F.R.S., Browne, R.V., Mcginty, J., 1949. A synopsis of the stratigraphy and geological history of Cyprus. Quart.Journ.Geol.Soc.London, 105, 1-41.

İşlek, A., 2010. Bayburt İlinin Bazı Endüstriyel Hammaddelerinin Karakterizasyonu ve Tuğla Kiremit Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 86 Sayfa.

Jenkis, R., Gould, R. W. and Gedcke, D., 1995. Quantitive X-Ray Spectrometry, 2nd Edition, New York Marcel Dekker.

Karaman, D., 2005. Küçük Ada Ekonomileri ve Kuzey Kıbrıs, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı – Yüksek Lisans Tezi, 100 Sayfa.

Karaman, S., 2006. Yapı Tuğlalarında Renk Oluşumu, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, Sayı: 9(1), Sayfa: 125-129.

Kavas, T., ve Arslan, Ö., 2006. Tuğla Endüstrisi Atık Küllerinin Tuğla Üretiminde Yeniden Kullanımı, 6. Uluslar arası Katılımlı Seramik Kongresi, Bildiriler Kitabı, 30 Ekim-1 Kasım 2006, Sakarya.

Kavas, T., ve Önce, G., 2002. Etibor Kırka Boraks İşletmesi Konsantratör Atıklarının Pres Tuğla Üretiminde Ergitici Eleman Olarak Kullanılabilirliği, I. Uluslar arası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sayfa: 219-223, 3-4 Ekim 2002, Kütahya.

Ketin, İ., 1987. Anahatlarıyla Kıbrıs'ın Jeolojisi ve Güney Anadolu İle Bağlantısı-Outlines Of The Geology Of Cyprus And Its Comparison With The Southern Anatolia. Yerbilimleri,14: 207- 229.

Kluyver, H.M., 1967. Progress report on the geological mapping of the central eastern Kyrenia Range, Geol. Surv. Dept. Cyprus, Nicosia.

Knup, P.E., & Kluyver, H.M., 1969. Geological map of the Central Kyrenia Range to accompany unpublished Mem. Geol. Surv. Dept. Cyprus, 9.

Korkmazcan, N., 2012. Meserya (KKTC) Ovasının Hidrojeolojik İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 270 Sayfa.

Köktürk, U., 2002. Endüstriyel Hammaddeler. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 205. İzmir, 222-228 ve 250-254.

Köseoğlu, K., Bayça, S., U. ve Çiçek, T.,2008. Tuğla Atığının Tuğla Üretiminde Değerlendirilmesi, CBÜ Soma Meslek Yüksek Okulu, Teknik Bilimler Dergisi, Yıl: 2008, Cilt: 1, Sayı: 9.

Kuş, L., 2015. Kil Mineralojisinin ve Kimyasal Katkıların Killerin Dayanım Özelliklerine Etkisi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 241 Sayfa.

Malayoğlu, U., ve Akar, A., 1995. Killerin Sınıflandırılmasında ve Kullanım Alanlarının Saptanmasında Aranan Kriterlerin Belirlenmesi, I. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 21-22 Nisan 1995, Bildiriler Kitapçığı, İzmir.

Mantıs, M., 1970. Upper Cretaceous-Tertiary foraminiferal zones in Cyprus. Epithris, 3: 227-241.

Mccallum, J.E. & Robertson, A.H.F., 1995a. Late Pliocene-early Pleistocene Athalassa Formation, north central Cyprus: carbonate sand bodies in a shallow seaway between two emerging landmass. Terra Nova, 7, 265-277.

Mccallum, J.E. & Robertson, A.H.F., 1995b. Sedimentology of two fan-delta systems in the Pliocene-Pleistocene of the Mesaoria Basin, Cyprus. Sedimentary Geology, 98, 215-244.

Mor, A., ve Çitci, M. D., 2006. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Ekonomik Etkinlikler, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt 16, Sayı 1, Syf 33-61, Elazığ.

Munsuz, N., 1983. Kil Minerallerinin Teşhisinde Kullanılan Yöntemler, I. Ulusal Kil Sempozumu, 21-26 Şubat 1983, Bildiriler Kitapçığı, Adana.

Murray, H.H., 1996. Common Clay. Industrial Minerals and Rocks, 6.Edition (Senior editor carr,D.D), P: 247-248.

Müdüroğlu, M., ve Atak, S., 1999. Tuğla Kiremit Yapımında Kullanılan Kil Hammaddelerinin Özelliklerinin İncelenmesi, 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 14-15 Ekim 1999, Bildiriler Kitapçığı, İzmir.

Müdüroğlu, M.,1999. Tuğla Yapımında Kullanılan Kil Ham Maddelerin Özelliklerinin İncelenmesi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 101s.

Müftüoğlu, M., 1983. Tuğla ve Kiremit Üretiminde Girdiler (Ham Maddeler). Standart Ekonomik Teknik Dergisi (Özel sayı) (35), Ankara, 22.

Nazik, L., Özel, E., Törk, K., Tuncer, K., Acar, C., Çınar, F., Kutlay, H., Doğan, A, Z., 2004. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Mağaraları I, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Necdet, M., 2002. Kuzey Kıbrıs Jips Yatakları, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Doktora Tezi, 329 Sayfa.

Ogle, D., 2003. Making Lightweight Refractory Ceramic From Perlite and Clay, Aprovecho Research Center, p;2-7.

Orhun, O., 1964. İnşaat Tuğlası ve Kiremit İmaline Elverişli Toprakların Tanınması, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

Otantik Kıbrıs Ürünlerini Yaşatma Ve Tanıtma Derneği, 2006. Eski Meslekler, Eski Ustalar, 2. Baskı, Lefkoşa.

Özbek, K., Çakı, M ve Ay, N., 2001. Pişmiş Toprak Bünyelerde CaO ve Fe_2O_3'ün Etkileri, I.Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu. Eskişehir, 145-151.

Panayıotou, A., 1983. The Cyprus Crustal Study Project, Ofioliti, 8 (3), Nicosia, P: 373-376.

Pancar, Y., 2001, Tuğla-Kiremit Endüstrisinde Pişmiş Atıkların Yeniden Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması. Anadolu Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir 105s.

Pantazıs, T.M., 1967. The geology and mineral resources of the Phamakas-Kalavassos area. Mem. geol. Surv. Cyprus, 8, 120 pp.

Reed, F.R.C., 1929-1930. Contributions to the Geology of Cyprus,Part 2:The Tertiary formations,Ibid,17: 241 p.

Robertson, A.H.F. & Hudson, J.D., 1974. Pelagic sediment in the Cretaceous and Tertiary history of the Troodos Massif, Cyprus. In: Hsü, K.J. and Jenkyns, C.H. (eds.), Pelagic Sediments on the Land and under the Sea. International Association of Sedimentologists. Special Publication, 1, 403-436.

Robertson, A.H.F., 1976. Pelagic chalks and calciturbidites from the Lower Tertiary of the Troodos Massif. Jour. Sed. Petrol., 46, 1007-1016.

Robertson, A.H.F., 1977a. The Kannaviou Formation, Cyprus: volcaniclastic sedimentation of a probable Late Cretaceous volcanic arc. Journal of the Geological Society, London, 134, 269-292.

Robertson, A.H.F., 1977b. Tertiary uplift history of the Troodos massif, Cyprus. Geol.Soc.Am. Bull., 88, 1763-1772.

Robertson, A.H.F., Xenophontos, C., 1993. Development of concepts concerning the Troodos ophiolite and adjacent units in Cyprus. In: H.M.Prichard, T.Alabaster, N.B.W.Harris ve C.R.Neary (eds.), Magmatic Processes and Plate Tectonics. Geological Society Spec.Publ. No.76, 85-119.

Skoog, D., A., Holler, F., J., And Nieman, T. A., 1998. Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Harcourt Brace College Publishers, USA.

Sönmez, E., Ve Yorulmaz, S., 1995. Kırka Boraks İşletmesi Artık Killerinin Tuğla Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması, I. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 21-22 Nisan 1995, Bildiriler Kitapçığı, İzmir.

Söylemez, K., Demir, A., Onar, A.,2011. F., Pişme Sıcaklığının Tuğlanın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sayı: 7.2, Sayfa: 71-80.

Şafaklı, O., ve Özdeşer, H., 2002. KKTC Ekonomisinin Genel Analizi, Doğuş Üniversitesi Dergisi, Sayı 5, Syf 151-171, İstanbul.

Tanaçan,L., 1993. Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 166 s.

Temur, S., 2001. Endüstriyel Hammaddeler. Çizgi Kitabevi Yayınları, Konya.

Türk Standartları Enstitüsü, 1978. TS 3245, Beyaz Seramik Yapımında Kullanılan Killerde Rutubet ve Kızdırma Kaybı Mikratları Tayini İçin Kimyasal Analiz Metotları, Ulusal Standart, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, 1986. TS 4790, Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu, Ulusal Standart, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, 2015. Ts En 771-1+A1, Kagir Birimler-Özellikler, Bölüm 1: Kil Kagir Birimler (Tuğlalar), Ulusal Standart, Ankara.

Ulusoy, A., 2008. Uçucu Kül, Tekstil Fabrikası Atık Külü ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 149 Sayfa.

Uzuner, B, A, 2014. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, Trabzon.

Weıler, Y., 1967. The Miocene Kythrea Flysch Basin in Cyprus. Giornale di Geologia, 2, XXXV, IV, 213-229.

Wılson, R.A.M., 1959. The Geology of the Xeros-Troodos Area. Cyprus Geological Survey Department Memoir, 1.

Yaman, S., ve Anıl, M., 1985. Çukurova Bölgesi Önemli Kil Yataklarının Tuğla-Kiremit Hammaddesi Olarak İncelenmesi. II. Ulusal Kil Sempozyumu, 24-27 Şubat 1985, Bildiriler Kitapçığı, Ankara.

Yarar, İ. Y., 2006. Kiremitlerin Fiziksel Özelliklerinin İyileştirilmesinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 99 Sayfa.

Yıldırım, M., 1996. Toprak Sanayinde Hammadde Sorunları, Üretimde ve Üretim Sonrası Kalite Kontrolleri. Tuğla ve Kiremit Endüstrisi Derg., Yıl 1, Sayı 2, İzmir, 20-27.

Yılmaz, S, G., 1994. Kılıçlı (Şile-İstanbul) Killerinin Jeokimyasal, Mineralojik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü – Yüksek Lisans Tezi, 244 Sayfa.

http://tukder.org.tr/site/wp-content/uploads/2014/02/tugla-ve-kiremit.pdf (Erişim tarihi: 13 Mart 2016).

http://www.turgutlutuglasi.org/index.asp?mode=bulten&id=114 (Erişim tarihi: 18 Nisan 2016)

http://www.ozteknikmakina.com/index.asp?page=products&main=25 (Erişim tarihi: 18 Nisan 2016).

ÖZGEÇMİŞ

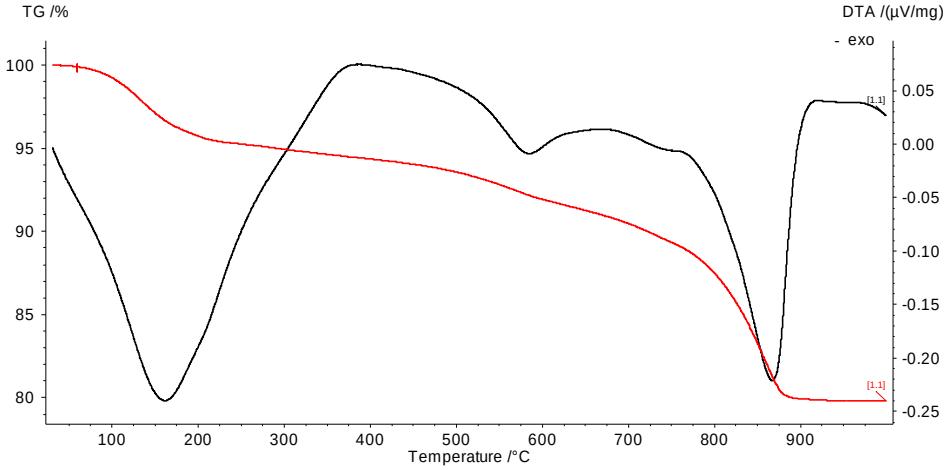
5 Şubat 1984 tarihinde Girne'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimimi Girne'de tamamladı. 2002 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 yılında Açık Ocak Madenciliği Sırasında Bozulan Sahaların Yeniden Düzenlenmesi ve KKTC'de Bazı Uygulamalar başlıklı yüksek lisans tezini tamamlayarak doktora eğitimine başladı. 2014 yılından beridir Kıbrıs Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne bağlı Yerbilim Mühendisleri Odası'nın başkanlığını yürütmektedir, halen bu görevine devam etmektedir.

EKLER

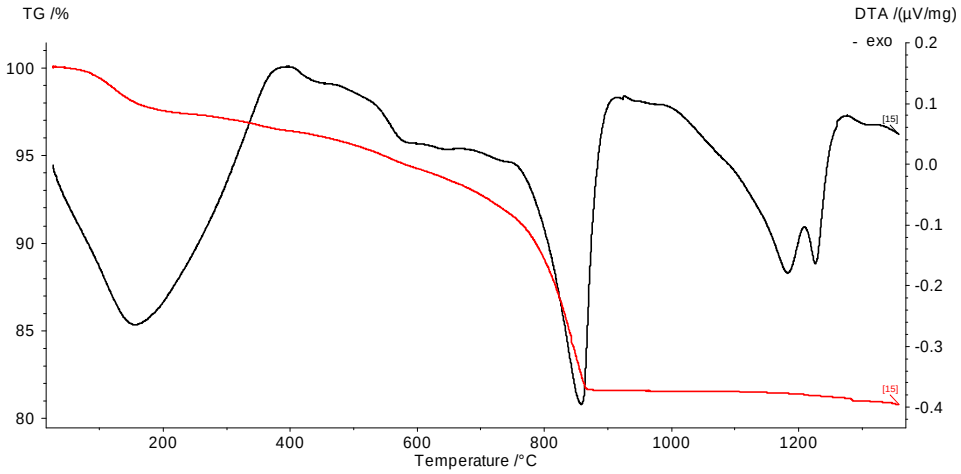
EK-1

TG-DTA GRAFİKLERİ

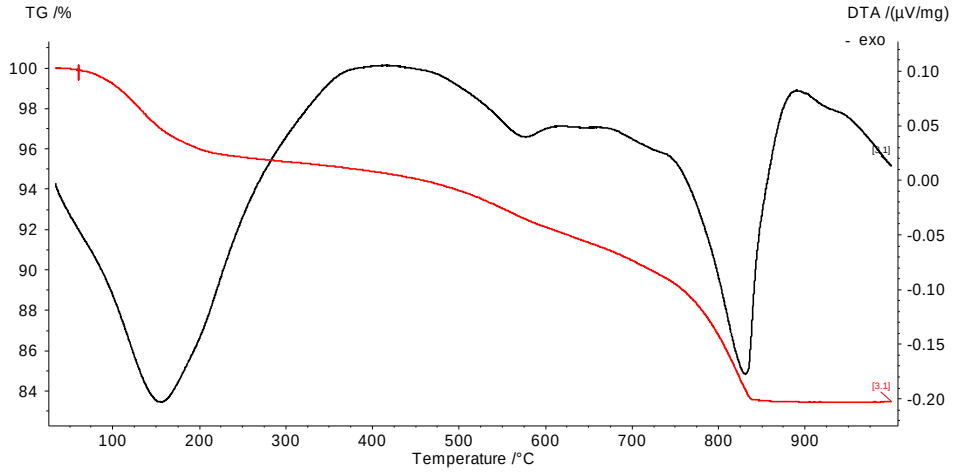
DF-3



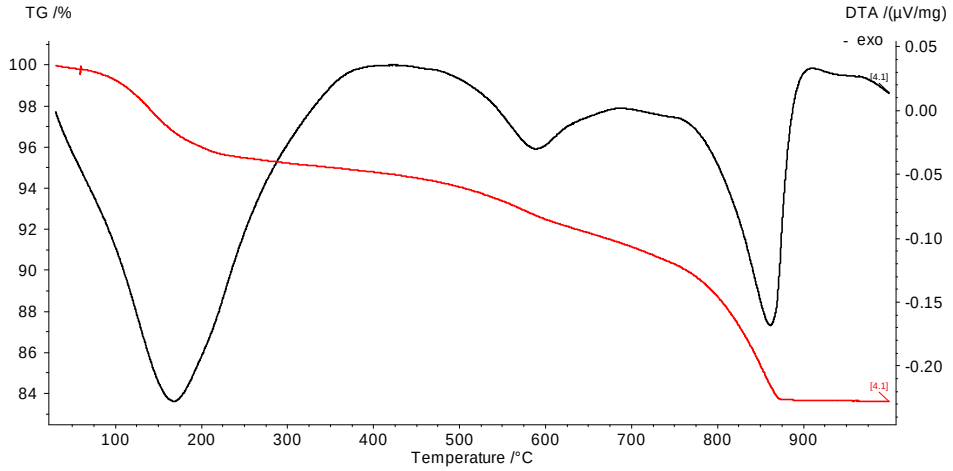
DF-4



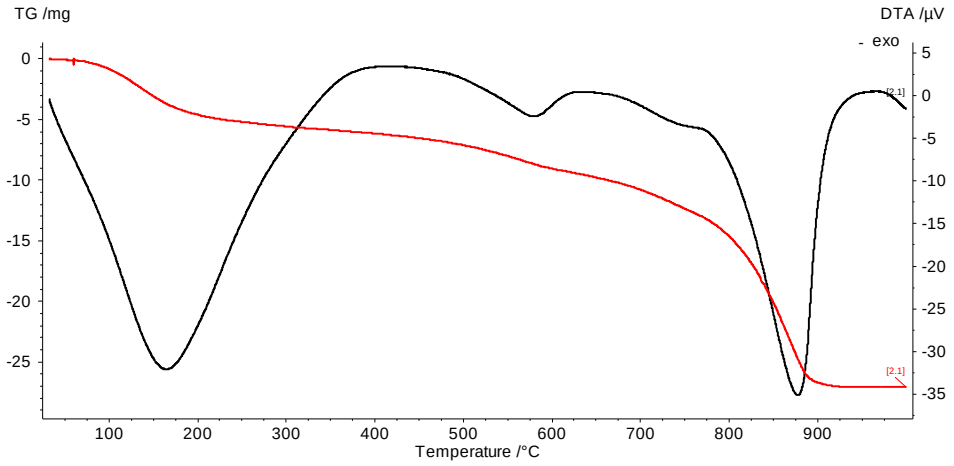
DF-13


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[3.1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

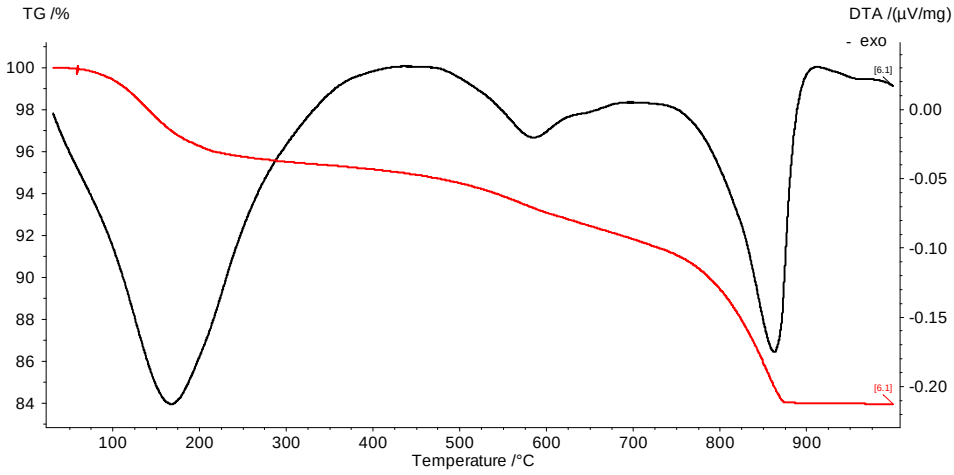
DF-14


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[4.1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

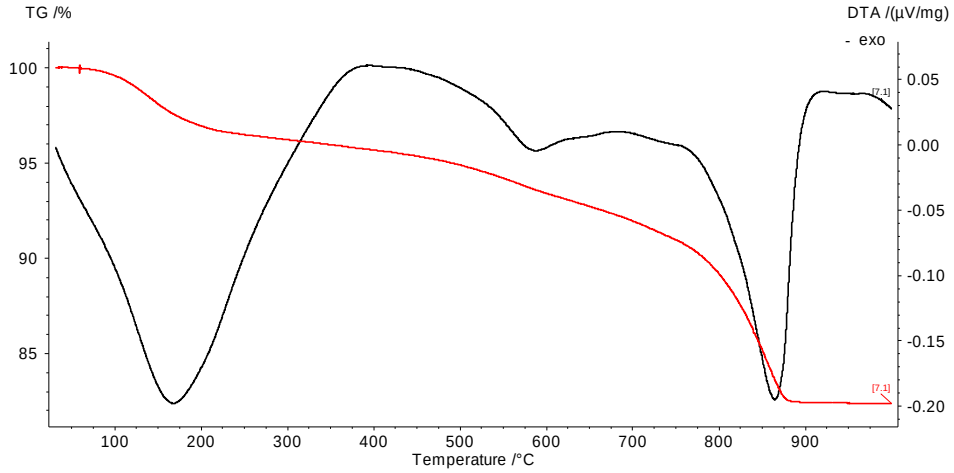
DF-16


TG /mg
DTA /µV
- exo
0
-5
-10
-15
-20
-25
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
[2,1]
[2,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

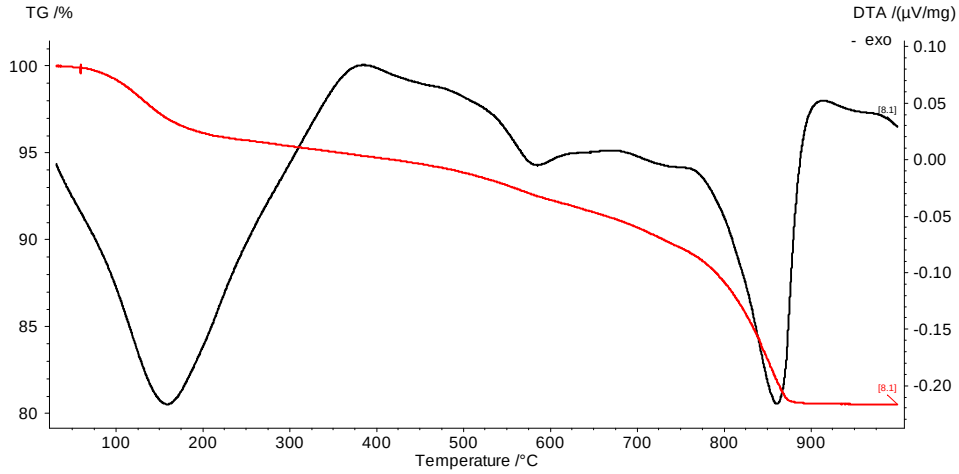
DF-18


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[6,1]
[6,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

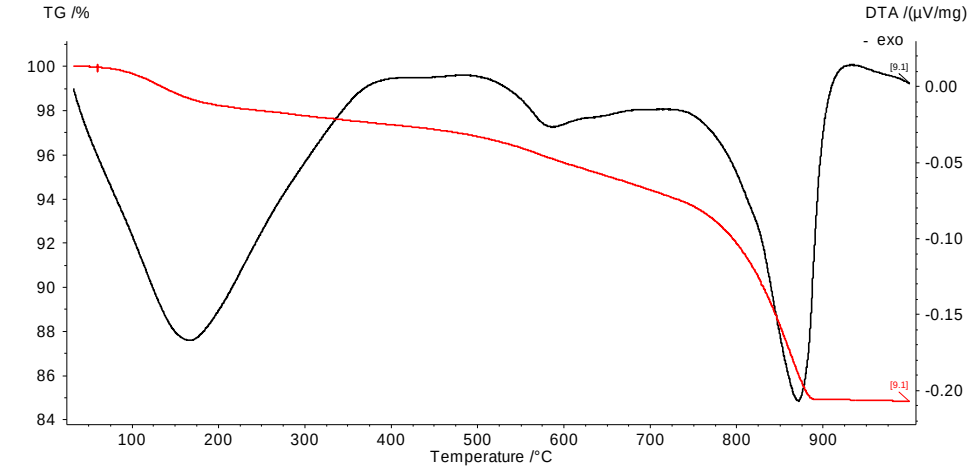
DF-19


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
95
90
85
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[7,1]
[7,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

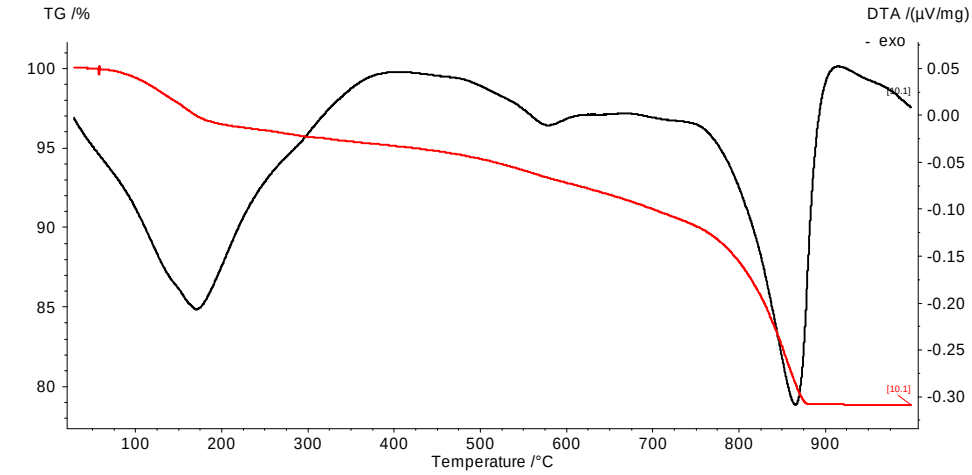
DF-20


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
95
90
85
80
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[8,1]
[8,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

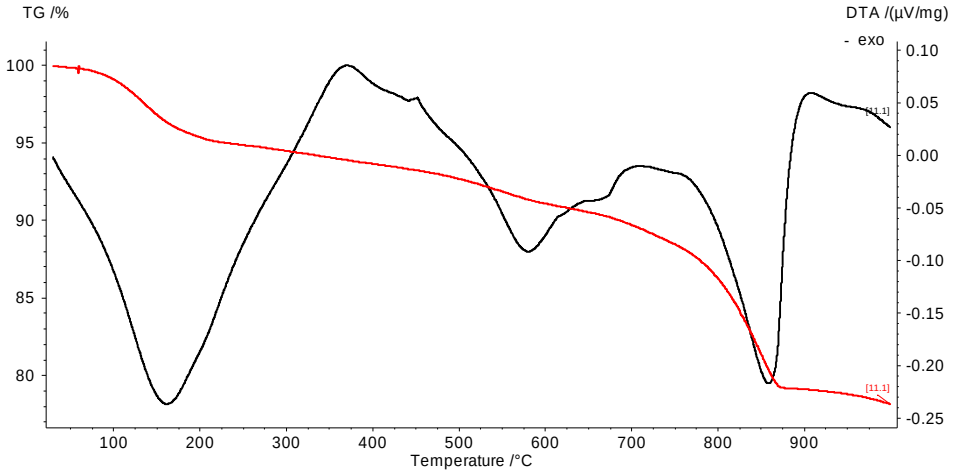
DF-21


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[9,1]
[9,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

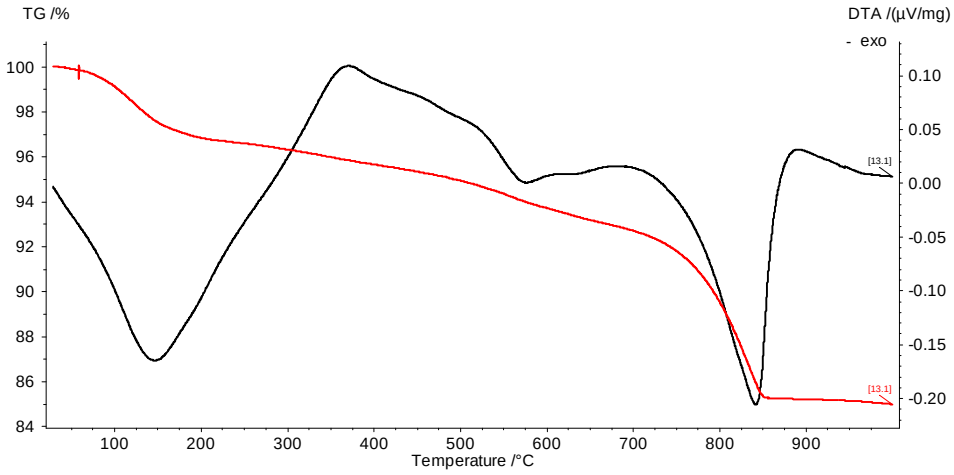
DF-22


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
95
90
85
80
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
-0.25
-0.30
[10,1]
[10,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

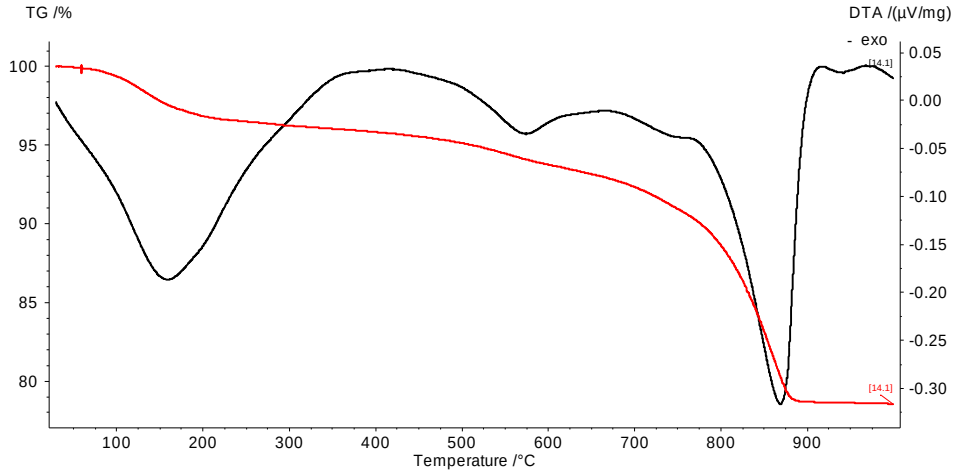
DF-23


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
95
90
85
80
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
-0.25
[11,1]
[11,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

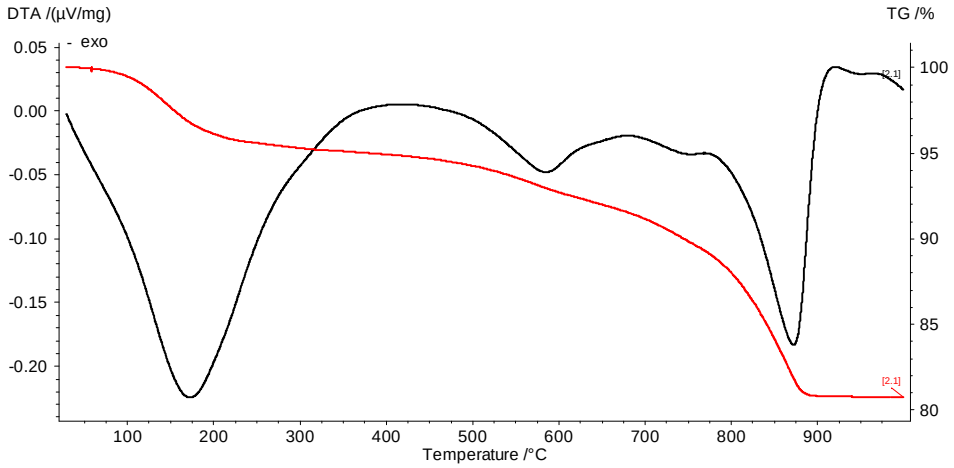
DF-26


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[13,1]
[13,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

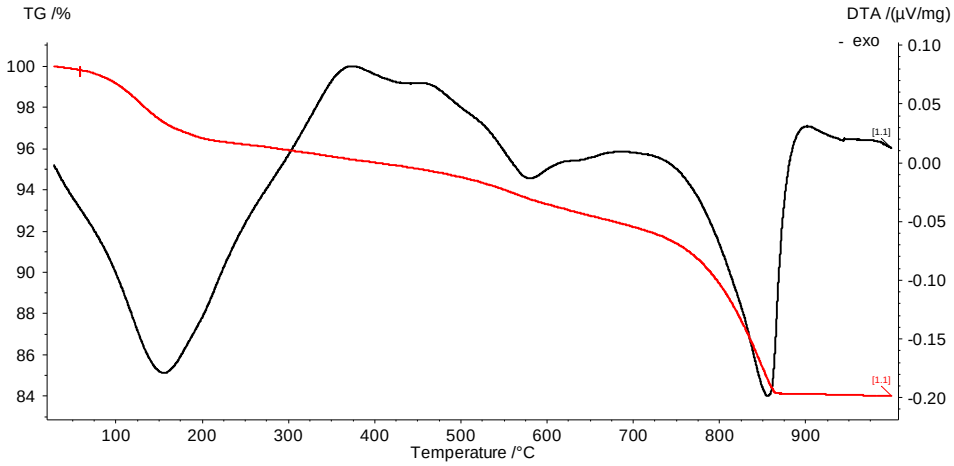
DF-27


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
95
90
85
80
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
-0.25
-0.30
[14.1]
[14.1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

DF-28


DTA /(µV/mg)
TG /%
- exo
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
100
95
90
85
80
[2.1]
[2.1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

DF-30


TG /%
DTA /(µV/mg)
- exo
100
98
96
94
92
90
88
86
84
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.20
[1,1]
[1,1]
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Temperature /°C

EK-2

XRF Sonuçları
Birinci Bölge

Numune Kodu	Na_2O %	MgO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	SO_3 %	K_2O %	CaO %	TiO_2 %	MnO %	Fe_2O_3 %	NiO %	CuO %	ZnO %	SrO %	V_2O_5 %	Cr_2O_3 %
DF-1	0,94	4,10	13,00	43,40	0,081	1,74	22,70	1,183	0,236	12,37	0,018	0,033	0,018	0,18	-	-
DF-2	0,80	4,80	12,70	43,10	-	1,71	23,40	1,072	0,274	11,86	0,032	0,033	0,016	0,17	-	-
DF-3	0,60	3,80	12,20	40,00	-	2,22	24,40	1,200	0,208	14,94	-	0,048	0,024	0,24	0,084	0,082
DF-4	0,40	4,10	12,20	40,90	-	1,80	26,70	1,044	0,190	12,30	0,036	0,041	0,019	-	0,068	0,120
DF-5	0,91	5,70	12,90	41,70	0,119	1,87	23,70	1,040	0,160	11,534	0,025	0,035	0,020	0,118	0,067	0,069
DF-6	0,70	4,90	13,40	43,70	-	2,11	21,20	1,025	0,178	12,35	0,039	0,039	0,021	0,15	0,071	0,069
DF-7	0,60	3,70	11,68	39,50	-	2,10	25,00	1,168	0,353	15,45	0,046	0,047	0,023	0,23	0,082	0,067
DF-8	0,50	4,70	13,40	44,40	-	2,13	20,10	0,986	0,150	12,60	0,040	0,039	0,022	0,51	0,072	0,060
DF-9	0,80	4,80	13,00	43,60	-	2,07	21,90	1,035	0,180	12,29	0,038	0,039	0,020	0,19	0,070	0,068
DF-10	0,50	4,00	12,10	40,60	-	2,31	24,20	1,132	0,203	14,53	0,047	0,045	0,024	0,25	0,080	0,073
DF-11	0,79	4,90	13,90	45,50	-	1,82	20,60	1,036	0,161	10,897	0,027	0,030	0,014	0,14	0,069	0,088
DF-12	0,60	4,40	13,00	43,30	-	1,83	21,80	1,055	0,192	13,47	0,029	0,038	0,019	0,18	0,072	0,077
DF-13	0,70	4,90	14,30	45,50	-	2,56	16,40	1,137	0,192	13,89	0,047	0,044	0,025	0,14	0,080	0,070
DF-14	0,77	5,20	14,60	46,60	-	2,03	16,20	1,082	0,187	13,01	0,033	0,043	0,023	0,119	0,075	0,065
DF-15	-	5,00	14,30	46,40	-	2,17	16,50	1,055	0,215	14,02	0,041	0,038	0,021	0,15	0,069	0,065
DF-16	0,60	4,10	12,80	39,20	-	1,98	26,90	1,038	0,286	12,70	0,025	0,036	0,022	0,20	0,078	0,058

XRF Sonuçları
İkinci Bölge

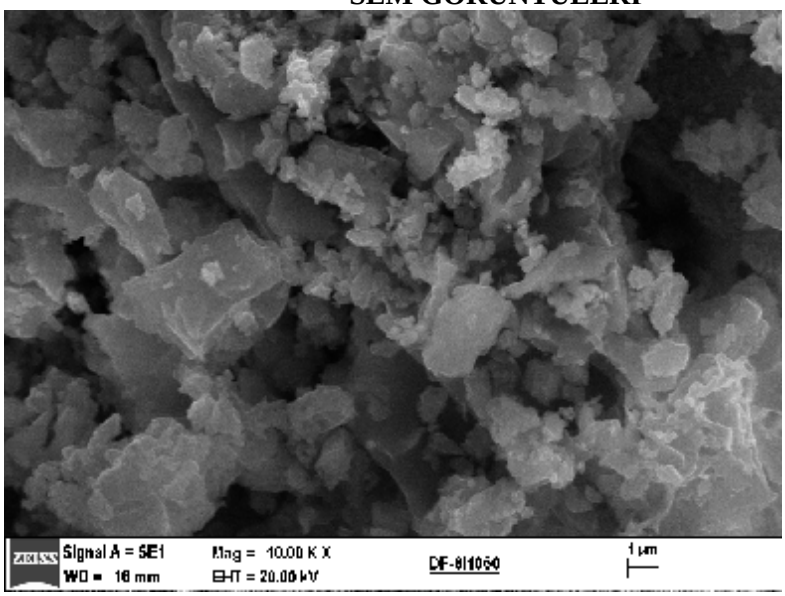
Numune Kodu	Na_2O %	MgO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	SO_3 %	K_2O %	CaO %	TiO_2 %	MnO %	Fe_2O_3 %	NiO %	CuO %	ZnO %	SrO %	V_2O_5 %	Cr_2O_3 %
DF-17	0,70	4,5	13,1	44,6	-	2,24	18,40	1,145	0,17	14,63	0,047	0,047	0,025	0,15	0,077	0,075
DF-18	-	4,8	14,0	47,7	-	2,16	17,2	1,072	0,16	12,56	0,041	0,041	0,021	0,13	0,075	0,072
DF-19	0,70	4,2	12,8	43,0	-	2,16	21,7	1,115	0,221	13,70	0,040	0,041	0,020	0,17	0,077	0,072
DF-20	0,70	3,4	10,66	36,0	-	2,28	26,80	1,34	0,309	17,97	0,049	0,056	0,026	0,32	0,095	0,092
DF-21	0,88	3,8	12,20	42,1	-	1,71	24,60	1,125	0,220	12,87	0,027	0,037	-	0,23	0,073	0,089
DF-22	0,60	3,9	12,1	40,5	-	2,05	26,5	0,939	0,242	12,54	0,039	0,035	-	0,48	0,069	0,070
YF-1	-	3,8	11,53	39,1	-	1,52	29,0	1,174	0,22	12,8	0,026	0,039	0,022	0,25	0,070	0,100

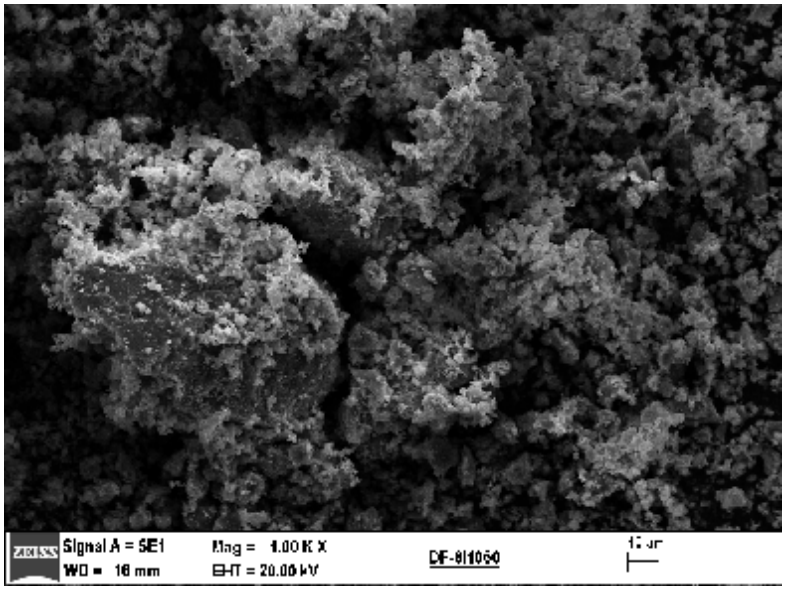
XRF Sonuçları
Üçüncü Bölge

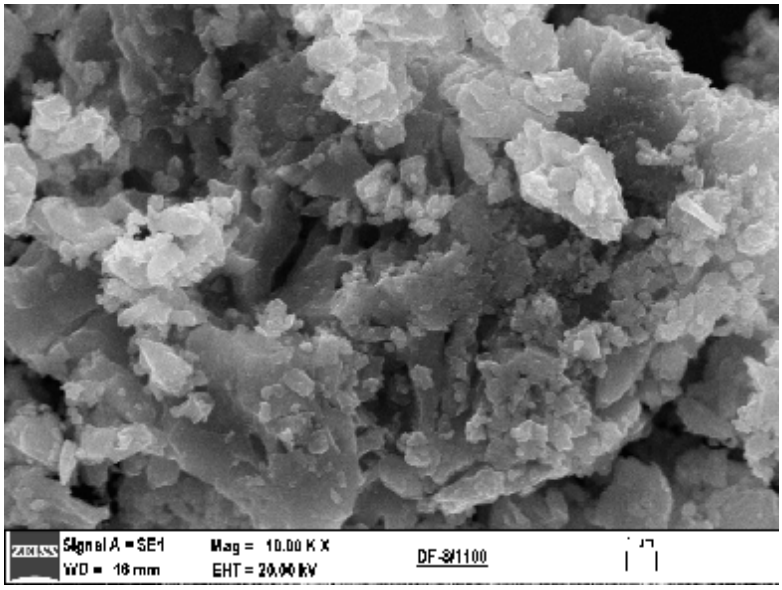
Numune Kodu	Na_2O %	MgO %	Al_2O_3 %	SiO_2 %	SO_3 %	K_2O %	CaO %	TiO_2 %	MnO %	Fe_2O_3 %	NiO %	CuO %	ZnO %	SrO %	V_2O_5 %	Cr_2O_3 %
DF-23	0,60	4,3	13,4	44,0	-	2,21	21,3	1,018	0,17	12,45	0,034	0,036	0,023	0,16	0,068	0,070
DF-24	0,50	4,0	13,0	42,2	-	2,21	23,1	1,059	0,237	13,22	0,037	0,044	0,022	0,18	0,075	0,067
DF-25	0,70	4,4	12,7	44,5	-	2,09	20,5	1,134	0,203	13,30	0,043	0,040	0,023	0,28	0,075	0,088
DF-26	0,91	4,3	12,8	45,5	-	1,75	19,5	1,28	0,183	13,36	0,035	0,039	0,018	0,17	0,083	0,096
DF-27	0,70	3,9	11,81	38,2	-	1,81	29,78	0,998	0,250	12,0	0,027	0,034	0,019	0,22	0,071	0,065
DF-28	0,84	4,4	13,0	42,2	-	2,03	22,6	1,056	0,230	13,20	0,032	0,038	0,023	0,19	0,078	0,063
DF-29	0,60	4,9	13,7	45,6	-	1,98	18,6	1,050	0,178	12,95	0,038	0,041	0,020	0,15	0,078	0,079
DF-30	0,70	4,4	13,0	46,0	-	1,89	19,1	1,198	0,184	12,95	0,033	0,039	0,020	0,16	0,081	0,084
DF-31	0,93	4,8	13,7	45,6	-	1,96	18,3	1,108	0,198	12,98	0,035	0,035	0,020	0,14	0,074	0,077

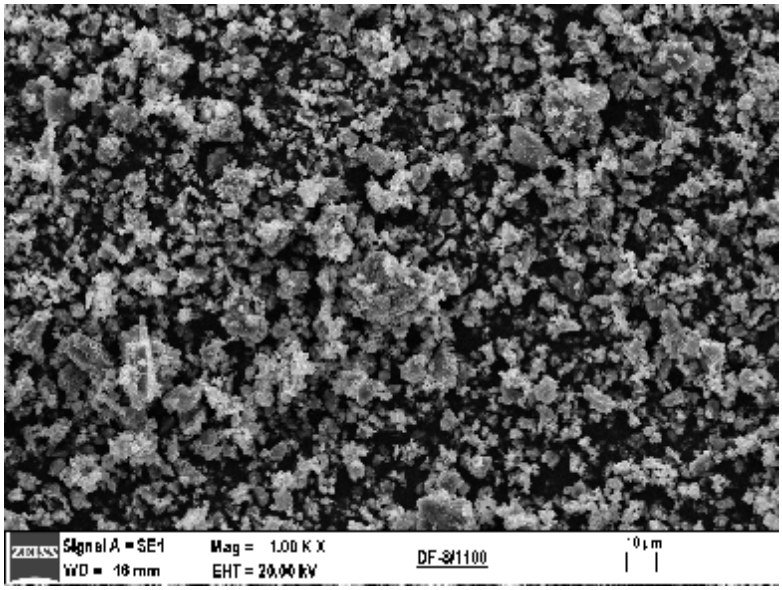
EK 3

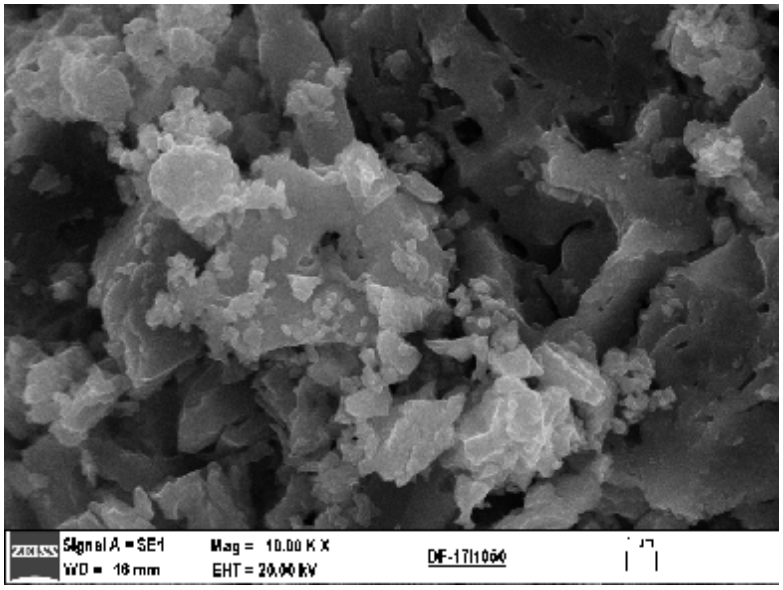
SEM GÖRÜNTÜLERİ

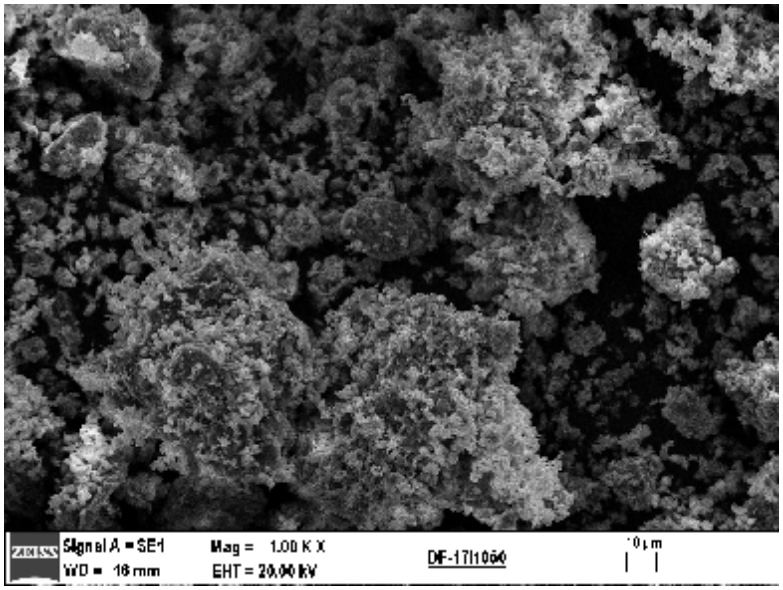


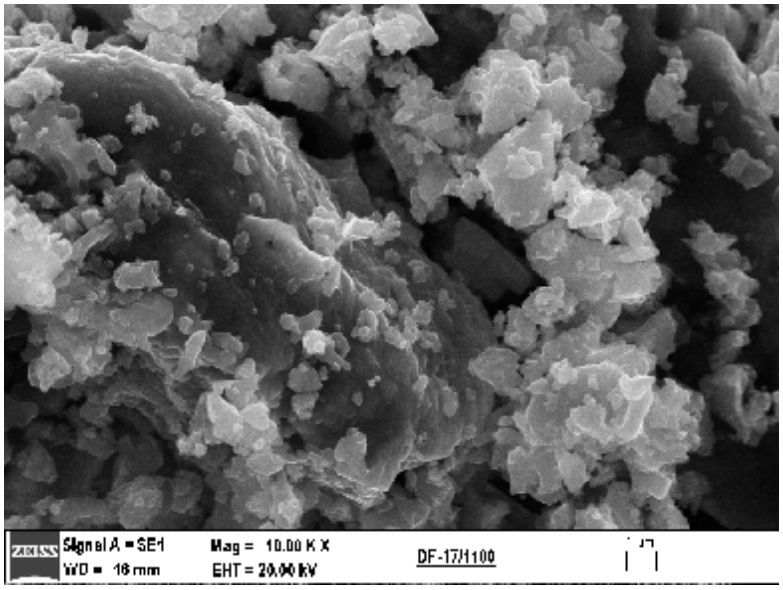


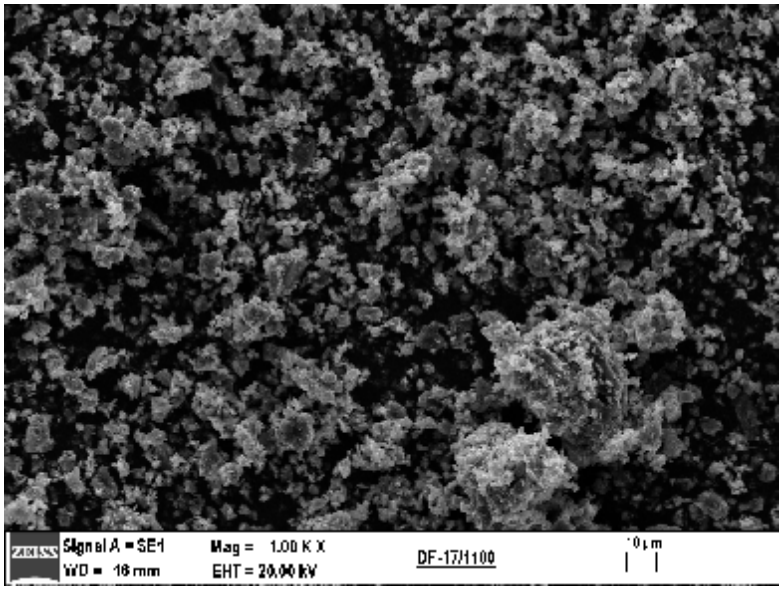

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 10.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-SM1100

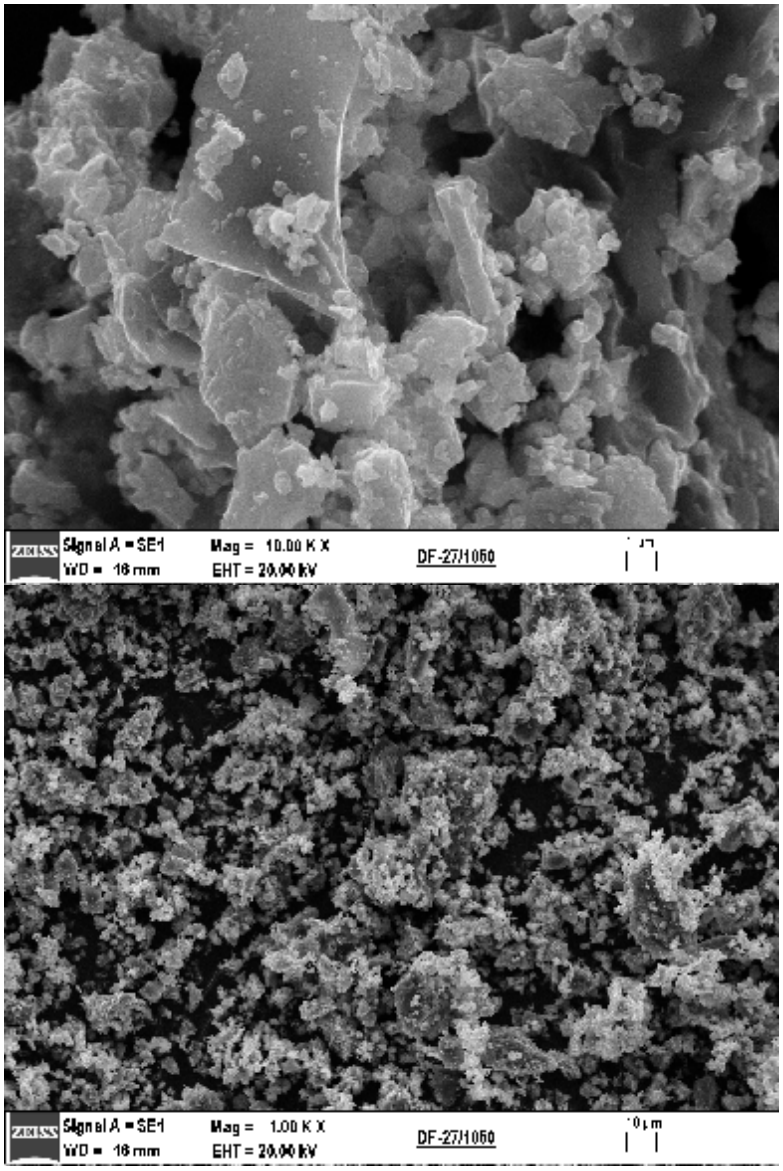

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 1.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-SM1100

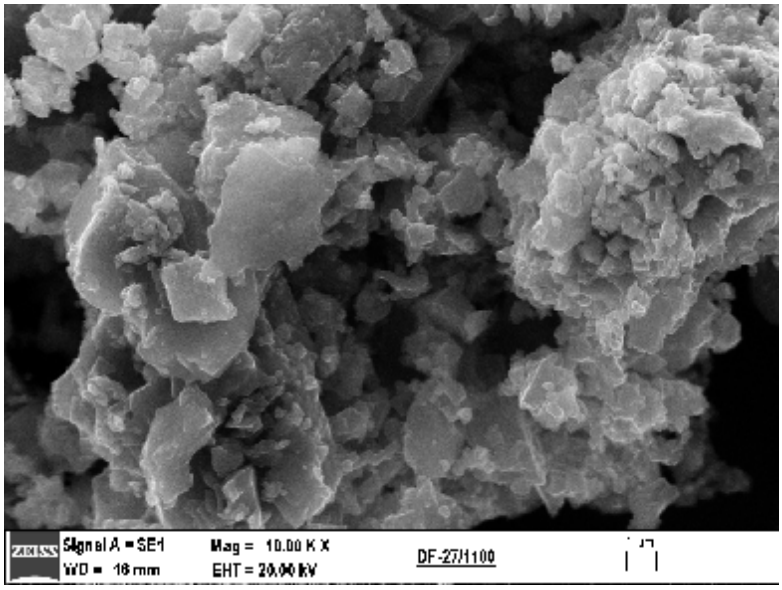

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 10.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-17I1060

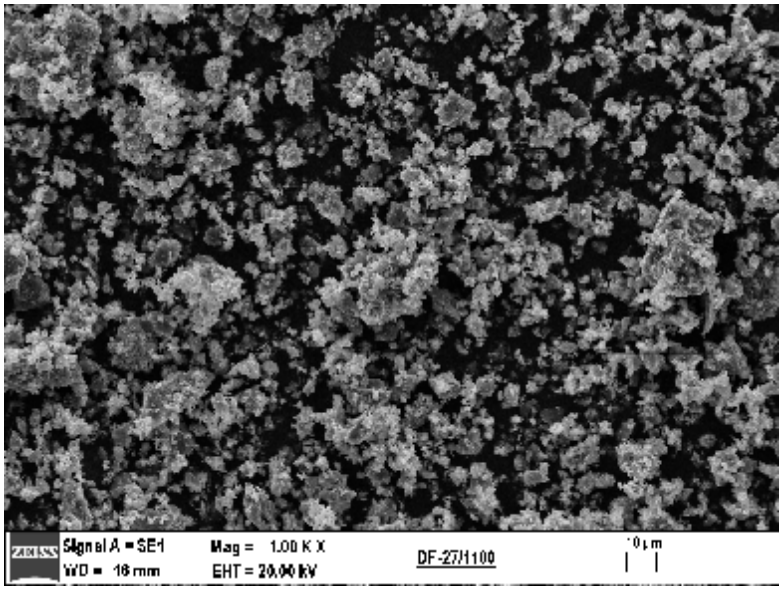

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 1.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-17I1060

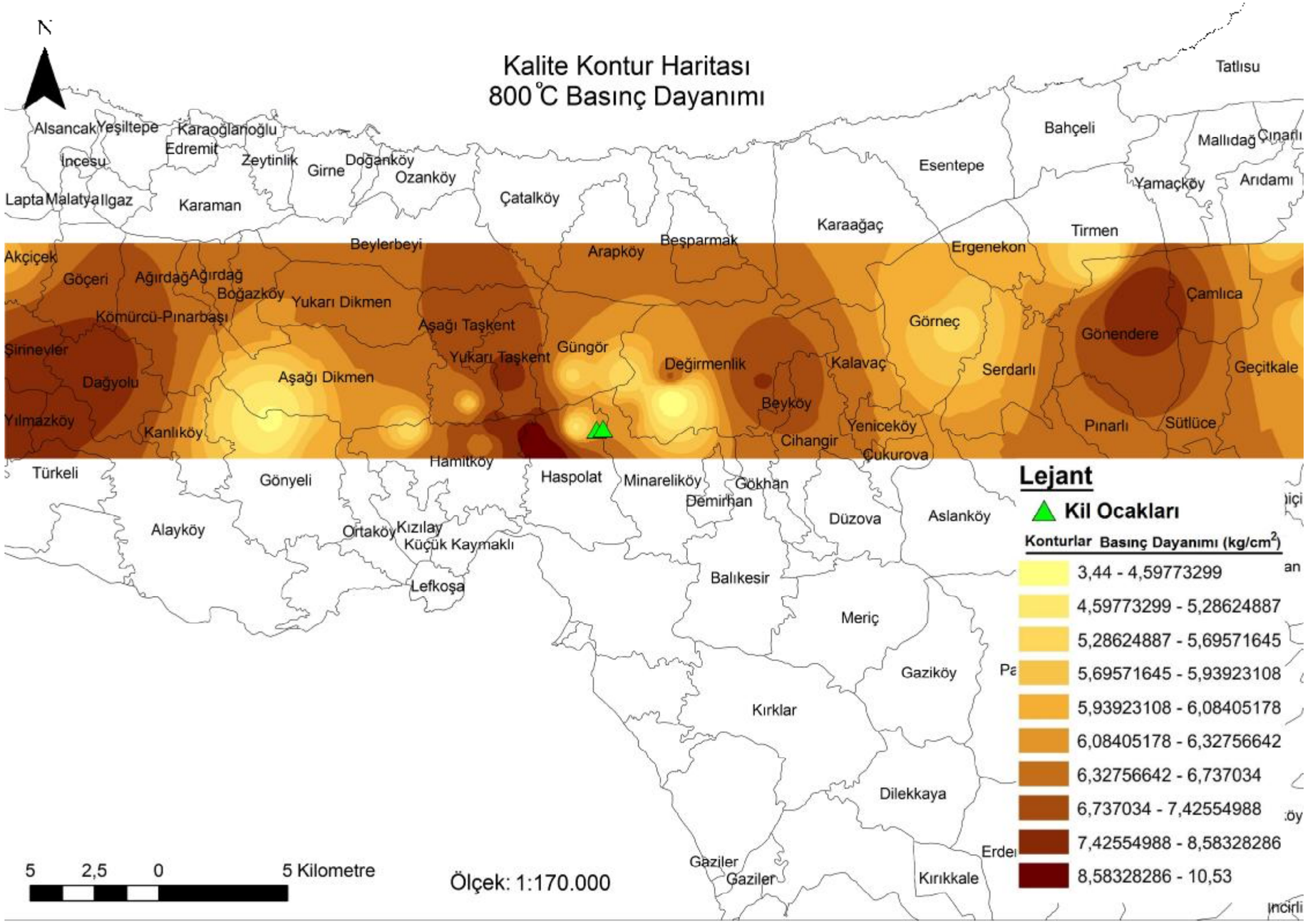

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 10.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-17/1100

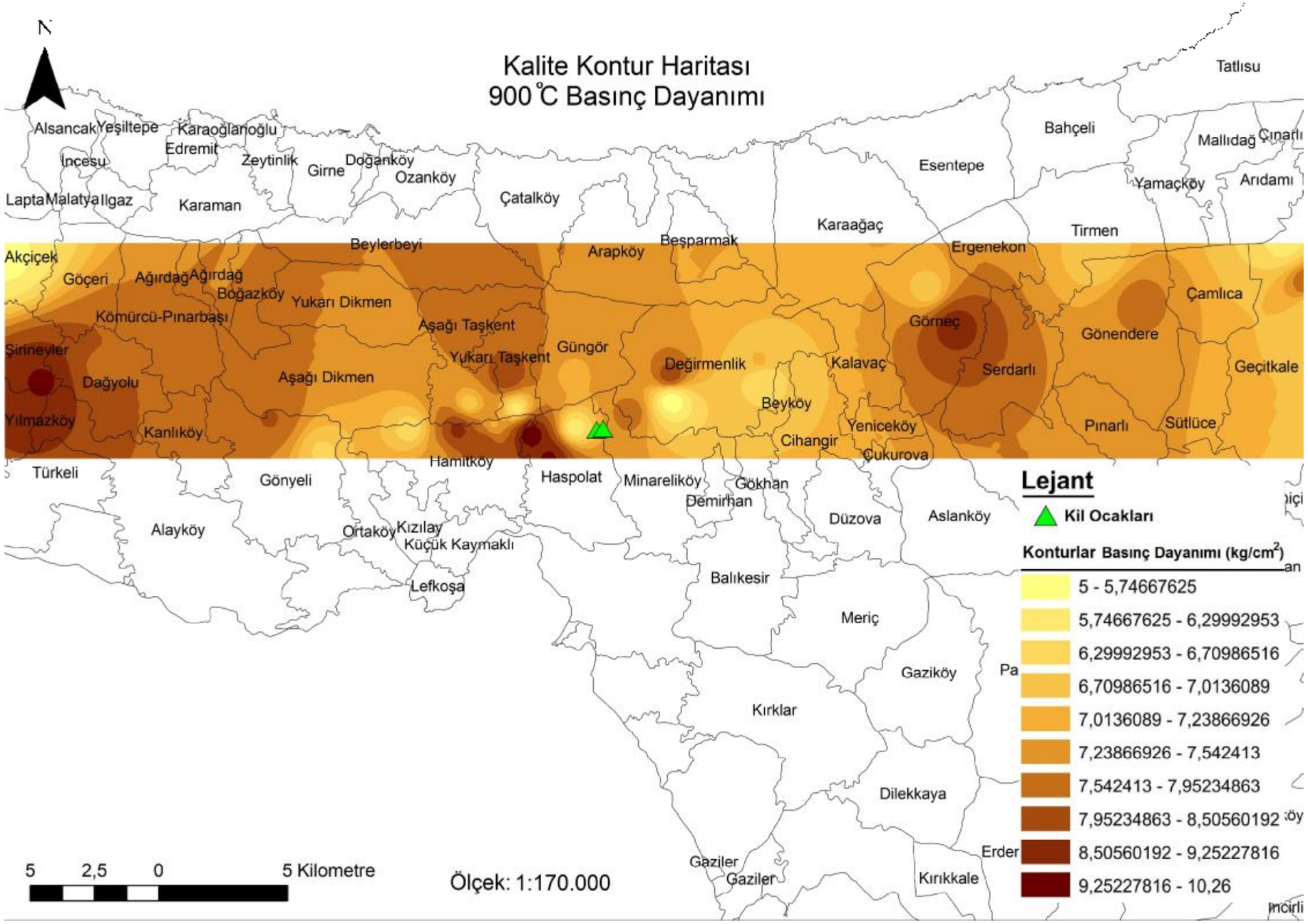

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 1.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-17/1100

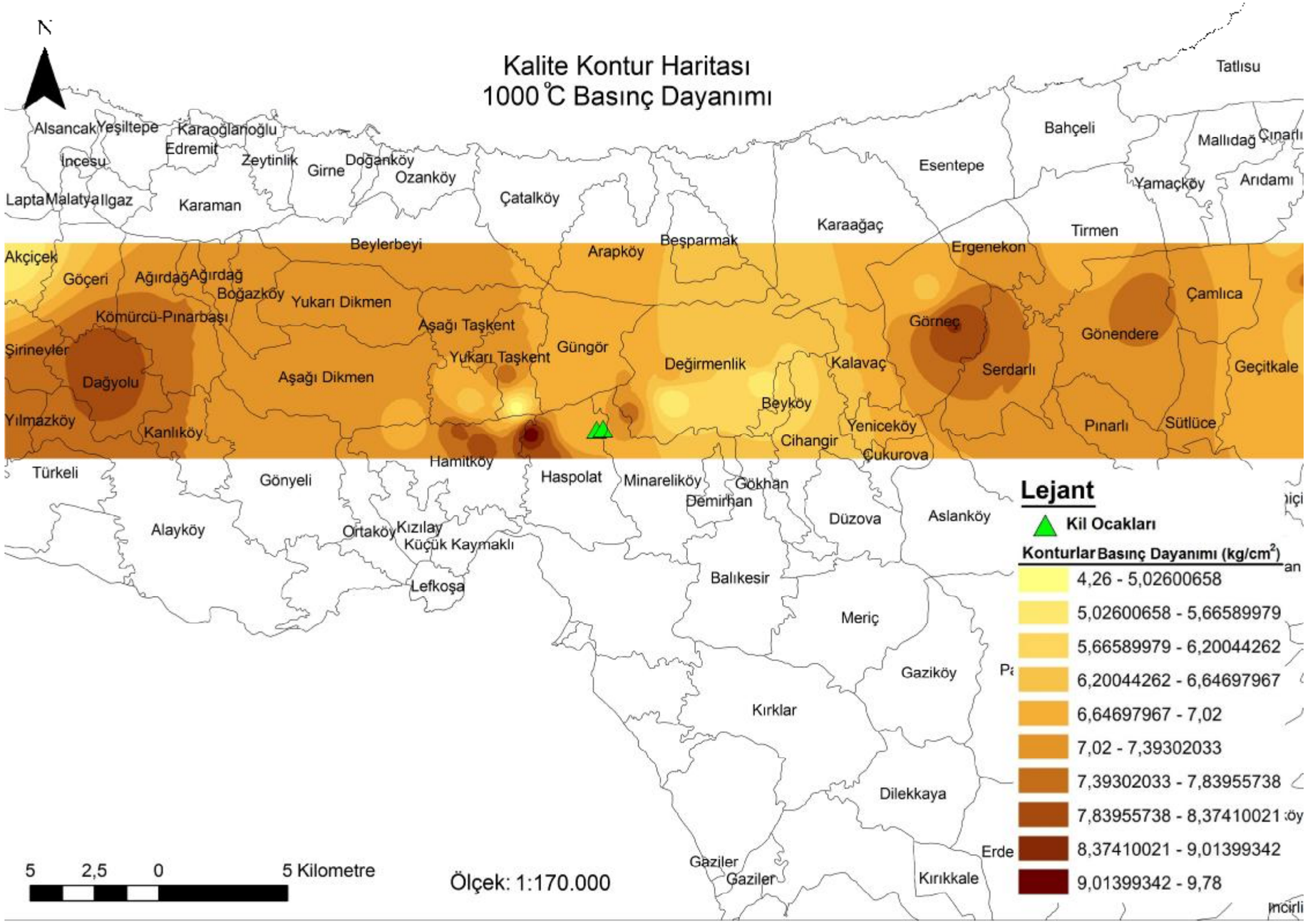

Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 10.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-27/1050
Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 1.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-27/1050


Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 10.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-27/1100


Signal A = SE1
WD = 16 mm
Mag = 1.00 K X
EHT = 20.00 kV
DF-27/1100


Kalite Kontur Haritası
800 ℃ Basınç Dayanımı
N
Tatlısu
Alsancak
Yeşiltepe
Karaoğlanoğlu
Edremit
İncesu
Zeytinlik
Girne
Doğanköy
Ozanköy
Çatalköy
Bahçeli
Esentepe
Mallıdağ
Çınarlı
Yamaçköy
Arıdamı
Lapta
Malatya
Ilgaz
Karaman
Karaağaç
Tirmen
Beylerbeyi
Arapköy
Beşparmak
Ergenekon
Akçiçek
Göçeri
Ağırdağ
Ağırdağ
Boğazköy
Yukarı Dikmen
Çamlıca
Kömürcü-Pınarbaşı
Aşağı Taşkent
Görneç
Gönendere
Şirinevler
Yukarı Taşkent
Güngör
Değirmenlik
Kalavaç
Serdarlı
Geçitkale
Dağyolu
Aşağı Dikmen
Beyköy
Yılmazköy
Kanlıköy
Yeniceköy
Pınarlı
Sütlüce
Cihangir
Çukurova
Hamitköy
Türkeli
Gönyeli
Haspolat
Minareliköy
Gökhan
Demirhan
Düzova
Aslanköy
Alayköy
Ortaköy
Kızılay
Küçük Kaymaklı
Lefkoşa
Balıkesir
Meriç
Gaziköy
Kırklar
Dilekkaya
Gaziler
Gaziler
Kırıkkale
Lejant
Kil Ocakları
Konturlar Basınç Dayanımı (kg/cm2)
3,44 - 4,59773299
4,59773299 - 5,28624887
5,28624887 - 5,69571645
5,69571645 - 5,93923108
5,93923108 - 6,08405178
6,08405178 - 6,32756642
6,32756642 - 6,737034
6,737034 - 7,42554988
7,42554988 - 8,58328286
8,58328286 - 10,53
5 2,5 0 5 Kilometre
Ölçek: 1:170.000


Kalite Kontur Haritası
900 ℃ Basınç Dayanımı
N
Tatlısu
Alsancak
Yeşiltepe
Karaoğlanoğlu
Edremit
İncesu
Zeytinlik
Girne
Doğanköy
Ozanköy
Çatalköy
Bahçeli
Esentepe
Mallıdağ
Çınarlı
Yamaçköy
Arıdamı
Laptalı
Malatya
Ilgaz
Karaman
Karaağaç
Tirmen
Beylerbeyi
Arapköy
Beşparmak
Ergenekon
Akçiçek
Göçeri
Ağırdağ
Ağırdağ
Boğazköy
Yukarı Dikmen
Çamlıca
Kömürcü-Pınarbaşı
Aşağı Taşkent
Görneç
Gönendere
Şirinevler
Yukarı Taşkent
Güngör
Değirmenlik
Kalavaç
Serdarlı
Geçitkale
Dağyolu
Aşağı Dikmen
Beyköy
Yılmazköy
Kanlıköy
Yenicekoy
Pınarlı
Sütlüce
Cihangir
Çukurova
Hamitköy
Türkeli
Gönyeli
Haspolat
Minareliköy
Gökhan
Demirhan
Düzova
Aslanköy
Alayköy
Ortaköy
Kızılay
Küçük Kaymaklı
Lefkoşa
Balıkesir
Meriç
Gaziköy
Kırklar
Dilekkaya
Gaziler
Gaziler
Kırıkkale
Erder
Lejant
Kil Ocakları
Konturlar Basınç Dayanımı (kg/cm²)
5 - 5,74667625
5,74667625 - 6,29992953
6,29992953 - 6,70986516
6,70986516 - 7,0136089
7,0136089 - 7,23866926
7,23866926 - 7,542413
7,542413 - 7,95234863
7,95234863 - 8,50560192
8,50560192 - 9,25227816
9,25227816 - 10,26
5
2,5
0
5 Kilometre
Ölçek: 1:170.000


Kalite Kontur Haritası
1000 ℃ Basınç Dayanımı
N
Tatlısu
Alsancak
Yeşiltepe
Karaoğlanoğlu
Edremit
İncesu
Zeytinlik
Girne
Doğanköy
Ozanköy
Çatalköy
Bahçeli
Esentepe
Mallıdağ
Çınarlı
Yamaçköy
Arıdamı
Laptaı
Malatya
Ilgaz
Karaman
Karaağaç
Tirmen
Beylerbeyi
Arapköy
Beşparmak
Ergenekon
Akçiçek
Göçeri
Ağırdağ
Ağırdağ
Boğazköy
Yukarı Dikmen
Çamlıca
Kömürcü-Pınarbaşı
Aşağı Taşkent
Görneç
Gönendere
Şirinevler
Yukarı Taşkent
Güngör
Değirmenlik
Kalavaç
Serdarlı
Geçitkale
Dağyolu
Aşağı Dikmen
Beyköy
Yılmazköy
Kanlıköy
Yenicaköy
Pınarlı
Sütlüce
Cihangir
Çukurova
Hamitköy
Türkeli
Gönyeli
Haspolat
Minareliköy
Gökhan
Demirhan
Düzova
Aslanköy
Alayköy
Ortaköy
Kızılay
Küçük Kaymaklı
Lefkoşa
Balıkesir
Meriç
Gaziköy
Kırklar
Dilekkaya
Erde
Gaziler
Gaziler
Kırıkkale
İncirli
Lejant
Kil Ocakları
Konturlar Basınç Dayanımı (kg/cm²)
4,26 - 5,02600658
5,02600658 - 5,66589979
5,66589979 - 6,20044262
6,20044262 - 6,64697967
6,64697967 - 7,02
7,02 - 7,39302033
7,39302033 - 7,83955738
7,83955738 - 8,37410021
8,37410021 - 9,01399342
9,01399342 - 9,78
5 2,5 0 5 Kilometre
Ölçek: 1:170.000