

**SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE
SLEYT ATIKLARININ KULLANIMI**

Fikret AYDOĞDU

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Münevver ÇAKI

Haziran 2015

Afyonkarahisar

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Z

SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE SLEYT
ATIKLARININ KULLANIMI

Hazırlayan
Fikret AYDOĞDU

Danışman
Doç. Dr. Münevver ÇAKI

AFYONKARAHİSAR 2015

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak “ Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Sleyt Atıklarının Kullanımı”adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

/ /2015

Fikret AYDOĞDU

TEZ JÜRİSİ KARARI VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Münevver ÇAKI

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Soner GENÇ

: Yrd. Doç. Dr. Özgür CENGİZ

İmza



Seramik Anasanat Dalı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi Fikret AYDOĞDU'nun “**Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Sleyt Atıklarının Kullanımı**” başlıklı tezi, 26.06.2015 günü saat 10:30'da Afyon Kocatepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda isim ve imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet YARAMIŞ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

ÖZET

SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE SLEYT ATIKLARININ KULLANIMI

Fikret AYDOĞDU

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SERAMİK ANASANAT DALI**

HAZİRAN 2015

DANIŞMAN: Doç. Dr. Münevver ÇAKI

Doğal taşlar tabiatın uzun zaman içinde işlediği mükemmel oluşumlardır. Yer kabuğu sürekli hareket halinde, üretken bir tabakadır. Sıcaklık ve basınç gibi etkenler bütün maddeler üzerinde etkili olur. Yeni ve farklı yapılar ortaya çıkar. Kayaç yapısı, bileşim ve fiziksel etkileşimlere bağlıdır. Metamorfizma en etkili ve yaygın faktör olarak bilinmektedir. Oluşum süreci, fiziksel konumu ve hammadde bileşenlerine bağlı olarak kayaçların sertlik ve yoğunluk dereceleri değişir.

Sleyt doğada bol miktarda bulunmaktadır. Genellikle mimari yapılarda dekoratif malzeme olarak kullanılır. Doğal renkleri gri, kırmızı ve yeşil arasındadır. Bazen tabakalı yapısı nedeniyle taşlaşmış bir kil tabakasına benzer. Ocaktan çıkartılması sırasında çok miktarda çuruf atık oluşur. Bu atıklar bazen yol dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sleytin 1160°C’de sır ve çamur hammaddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sleyt atığı Kütahya’dan temin edilmiştir. ilk aşamada, sleyt atığının karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analiz (XRF), mineralojik analiz, tane boyut dağılımı ve ısı mikroskobu analizleri yapılmış, 1160 °C’deki renk ve ergime özellikleri belirlenmiştir. Sleyt atığı farklı hammaddelerle birlikte sır ve çamur reçeteleri içinde %10- 90 arasında değişen oranlarda kullanılmıştır. 1160 °C’de yapılan sır pişirimleri sonrası açık sarı kremden, bal rengi, açık ve koyu kahverengiye değişen mat ve parlak sırlı yüzeylerin oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca renklendirici metal oksitler ve farklı sırlama teknikleriyle görsel etkisi yüksek sırlı ve sırsız yüzeylere sahip formlar üretilmiştir. Sleyt atığı katkısı ile standart bünye renginin terrakota renk tonlarına dönüştüğü saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sleyt atığı, stoneware sır, stoneware amur

ABSTRACT

UTILIZATION OF SLATE WASTES IN CLAY AND GLAZE BODIES

Fikret AYDOĞDU

AFYON KOCATEPE UNIVERSITY

THE INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES

DEPARTMENT of CERAMIC ART

JUNE 2015

ADVISOR: Associated Prof. Dr. Münevver ÇAKI

Natural stones are the perfect formation of the long process of nature. Earth's crust is constantly in motion, is a productive layer. Factors such as temperature and pressure will be effective on all ingredients. New and different structures occurs. The rock structure depending on the composition and physical interaction. Metamorphism is known as the most effective and common factors. Formation process varies depending on the hardness and density of rocks physical location of components and raw materials.

Slate located abundantly in nature. It is often used as a decorative material in architecture. Natural color varies from gray to red and green. Sometimes it petrified because of the layered structure similar to a clay layer. During the removal of large amounts of slag waste from the mine occurs. These wastes are sometimes used as a way of filling material.

Slate waste is taken from Kütahya. In this study, the evaluation of slate wastes as glaze and clay body raw material was aimed. In the first stage, chemical (XRF), mineralogical (XRD) and thermal microscopy analyses, grain size distribution, and color and melting characteristics of slate waste at 1160 °C were determined. The waste was used in a ratio ranging between 10 % and 90 % in the glaze and clay body recipes. Glazed and unglazed

samples were fired at 1160 °C. It has been observed that glossy and matte glazed surfaces changing from honey and buff to reddish brown color have been formed. It was also produced that more effective glazed and unglazed surfaces are formed with colorants (metal oxides) and through different glazing techniques. Standard white body color is return to terracota color tones in slate waste added clay bodies.

Key Words: Slate waste, stoneware glaze , stoneware clay body

ÖNSÖZ

“Seramik Çamur Ve Sır Bünyelerinde Sleyt Atıklarının Kullanımı” isimli tez çalışması boyunca her konuda bilgi desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Münevver ÇAKI’ ya, Doç. Dr. Mustafa AYDIN’a, ve Öğr.Grv.Kamuran AK’a teşekkür ederim.

Yakın ilgi ve katkılarından dolayı Sayın Öğr.Grv.Sezin ERBİL KARA, Öğr. Grv.Hakan PEKYAMAN, Öğr .Grv. Hakan ERGUN, Öğr.Grv.Serkan Tayyar RODOSLU, Öğr.Grv.Aziz Baha ÖRKEM’e ve Teknisyenlerimiz Taner ZABUN ile Hüseyin YAZGAN’a, Dumlupınar Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Okulu Personeline, Afyon Kocatepe üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaların sırasında maddi manevi her konuda destek veren Sayın Harun ÇETİN , Mehmet KABADAYI ve İhsan KAHRAMAN’a da teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam süresince her türlü desteği esirgemeyen aileme ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Nurife AYDOĞDU’ya teşekkür ederim.

Fikret AYDOĞDU

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	i
TEZ JÜRİSİ VE ENSİTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
RESİMLER LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

METAMORFİZMA VE METAMORFİK KAYAÇLAR

	Sayfa
1. METAMORFİZMA, TANIM VE OLUŞUM	4
2. METAMORFİZMA ETKENLER	7
2.1. ISI	7
2.2. BASINÇ	8
2.3. AKIŞKANLARIN ETKİNLİĞİ	9
3. METAMORFİZMA TÜRLERİ	10
3.1. KONTAKT METAMORFİZMA.....	10
3.2. DİNAMİK METAMORFİZMA.....	10
3.3. BÖLGESEL METAMORFİZMA.....	11
4. METAMORFİK KAYAÇLAR.....	12

4.1. METAMORFİK KAYAÇLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	13
4.1.1. Fillit	16
4.1.2. Şist	16
4.1.3. Gnays	19
4.1.4. Mermer.....	20
4.1.5. Kuvarsit	23

İKİNCİ BÖLÜM

SLEYT, TANIMI, OLUŞUMU, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

1. SLEYTİN TANIMI VE OLUŞUMU	25
2. SLEYTİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI.....	28
3. SLEYT İLE İLGİLİ YAPILAN ARAŞTIRMALAR VE ÇALIŞMALAR.....	33

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SERAMİK UYGULAMALAR

1. SLEYT ATIĞI VE DİĞER HAMMADDELERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALOGİK ÖZELLİKLERİ	38
2. SLEYT ATIĞI İLAVELİ SIR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI	42
3. SLEYT ATIĞI İLAVELİ ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI.....	54
3.1. DÖKÜM ÇAMURU REÇETESİ ARAŞTIRMALARI.....	54
3.2. PLASTİK ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI.....	58

4. SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER	61
SONUÇ	79
KAYNAKÇA.....	81
EK : SÖZLÜK	85

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1. Metamorfik kayaların sınıflandırılması	15
Tablo 2. Sleytin tipik mineralleri ve yüzde oranları	28
Tablo 3. Reçete araştırmalarında kullanılan diğer hammaddelerin kimyasal bileşimleri (ağırlıkça %)	39
Tablo 4. Slate atığı (SA) ve üleksit (Ü) katkılı sırların reçete bileşimleri	42
Tablo 5. SA-Ü-5 (% 70 sleyt atığı- % 30 üleksit) sırında CuO ve CoO katkı oranları	44
Tablo 6. Slate atığı (SA) ve sülyen (S) katkılı reçeteler	45
Tablo 7. SA-S-5 No'lu (% 70Sleyt atığı- % 30 Sülyen) sırında CuO ve CoO katkı oranları	47
Tablo 8. Sleyt atığı (SA) ve kalsine soda (KS) katkılı sırların reçete bileşimleri	48
Tablo 9. Saydam stoneware sırnın Seger formülü	49
Tablo 10. Saydam stoneware sırn ve sleyt atığı ikili sisteminde sır reçeteleri	49
Tablo 11. Stoneware sırn içinde sleyt atığının ergiticiler yerine kullanımı	51
Tablo 12. S7 sırında renklendirici oksitlerin katkı oranları	53
Tablo 13. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru reçeteleri ve bileşimleri	55
Tablo 14. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerinin boyutça küçülme ve su emme değerleri	55
Tablo 15. Sleyt atığı katkılı plastik çamur reçeteleri ve bileşimleri	58
Tablo 16. Plastik çamur bünyelerinin boyutça küçülme ve su emme değerleri	59

RESİMLER LİSTESİ

	Sayfa
Resim 1. Kaya döngüsü	4
Resim 2. Şeylin metamorfizması	5
Resim 3. (a) Kalsit minerallerinden oluşan bir sedimenter kaya: Kireçtaşı, (b) Metamorfizma etkisiyle yeniden kristalleşerek büyüyen kalsit minerallerinden oluşan metamorfik kaya: Mermer	6
Resim 4. Basınç artışının etkileri , a: Litostatik basınç, b: Basınç ve derinlik etkisi	9
Resim 5. Bölgesel metamorfizma	12
Resim 6. Fillit	16
Resim 7. Şist	17
Resim 8. (a) Granat-mika şist, (b) Hornblend-mika-granat şist	17
Resim 9. (a) Mineral lineasyonuna sahip (kırmızı çizgiye paralel) bir mika şist (Bitlis Masifi, Tatvan/Bitlis) (b) Yeşil şist	18
Resim 10. Nispeten düşük dereceli metamorfizma sonucu oluşan serizit şistlerde gözlenen pulsu-yapraksı viskozite yapıları (Hasayaz, Kalecik/Ankara)	19
Resim 11. Gnays	20
Resim 12. Mermer	20
Resim 13. Ta Mahal Camisi (Hindistan)	21
Resim 14. Efes Artemis Tapınağı	23
Resim 15. Aphrodisias tiyatro hamamlarında bulunan mermer Helis heykelciği başı	23
Resim 16. Kuvarsit	24
Resim 17. Gri pembe renkli, kaba foliasyona sahip kuvarsit oluşumları (Bitlis Masifi, Hürmüz Boğazı/Bitlis)	24
Resim 18. Sleyt	25
Resim 19. Farklı renklerdeki sleyt örnekleri	26

Resim 20. Düşük dereceli metamorfizma sonucu oluşan sleytlerde kaya dilinimi, (Hasayaz, Kalecik/Ankara)	27
Resim 21. Sleyt ocağı	30
Resim 22. Sleytin çatı örtüsü olarak kullanımı	31
Resim 23. Sleyt çatılar Bulgaristan (Etar, Gabrovo/Bulgaristan).....	32
Resim 24 . Sleyt çatılarla örtülü köy (Etar, Gabrova/Bulgaristan)	32
Resim 25. Basamaklarda sleytin kullanımı	33
Resim 26. Kayrak taşı ile duvar uygulamaları	35
Resim 27. MDF üzeri kayrak taşı uygulaması	35
Resim 28. Kayrak taşı ile rölyef çalışması	36
Resim 29. Tuval üzeri kayrak taşı çalışması	36
Resim 30. Stephen Kettle, sleyt heykel çalışması	37
Resim 31. Stephen Kettle, sleyt heykel çalışması	37
Resim.32. Kütahya-Kumarı köyü sleyt ocağı	38
Resim 33. (a)Taş kesim atölyesi (b) Kesim sırasında ortaya çıkan sleyt atıkları	39
Resim 34. Sleyt atığının doğal halde ve 1160 °C’ de pişirim sonrası renk değişimi ve ergime davranışları	41
Resim 35. Sleyt atığı ve üleksit katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.....	43
Resim 36. SA-Ü-5 No’lu (% 70Sleyt atığı - % 30 Üleksit) sırda CuO ve CoO’in renk etkileri, 1160 °C.....	44
Resim 37. Sleyt atığı ve sülyen katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.	46
Resim 38. SA-S-5 No’lu (% 70 Sleyt atığı - % 30 Sülyen) sırda CuO ve CoO’in renk etkileri, 1160° C.....	47
Resim 39. Sleyt atığı ve kalsine soda katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.	48
Resim 40. Saydam stoneware sırtı ve sleyt atığı katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.....	50

Resim 41. Sleyt atığı katkılı stoneware sır bünyelerinin pişme renkleri, 1160 °C	52
Resim 42. S7 No'lu sırda CuO ve CoO'in renk etkileri, 1160 °C.....	53
Resim 43. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerin sırsız pişme renkleri, 1160 °C.....	56
Resim 44. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerin sırlı pişme renkleri, 1040 °C	57
Resim 45. Sleyt atığı katkılı plastik çamur bünyelerin sırsız pişme renkleri 1160 °C	59
Resim 46. Sleyt atığı katkılı plastik çamur bünyelerin sırlı pişme renkleri, 1140 °C.....	60
Resim 47. DÇ4 no'lu döküm çamurundan üretilmiş, opak sır uygulanarak bakır tel sarılmış form, 1160 °C, 2013.	61
Resim 48. Stoneware çamurundan tornada el ile şekillendirilmiş, üzerine S7 no'lu sır uygulaması yapılmış form, 1160 °C, 2013.	62
Resim 49. Stoneware çamurundan tornada el ile şekillendirilmiş, üzerine SA-Ü-6 no'lu sır uygulaması yapılmış form, 1160 °C, 2014.	62
Resim 50. DÇ3 no'lu döküm çamurundan üretilmiş, firuze renkli sır uygulanmış form, 1160 °C, 2013.	63
Resim 51. Beyaz bünye üzerine SA-S3 no'lu sır uygulaması (iç kısmı firuze sırlı), 1060 °C, 2014.	63
Resim 52. DÇ4 no'lu çamurdan döküm yöntemi ile üretilmiş, turkuaz, SA-S ve SA-SÜ sırlarının uygulandığı düzenleme, 1160 °C, 2014.	64
Resim 53. Beyaz stoneware bünye üzerine, SA-SÜ9 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.	64
Resim 54. SP4 no'lu plastik çamurun astar dekoru olarak kullanıldığı, turkuaz sır uygulanmış form, 1060 °C, 2014.	65
Resim 55. Sleyt-üleksit-CuO-Fe ₂ O ₃ katkılı sırların karışık teknikle earthenware bünye üzerinde uygulanması, 1160 °C, 2014.	65

Resim 56. Tornada şekillendirilmiş stoneware form üzerine SA-Ü3 no'lu sır uygulaması, 1160 °C, 2014.	66
Resim 57. DÇ4 no'lu çamurdan döküm yöntemiyle üretilmiş, firuze renkli sır ile sırlanmış, Form, 1160 °C, 2014.	66
Resim 58. Dış yüzeyi SA-KS3, SA-STS9, iç yüzeyi turkuaz sır ile sırlanmış stoneware form, 1160 °C, 2014.	67
Resim 59. Döküm yöntemi ile şekillendirilmiş stoneware bünye üzerinde SA-STS6, firuze ve opak beyaz sır uygulaması, 1160 °C, 2014.	67
Resim 60. DÇ5 no'lu reçeteden üretilmiş form, 1160 °C, 2014.	68
Resim 61. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerinde SA-S3 ve SA-S10 kodlu sır uygulamaları, 1060 °C, 2014.	68
Resim 62. Stoneware formlar üzerinde karışık teknikle sleytli sır uygulamaları, 1060 °C, 2014.	69
Resim 63. Döküm yöntemiyle şekillendirilmiş el dekorlu stoneware form üzerine SA-Ü 10 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.	69
Resim 64. Döküm tekniği ile üretilmiş stoneware form üzerine, SA-Ü grubu sırların CuO,Cr2O3 ve CoO ile birlikte uygulanması, 1160 °C, 2014.	70
Resim 65. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine G2-S8 ve turkuaz sır uygulaması, 1060 °C, 2014.	71
Resim 66. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine SA-S 4 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.	71
Resim 67. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine DÇ4 çamuru ile astar uygulaması, transfer baskı dekoru, 1160 °C, 2015.	72
Resim 68. DÇ3 Döküm çamuru ile yapılmış plaka üzerine fırça dekoru uygulaması, 1160 °C, 2015.	72

Resim 69. DÇ4 Döküm çamuru ile yapılmış plaka üzerine fırça dekoru uygulaması, 1160 °C, 2015.	73
Resim 70. DÇ3 Döküm çamuru ile döküm ve karışık teknik ile yapılmış form, 1160 °C, 2015.	73
Resim 71. DÇ4 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş formlar, 1160 °C, 2014.	74
Resim 72. DÇ4 Döküm çamuru ile yapılmış plaka üzerine gravür resim uygulaması, 1060 °C, 2014.	74
Resim 73. Sırlı duvar karosu üzerine DÇ5 Çamuru ile sigrafitto çalışması, 1060 °C, 2015.	75
Resim 74. SP5 Plastik çamuru ile şekillendirilmiş hat yazılı rölyef, 1060 °C, 2014.	75
Resim 75. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine DÇ3 astar uygulaması, fırça dekoru ve turkuaz sır ile sırlanmış form, 1060 °C, 2014.	76
Resim 76. DÇ4 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş, çini dekorlu form, 1160 °C, 2014.	76
Resim 77. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine fırça dekoru çini deseni Uygulaması, 1060 °C, 2015.	77
Resim 78. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine transfer desen uygula- ması, 1160 °C, 2015.	77
Resim 79. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine transfer gravür resim ve renkli sır uygulaması, 1160 °C, 2015.	78

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Sleyt atığının XRD analizi.....	40
Şekil 2. Sleyt atığının sinterleme eğrisi.....	40
Şekil 3. Sleyt atığının tane boyut dağılımı.....	41

KISALTMALAR DİZİNİ

A.K	: Ateşte Kayıp
DÇ	: Döküm Çamuru
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
G	: Grup
KS	: Kalsine Soda
Ü	: Üleksit
PÇ	: Plastik Çamur
S	: Sülyen
SP	: Sleytli Plastik Çamur
SA	: Sleyt Atığı
STS	: Standart Sır (Saydam Stonware Sırı)
YUK	: Yıkanmış Uşak Kaoleni

GİRİŞ

Seramiklerle çalışmanın en büyüleyici tarafı, terrasiğillata veya pekişmiş astarlar gibi yerel malzemeleri sır, astar, boya veya çamurlarda kullanma olanağı vermesidir. Genellikle en umut vermeyen malzemeler, fırında, pişirim esnasında ilgi çekici ve istenilen özellikleri verecek bir dönüşüm gösterecektir. Bernard Leach'in 1940'lardaki kitabında bahsettiği gibi, Uzak doğulu çömlekçiler; bölgesel kül, kayaç ve kil gibi zengin görsel etkileri olan kaynakların sır malzemesi olarak kullanılabileceğini keşfettiler. İlk çömlekçiler pek çok durumda, çevrelerindeki kayaçlar ve topraklarla olduğu kadar, bitkisel küllerle de çalıştılar. Bu tip bölgesel malzemelerin kullanımı, tıpkı yapı malzemelerinin yerel mimariyi etkilemesi gibi çömlekçilikte bölgesel stillerin oluşmasını sağlamıştır.

Sırlı earthenware üretimi için, yalnızca bölgesel hammaddelerin kullanıldığı ifadesinin yanı sıra uluslararası ticaret için çok uzun ve eski geleneklerin olduğunun belirtilmesi gereklidir. Sır bileşenleri açısından bakıldığında, yüksek sıcaklıklarda hemen hemen her şey eriyeceği için problemler nispeten azdır. Ancak, düşük sıcaklık sırlı seramiklerinin içeriğindeki kimyasallar daha karmaşık ve az bulunan bileşenler olduğundan temel hammaddelerin temininde uzun vadeli sıkıntılar yaşanır. Örneğin M.Ö. 9. yy' da Basralı çömlekçilerin kalay sırlı ürünleri için kurşunu Türkiye'den; kalayı İran veya Suudi Arabistan'dan ve bitki küllerini Suriye'den getirttikleri anlaşılmıştır. Geçen son iki yüzyılda veya daha uzun bir süredir bu uluslararası ticaret ilkesi, hammaddelerin saflığı ve temininin devamlılığı gibi nedenlerden dolayı endüstriyel seramiklerin temeli olmuştur. Seramik ürünleri oluşturan çamur, sır, astar ve pigment gibi bünyeleri doğal veya yerel kaynaklardan yapmanın uygulanabilirlik, ekonomi çevresel pek çok nedeni vardır (Sutherland, 2005).

Bir hammaddenin sanatsal veya endüstriyel seramik alanında kullanılabilirliği ürün tipi ve kullanım alanına bağlı olarak belirlenir. Ayrıca özellikle endüstriyel üretimler için numunenin ocaktan alımından, reçetede yer almasına kadar; arayıcı-hammadde üreticisi-laboratuvar ve seramik üreticisi arasında koordineli bir çalışmayı gerektirir. Değerlendirme aşamasında gereksiz işlemlerden ve zaman kaybından kaçınmak için bilgiler arası paralellik ve analizlerin basitten zora doğru bir sıra takip etmesi olarak tanımlanan iki ana prensibe uygun hareket etmek gerekir. Hammadde hakkında toplanması gerekli bilgiler kalite, rezerv ve maliyet başlıkları altında toplanabilir. Kalitenin belirlenmesi: Bir dizi laboratuvar analizleri pilot ve işletme çapında teknolojik testler, rezervin belirlenmesi jeolojik ön etüt, sondaj, kuyu ve arama galerisi açma gibi işlemler gerektirir. Her iki aşamada masraflı ve zaman alıcı,

birbirini tamamlayan işlemlerdir. Rezerv konusunda çok az bilgi varken detaylı analizlere ve teknolojik testlere girişmek, zaman ve para kaybına neden olacaktır. Bu nedenle çalışmaların paralellik içinde, basitten karmaşığa doğru analizlerle aşama aşama götürülmesinde ve aşama geçildikçe çalışmaların detaylandırılmasında fayda vardır (Özdemir, 1991).

Seramik, hammaddelerinin belirli standartlara uygun olması gerekir. Karo, sağlık gereçleri veya porselen gibi ürünlerin endüstriyel üretimlerinde; fiziksel, kimyasal, mineralojik ve reolojik özellikler açısından farklılık göstermeyen hammaddelerle çalışmak, üretimin verimliliği açısından zorunludur. Ancak, doğadan doğrudan elde edilen hammaddelerde malzeme karakteristikleri açısından her türlü değişimin olabileceği gerçeği her zaman vardır. Sanatsal üretimlerde ise hammaddelerdeki bu değişkenlik çok fazla sorun olmayabilir. Hammaddedeki kimyasal ve fiziksel farklılıklar (toplam alkali oksit, silisyum dioksit, alüminyum oksit, demir oksit, kalsiyum oksit, magnezyum oksit, titanyum oksit miktarları, pişme rengi, erime özelliği, şekillendirme yöntemlerine uygunlukları) üretilen formlarda çamur, sır ve astar bünyeleri açısından görsel zenginlikler, farklılıklar oluşturulabilir. Sanatsal seramik form veya işlevsel seramik ürünlerde çamur, sır, pigment ve astar ana malzemelerdir. Dolayısıyla bunları hazırlamak için kullanılan hammaddeler üretimdeki temel girdilerdir. Belirlenen sıcaklıklarda eriyebilen, pişme sonrası ürün yüzeyinde istenilen renk ve dokuları oluşturan, şekillendirme yöntemlerine uygun özellikler taşıyan farklı kimyasal, fiziksel ve mineralojik yapı ve özelliklere sahip olan hammaddeler önemli fayda sağlayacaktır. Türkiye özellikle sanat ve tasarıma yönelik üretimlerde kullanım uygunluğu taşıyan mineraller ve kayaçlar açısından çok zengin bir ülkedir (Kubat, 2009: 2) .

Anadolu'da binlerce yıllık geçmişe sahip geleneksel atölyelerde üretilmiş olan sürahiler, vazolar, çömlekler, testiler, güveçler, küpler ve diğer sanat eserleri, günümüzde modern atölye ve fabrikalarda üretilen seramikler; tuğla, kiremit gibi yapı malzemeleri yaşamın her alanında vazgeçilemeyen ürünlerdir. Toprak, su ve ateş insan ruhu ve yaratıcılıkla birleştiğinde bu ürünler birer sanat eserine dönüşebilmektedir. Geleneksel çömlek üretiminde, çoğunluğunu kil minerallerinin oluşturduğu toprağın suyla karıştırılmasıyla elde edilen çamur şekillendirilir, kurutulur ve pişirilir. Pişme sırasında kil mineralleri yüksek sıcaklığın etkili olduğu yeni koşullara dayanabilecek yeni bileşenlere dönüşür ve böylece elde edilen ürün sertlik ve dayanıklılık kazanmış olur. Burada anlatılan süreç, kendi bulunduğu doğal ortam koşullarının dışında farklı koşullar altına sokulan malzemelerin dönüşüm ve başkalaşım sürecidir. Metamorfizma da bu sürece benzer şekilde, çeşitli türden kayaların ilk oluşumları sırasında egemen olan koşullardan farklı fiziksel ve kimyasal koşullar altına

girmeleriyle, katı halde geçirmiş oldukları dokusal ve mineralojik bir değişim süreci olarak ifade edilebilir. Bu değişim ve dönüşüm süreci sonucunda, ilksel kayaya ait dokusal ve mineralojik özelliklerini kısmen ya da tamamen kaybetmiş yeni bir kaya türü ortaya çıkar. Bu şekilde yeni mineralojik ve dokusal özellikler kazanan kaya türleri, metamorfik (başkalaşım) kayaları olarak tanımlanır (Şahin, 2012:163-164)

Sleyt, ince yapraklar halinde belirgin bir foliasyonu (yaprak gibi ince tabakalı oluşum) olan metamorfik bir kayadır. Bileşiminde en çok muskovit pulları bulunan şeyl (sedimenter kayaç) ve ince taneli volkanik tüflerden oluşmuş, çok hafif metamorfizma geçirmiş olan bir kayadır. Arduvaz, çatı taşı, kayrak taşı veya kayağan taşı olarak da bilinir (Ketin, 2006: 251). Çok farklı mineral ve kompozisyonları nedeniyle, değişik renkler ve desenler verebilmektedir. Çatı kaplamalarında, döşemelerde ve dış kaplamalar ile birlikte peyzaj mimari amaçlı olarak kullanılmaktadır.

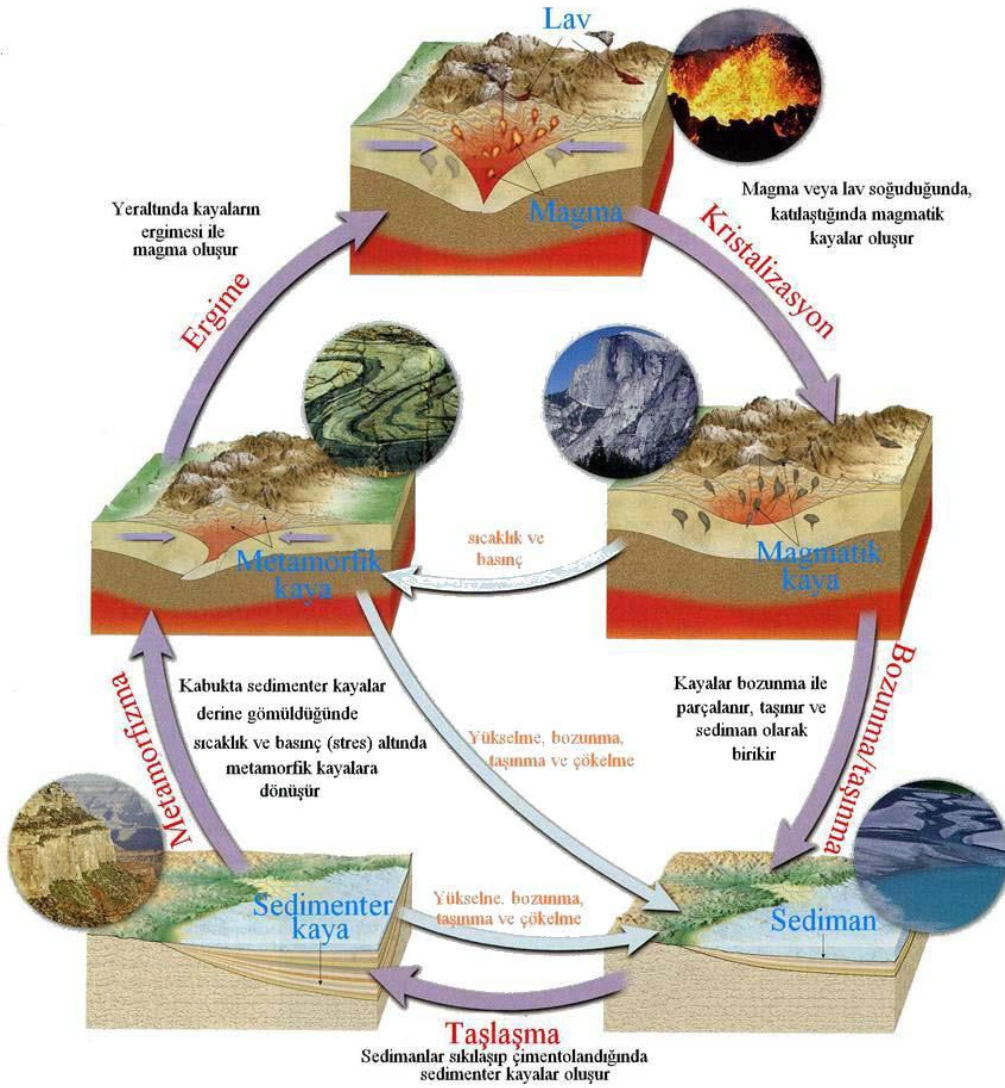
Bu çalışmada Kütahya ilindeki bir ocaktan çıkarılan sleytin işlem sonrası ortaya çıkan atıklarının sır ve çamur bileşeni olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Son pişirim sıcaklığı 1160 °C olan çok sayıda reçete hazırlanmıştır. Bu tez çalışmasında, metamorfizma ve metamorfik kayalar hakkında bilgiler verilmiş, sleytin tanımına, özelliklerine ve kullanım alanlarına örnekler ile yer verilmiş, farklı sektörlerde bu malzeme ile ilgili yapılan araştırmalara değinilmiştir. Son bölümde; sleytin ana bileşen olarak kullanıldığı çamur, sır ve astar uygulamalarını içeren deneysel çalışmalar, olumlu sonuç veren sleyt katkılı çamur, sır ve astarlarla üretilen eserler yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

METAMORFİZMA VE METAMORFİK KAYAÇLAR

1. METAMORFİZMA, TANIM VE OLUŞUM

Metamorfizma bir kayanın başka bir kayaya dönüşüm olgusudur. Metamorfik kayaların kökeninde daha önce magmatik sedimentler ve hatta metamorfik kayalar bulunur. Böylece her metamorfik kayanın bir atası veya köken kayası vardır denilebilir.

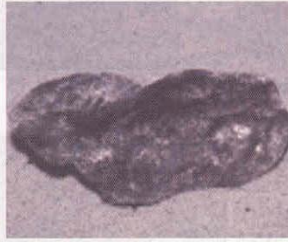


Resim 1. Kaya döngüsü

Kaynak: Öngen, 2009: 3

Metamorfizma (başkalaşım) ; Yunanca'da “değişme” anlamına gelen “*meta*” ve “biçim” anlamına gelen “*morpho*” sözcüklerinin birleşiminden meydana gelmektedir (Monroe, Wicander, Hazlett, 2007: 232). Bu olay yer kabuğunun derinliklerinde var olan fiziksel ve kimyasal oluşumların belli zamanda ve belli nedenle değişmesiyle ortaya çıkar. Metamorfizma sırasında kayaçlar, mineral bileşimlerini, dokularını ya da her ikisini birden değiştiren ve böylece yeni kayaçlar oluşturacak yeterlilikte ısı, basınç ve akışkan etkinliği altına girerler. Bu dönüşümler, kayacın ergime sıcaklığının altında gerçekleşir; aksi takdirde magmatik bir kayaç olur. Metamorfizma aynı zamanda yer kabuğunu oluşturan kayaçların oluşumları sırasında, hüküm süren koşulların farklı, yeni fiziksel ve kimyasal koşullara uyumudur. Bu uyum katı halde olur ve kayaçların ilksel yapı dokularını, mineralojik ve kimyasal bileşimlerini etkileyebilir (Dirik ve Şener, 2007:184, Karaman, Kibici, 2008:6-1).

Metamorfizma yüksek sıcaklık, basınç veya her ikisinin etkisiyle ilk kayacın dokusal ve mineralojik olarak katı hal dönüşümüdür (Plummer, McGear, 1991:144). Metamorfizma ortamında önceki kaya, ilk oluşumuna göre daha farklı fiziksel ve kimyasal koşullarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu koşullar başlıca sıcaklık, basınç ve kimyasal aktif akışkanlardır. Bu yeni koşullar altında yeni denge durumu sağlanıncaya kadar kayada şekillenmeler sürecektir. Metamorfik değişimlerin çoğu yeryüzünün birkaç kilometre derinliğinde başlar, yükselen sıcaklık ve basınç ile üst manto derinliklerine kadar devam eder. Metamorfizma genellikle düzenli bir artışla hafif şiddetli değişimlerden (düşük derece metamorfizması) önemli değişimlere (yüksek derece metamorfizması) doğru yol alır. Örneğin düşük derecede yaygın bir sedimenter kaya olan şeyl (kil taşı) sıkılaşıp sleyt (ardüaz, kayrak taşı) adı verilen metamorfik kayaya dönüşür. (Resim 2).

Sedimenter kaya	Düşük dereceli metamorfizma	Orta dereceli metamorfizma	Yüksek dereceli metamorfizma
Şeyl → Kil	Sleyt → Çok ince kil partiküllerinin çok ince taneli mika kristallerine dönüşümü. Folyasyon oluşumu.	Şist → Mika kristallerinin irileşmesi ve kayada kuvvetli foliyasyon gelişimi	Gnays Mika çoğunlukla feldispatla dönüşür, açık renkli feldispat ile koyu amfibol gibi açık ve koyu mineral bantları (foliyasyon) oluşur.
			

Resim 2. Şeylin metamorfizması

Kaynak: Akyol, Kayabalı, 2006: 71

Her iki kayanın el örneklerinde benzerliği, sedimenter-metamorfik sınırının geçişli ve değişimlerin güç algılanan türde olmasından kaynaklanır. Derin ortamlarda ise, aksine, dönüşüm şiddetli olduğundan köken kaya tanınmayacak duruma gelir. Dolayısıyla yüksek derecede, köken kayaya ait tabaka düzlemleri, fosil, boşluk gibi yapılar tamamen silinmiştir (Öngen, 2009, Akyol, Kayabalı, 2006:71).

Metamorfitlerin türediği köken kayalar tortul, magmatik, veya metamorfik olabilir. Metamorfizma sonucu oluşan kayalar mineral bileşimi ve yapısal özellikleri bakımından türedikleri kayalardan çok farklıdır. Örneğin kil mineralleri ve kalsitten oluşan marn'ın orta şiddette metamorfizmaya uğradığı düşünülürse; bu durumda meydana gelen yeni kayaç “Amfibolit” denen esas itibarı ile hornblend ve plajiyoklaz içeren bir metamorfik olacaktır. Kireçtaşı-mermer dönüşümü bir diğer örnektir.

Bol fosilli bir kireçtaşı belli bir sıcaklık ve basınç altında fosil izleri içermeyen beyaz bir mermere dönüşür. Bu örnekte gerek orijinal kaya gerekse metamorfizma sonucu gelişen kaya kimyasal olarak değişime uğramamıştır ve her ikisi de kalsiyum karbonattan oluşur. Ancak metamorfizma kireçtaşının orijinal dokusunu bozmuş, yerine mermer için tipik olan kristalli bir doku geliştirmiştir.



(a)



(b)

Resim 3. (a) Kalsit minerallerinden oluşan sedimenter kaya: Kireçtaşı, (b) Metamorfizma etkisiyle yeniden kristallenerek büyüyen kalsit minerallerinden oluşan metamorfik kaya: Mermer.

Kaynak: Şahin 2012: 175

Metamorfik kayalar kendilerine has dokusal ve mineralojik özelliklere sahiptir. Kayayı oluşturan minerallerin belli yönde dizilmeleri ile oluşan şistik doku, kayaların aşırı sıcaklık sonucunda değişimleri ile oluşan hornfelsik doku, iri taneli bir metamorfik kaya olan

gnayslarda görülen gnaysik doku ya da kayaların mekanik olarak ezilmeleri ile gelişen kataklastik dokular metamorfik kayalara özgü dokulardır. Diğer yandan örneğin disten, andalusit, sillimanit, stavrolit, epidot gibi bazı mineraller metamorfik kayalarda bulunan ve metamorfizma sonucu gelişen minerallerdir. Granat, muskovit, amfibol ve feldspat gibi bazı mineraller ise hem metamorfik hem de magmatik kayalarda bulunurlar. Bir metamorfik kayayı oluşturan sıcaklık ve basıncın miktarına bağlı olarak farklı metamorfizma türleri ve buna bağlı olarak da farklı metamorfik dokular ve mineraller gelişir (Genç, 1992: 43).

2. METAMORFİZMA ETKENLERİ

Metamorfizma'nın üç faktörü; Isı, basınç ve akışkanların etkinliğidir. Metamorfizma sırasında orijinal kayaç yeni çevreyle denge sağlayabilmek için değişime uğrar. Bu değişimler, yeni minerallerin oluşumuna veya orijinal minerallerin yeniden yönlenmesiyle kayacın dokusunda bir değişime neden olabilir. Bazı durumlarda değişim azdır ve ana kayanın özellikleri hala tanımlanabilir. Isı, basınç ve akışkanların etkinliğinin yanı sıra, zaman da metamorfik proseslerde önemlidir. Kimyasal reaksiyonlar farklı hızlarda oluşur, dolayısıyla tamamlanmaları için farklı süre gerektirir. Silikat bileşikleriyle ilgili tepkimeler oldukça yavaştır. çoğu metamorfik kayaç silikat minerallerinden oluştuğu için, metamorfizma'nın yavaş bir süreç olduğu düşünülür (Wicander, Monroe, 1995:131).

2.1. ISI

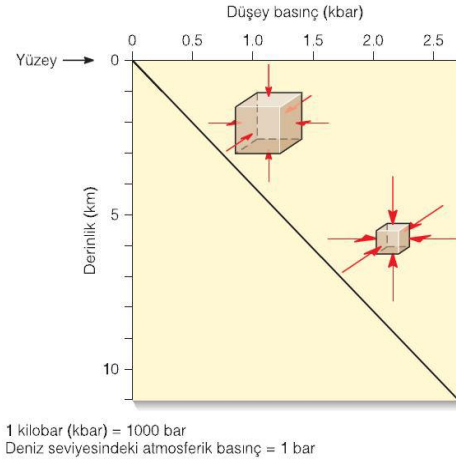
Isı, ilksel kayaçlarda olanlardan farklı mineraller oluşturabilen kimyasal tepkimelerin hızını artırdığından önemli bir metamorfizma etkenidir. Yerkabuğundaki ısıнын (sıcaklığın) iki kökeni vardır; birincisi kabuk içerisine giren ve yeryüzüne doğru yükselen magmanın birlikte getirdiği ısı, diğeri ise; yerin asıl kendi sıcaklığı, derinlere doğru gidildikçe artan yer sıcaklığı veya özel deyiimiyle jeotermidir. Yeryüzünde belirli bir derinlikten sonra, mevsimlere öz sıcaklık farkı ortadan kalkar ve aşağılara doğru inildikçe sıcaklık derinlikle orantılı olarak artar. Paris rasathanesinin 28 metre derinlikteki mahzenine yerleştirilmiş bir termometre 1783 yılından beri hep aynı, 12 derecelik sıcaklığı göstermektedir. Sıcaklık artışı bundan sonra başlar. Bir derecelik sıcaklık artışı elde etmek için düşey olarak inilmesi gereken derinliğin metre cinsinden değerine *jeotermi derecesi* veya *jeotermik gradyan* denir. Yerkabuğu içerisine yerleşen magma kütlelerinin taşıdıkları ısı, bunların büyüklüklerine, kimyasal ve mineralojik bileşimlerine bağlıdır (Ketin, 2006: 430).

Magma kütleleri kayaçları kestiğinde magmanın çevresindeki kayaçları etkileyen şiddetli ısının etkisinde kalırlar; en şiddetli ısınma genellikle magma kütlesinin yakınında olur ve magma kütlesinden uzaklaştıkça dereceli olarak etkisi azalır. Magma kütlesinin yakınındaki ana kayaçta, metamorfize olmuş kayaçlardan oluşan kuşak genellikle daha belirgin ve tanınması kolaydır. Derinlikle sıcaklık artmaktadır ve yerin jeotermal gradyanı ortalama yaklaşık 25° C/km'dir. Yeryüzünde oluşan kayaçlar yaklaşan bir levha sınırı boyunca gerçekleşen yitimle derinlere taşınabilir ve böylece artan sıcaklık ve basınca maruz kalabilir. Yitim sürecinde kimi mineraller, daha yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında daha duraylı olan başka minerallere dönüşebilir.

2.2. BASINÇ

Kayaçlar gömüldüğünde artan biçimde daha büyük litostatik basınç etkisine girerler; üzerlerinde bulunan kayaçların ağırlığından kaynaklanan bu basınç her yönde eşit biçimde uygulanır. Bir nesne suya bırakıldığında da aynı durum olur. Örneğin bir plastik köpük bardak okyanusta daha derine daldırıldığında, basınç derinlikle artacağı ve her yönden eşit olarak geleceği için plastik köpük bardak sıkışarak küçülür. Bu örnekteki gibi kayaçlar, kayacın içindeki mineral tanelerini birbirine daha sıkı yaklaştıracak biçimde derinlikle artan litostatik basıncın etkisinde kalırlar. Üzerindeki kayaçların ağırlığı dolayısıyla litostatik basınç, yerkabuğunda her yönde eşit olarak uygulanır. Bu yüzden eğimli siyah çizgi ile gösterildiği gibi basınç derinlikle artar. 200 ml hacimli küçük plastik köpük bardaklar, yaklaşık 750 ve 1500 m lik derinliklere indirildiğinde de benzer bir durum olur. Artan su basıncı bardağa her yönde eşit olarak uygulanır ve sonuçta bardaklar genel biçimlerini korudukları halde hacimleri azalır (Resim 4).

Bu koşullar altında mineraller yeniden kristallenirler, yani daha küçük ve yoğun mineraller haline gelirler. Gömülmeden kaynaklanan litostatik basınçla birlikte kayaçlar, farklılaşan basınçların (yatay basınçlar/makaslama basınçları) etkisinde de kalabilir. Bu durumda basınç her yerde aynı değildir ve bunun sonucunda kayaçlar biçim değiştirir. Farklılaşan basınçlar tipik biçimde dağ oluşumu ile ilişkili deformasyonlar sırasında oluşarak ayırt edici metamorfik dokular ve özellikler ortaya çıkarabilirler (Dirik ve Şener, 2007:187).



(a)



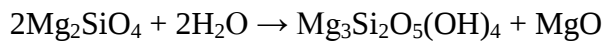
(b)

Resim 4. Basınç artışının etkileri , a: Litostatik basınç, b: Basınç ve derinlik etkisi

Kaynak: Dirik ve Şener: 2007-187

2.3. AKIŞKANLARIN ETKİNLİĞİ

Metamorfizma'nın olduğu hemen her yerde mineral tanelerinin sınırları boyunca ya da kayanın gözeneklerinde değişen miktarlarda su ve karbondioksit (CO₂) vardır. Çözülmüş durumdaki iyonları içeren bu akışkanlar, kimyasal tepkimeleri hızlandırarak metamorfizmayı artırır. Susuz koşullarda birçok mineral çok yavaş biçimde tepkime verirken çok az miktarda olsa bile ortama sıvı girdiğinde, temelde iyonlar akışkanın içinde kolayca hareket ettiklerinden tepkime hızları artar ve böylece kimyasal tepkimeler ve yeni minerallerin oluşumu da çoğalır. Aşağıdaki tepkime yeni minerallerin akışkanların etkinliğiyle nasıl oluşabildiğine iyi bir örnek sunar. Burada sıcak bazalt kayacının içinde dolaşan deniz suyu, olivini metamorfik serpantin mineraline dönüştürür.



Olivin

su

serpantin

çözelti içinde kalır

Metamorfik süreçlere katılan kimyasal olarak etkin akışkanlar, başlıca üç kaynaktan gelir. Birincisi, çökel kayaçlar oluştuğunda gözenek boşluklarında tutulmuş olan sudur. İkinci kaynak, magma içindeki buharlaşabilen akışkanlardır. Üçüncü kaynak ise jips (CaSO₄.2H₂O) ve bir kısım killi su içeren minerallerin sularını yitirmeleridir. Isı, basınç ve akışkanların etkinliğinin yanı sıra zaman da metamorfik süreçlerde önemlidir. Kimyasal tepkimeler farklı hızlarda gerçekleşir ve bu yüzden tamamlanmaları için farklı zaman miktarı gerekir. Silikat

bileşikleriyle ilgili tepkimeler oldukça yavaş gerçekleşir ve çoğu metamorfik kayacın silikat minerallerinden oluşmasından dolayı metamorfizma'nın yavaş bir jeolojik süreç olduğu düşünülür.

3. METAMORFİZMA TÜRLERİ

Metamorfizma jeologlar tarafından üç ana grupta tanımlanır. Bunlar; magmatik ısı ve akışkanların etkili olduğu kontakt metamorfizma, aslında yoğun deformasyonla ilişkili olan yüksek basınçların neden olduğu dinamik metamorfizma ve dağ oluşum süreçlerinin neden olduğu bölgesel metamorfizma olarak bilinir.

3.1. KONTAKT METAMORFİZMA

Bir magma kütlesi, çevresindeki yan kayaçları değiştirdiğinde “kontakt metamorfizma” gerçekleşir. Sığ derinliklere sokulan magma kütlesi çevre kayaçların sıcaklığını yükselterek termal değişimlere neden olur. Akışkanlar da metamorfizmada önemli bir rol oynar. Çoğu magmalar sulu olup çevredeki kayaçlara yayılabilen kimyasal olarak etkin sıcak akışkanlar içerirler. Bu akışkanlar kayaçlarla tepkimeye girip yeni minerallerin oluşumuna yardımcı olabilir. Kontakt metamorfizma'nın başlıca etkenleri ısı ve akışkanlar olduğu için; bu metamorfik kayaçlar genellikle yan kayaların pişmesinden ve sıcak eriyiklerin ayrıştırmasıyla oluşanlar olarak bilinir. Kontakt metamorfizma sonucu, birçok kayaç porselen gibi sıkı ve ince taneli dokuya sahiptir. Bu, özellikle şeyl gibi yüksek kil içeriğine sahip kayaçların metamorfizması için oldukça doğrudur. Bu tip dokular kayaçlardaki kil minerallerinin sanki kilden bir çömleğin fırınlandığında pişmesine benzer şekilde oluşurlar. Soğumanın son aşamasında magma kristallenmeye başlar. Sıcak ve sulu eriyiklerin büyük bir bölümü magmadan ayrılır. Bu eriyikler yan kayaçlarla tepkimeye girerek yeni metamorfik mineraller oluştururlar. Genellikle yeryüzüne yakın derinliklerde gerçekleşen bu süreçler hidrotermal bozunmalardır ve değerli maden yataklarını ortaya çıkarırlar (Dirik ve Şener, 2007:188-189).

3.2. DİNAMİK METAMORFİZMA

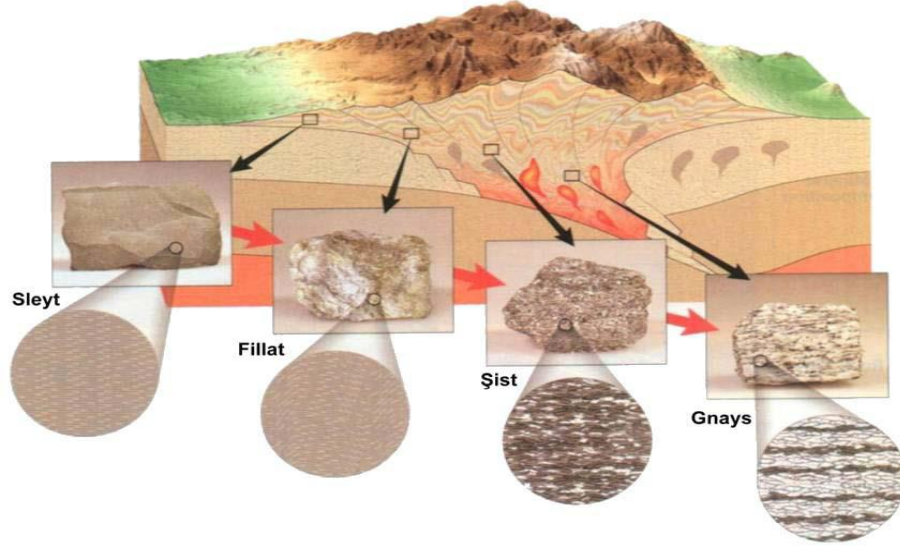
Kayaçalarda ısı ve şiddetli gerilmelerin (yüksek basınçlar) etkisiyle meydana gelen değişikliğe “dinamik metamorfizma” adı verilir. Metamorfizma çoğunlukla yer kabuğunun biçim değiştirmesiyle, yani kıvrımlanmalar ve ezilmelerle birlikte gelişir. Bu tip

metamorfizma etkisiyle, metamorfizma olayları sırasında plastik olan killi kayaçlar şistik bir yapı kazanırlar. Sert kayaçlar ise, parçalanır ve kırık çizgisi boyunca milonit olarak bilinen kayaçları oluştururlar. Kayaçların kırılarak bir fay boyunca sürtünmeleri sonucunda eridikleri ve yeniden kristallendikleri görülür. Kısaca dinamik metamorfizma sırasında kayacın fiziksel özelliklerine göre, “ *yapraklanma (klivaj, şistozite), kırılma, parçalanma ve yeniden kristallenme*” olayları gelişir. *Klivaj*; kayaçların paralel olarak yaprak yaprak ayrılma özelliğidir (Karaman, Kibici, 2008: 6-11).

3.3. BÖLGESEL METAMORFİZMA

Bölgesel metamorfizma olayı; geniş bir alanda belirgin ve kalınlığı oldukça fazla olan kayaçların alttan üste doğru derece derece başkalaşıma uğraması olayıdır. Sedimanter ve magmatik her iki tür kayaç grupları metamorfizma olayları sonucu yapraklanma (şistozite) gösteren bir yapı ve kristalin bir doku kazanır. Bu metamorfizma olaylarında minerallerin atom veya molekül şebekelerine kadar etki eden bir içyapı değişikliği olur. Yüksek ısı ve basınç altında kalan mineraller erir. Yeni molekül gruplanmaları olur. Aynı zamanda soğumayı izleyen kristalizasyon sırasında yeni metamorfik mineraller oluşur.

Arazi incelemeleri ve laboratuvar denemelerinin ışığında bazı minerallerin yalnızca belirli sıcaklık ve basınç aralıklarında oluştuğu bilinir. İndeks mineraller olarak bilinen bu minerallerin varlığı jeologlara; düşük, orta ve yüksek sıcaklık metamorfizması kuşaklarını belirleme olanağı verir. Örneğin şeyl gibi kilce zengin kayaç metamorfizmaya uğradığında metamorfik süreçlere bağlı olarak yeni mineraller oluşur. Mika, kuvars ve feldspat gibi yaygın minerallerin hem magmatik, hem de metamorfik kayaçlarda oluşabilmesine karşın; andaluzit, silimanit ve kyanit (disten) gibi diğer mineraller genellikle yalnızca kilce zengin çökellerden türeyen metamorfik kayaçlarda bulunur. Bu üç mineralde aynı kimyasal formüle (Al_2SiO_5) sahip olmalarına rağmen, her biri farklı basınç ve sıcaklık aralığında oluştuğu için kristal yapıları ve diğer fiziksel özellikleri farklılıklar gösterir (Dirik ve Şener, 2007,191, Karaman, Kibici, 2008: 6-8).



Resim 5. Bölgesel metamorfizma

Kaynak: Öngen, 2009: 15

4. METAMORFİK KAYAÇLAR

Magmatik, sedimenter ve metamorfik kaya türleri, çeşitli jeolojik olaylarla ilksel oluşum koşulları ve süreçleri dışında, özellikle daha yüksek sıcaklık ve basınç koşullarının etkin olduğu yeni bir jeolojik ortama girebilir. Bu tür kayalarda yer alan mineraller yeni ortamın sıcaklık ve basınç koşulları altında kararlılıklarını devam ettiremez. Yeni ortam koşullarında stabilite kazanabilmek için, ya büyüyerek daha iri kristaller meydana getirir ya da birbirleriyle tepkimeye girerek yeni ortam koşullarında dengede olabilen mineral topluluklarını oluştururlar. Ortaya çıkan metamorfik kaya kendine özgü dokusal özelliklerde kazanır. Örneğin, bu şekilde metamorfizma süreçleriyle başkalaşım geçiren kuvars açısından zengin kumtaşları; mineralojik bileşimi, yapısal ve dokusal özellikleri tamamen farklı olan “kuvarsit” adı verilen metamorfik kayalara dönüşebilir. Kireçtaşlarından mermerler oluşur.

Esasen bir başkalaşım süreci olan metamorfizma da, kayanın yapısal ve dokusal özellikleri değişirken, ilksel kaya bileşenleri olan minerallerinde değişime uğraması söz konusudur. Bu başkalaşma, bir şeyle ait kil minerallerinin mika kristallerine dönüşerek arduvazı oluşturması şeklinde gerçekleşir. Buna karşılık, birçok durumda kayanın kimyasal bileşiminde, su ve karbondioksit kaybı dışında herhangi bir değişim meydana gelmez ve çoğunlukla kaya içerisinde var olan mineraller ile sudaki iyonlar birlikte yeni ortam şartlarında duraylı olan mineralleri oluştururlar.

Bu tür metamorfizma ürünü minerallerin en güzel örneği vollastonit mineralidir. Ana bileşenleri kalsit (CaCO_3) ve kuvars (SiO_2) olan kumlu kireç taşının kontakt metamorfizma ile yüksek sıcaklık etkisinde kalması sonucunda, kalsit ve kuvars mineralleri kimyasal olarak reaksiyona girerek vollastonit (CaSiO_3) mineralini meydana getirirler ve karbondioksit açığa çıkar. Metamorfik kayalarda ortaya çıkan değişik tipteki düzlemsel ve çizgisel yapılar köken kayanın mineralojik bileşimi, metamorfizma'nın derecesi ve metamorfizma sırasında etkili olan deformasyon süreçlerine bağlı olarak meydana gelir. Düzlemsel yapılar; foliasyon, şistozite ve kaya klivajı ya da dilinimi gibi isimler alırken, çizgisel yapılar lineasyon olarak ifade edilir (Şahin, 2012: 174).

Foliasyon; Düzlemsel olarak ayrılabilen herhangi bir yapıya denir. Yassı minerallerin veya kayaç içindeki mineral bantlarının paralel yönlenmesi olarak isimlendirilir. Bir metamorfik kayaç içinde düzlemsel olan şistozite, klivaj ve bantlanma da foliasyon kapsamına girer. Foliasyon genel bir isimdir. Metamorfik kayaçlarda, magmatik ve sedimenter kayaçların tersine sonradan oluşur.

Şistozite; Kristalleri küçük boyutlu olan metamorfik kayaçlarda görülen bir tür foliasyondur. Tabakalaşma klivajı olarak ta isimlendirilir. Bu tip foliasyon şekli sedimanter kayaçların metamorfizması sırasında tabakalaşma yüzeyine paralel olarak oluşur. Genellikle düzlemsel yapı gösteren mika grubu mineraller ile kuvars, feldspat minerallerinin ardalanması sonucu oluşmuş bir başkalaşım yapısıdır.

Klivaj; Kayaçların paralel düzlemler boyunca ayrılabilme özelliğine denir. Klivaj düzlemleri arasında açıklık çok azdır. Genellikle tabakalı kayaçlarda basınç etkisiyle kayacın yeniden kristalleşmesi sonucu gelişmiş ikincil bir yapı olarak ta tanımlanır.

Lineasyon; Metamorfik kayaçlardaki mineral ve yapıların birbirine çoğunlukla paralel olarak dizilmesi ile oluşan yapılardır. Genel anlamda, metamorfik kayaçlardaki her türlü çizgisel paralelliğe “lineasyon”, her türlü düzlemselliğe “foliasyon” denir (Karaman, Kibici, 2004: 45-47).

4.1. METAMORFİK KAYAÇLARIN SINIFLANDIRILMASI

Ekonomik mineral kaynakları ya da maden yataklarının oluşumunda metamorfizma'nın rolü çoğunlukla magmatik süreçlerle de ilişkilidir. Önemli birçok metamorfik maden yatağının özellikle kontakt metamorfizma süreçleriyle bağlantılı olarak oluştuğu görülür. Ana kaya kütlesi, sokulum yapan bir magmatik kütleden kaynaklanan ısı,

basınç ve hidrotermal çözeltilerin etkisiyle kimyasal olarak altere olur (değişir) ve yeniden kristallenme gerçekleşir. Kuvars, kum taşı gibi alterasyona karşı dirençli kayalarda fazlaca bir etkileşim gözlenmezken, kireçtaşı gibi kayalarda çok geniş alanlara yayılan metamorfizma etkisi ortaya çıkar. Yüksek sıcaklığa sahip iyon bakımında zengin çözeltiler, kireçtaşı içerisine nüfuz ederek *granat* ve *korund* gibi yeni mineral oluşumlarını sağlayan kimyasal tepkimelere neden olurlar. Bunlara ek olarak karbondioksit açığa çıkarken, metalik iyonların dışarı doğru göçünü sağlayan koşullar yaratılır. Böylece, kireçtaşı kütlelerinin içine girmiş olan bir magmatik kütle çevresinde metalce zengin çok geniş yayılıma sahip bölgeler meydana gelir.

Kontakt metamorfizmayla ilişkili olan en yaygın metalik mineral oluşumları; sfalerit (çinko), galenit (kurşun), kalkopirit (bakır), manyetit (demir) ve bornittir (bakır).

Bölgesel metamorfizma ile yüksek sıcaklık altında metalik olmayan talk, grafit, granat, silimanit ve disten gibi endüstriyel minerallerin oluşumu da söz konusudur. Kuvarsit, mermer ve sleytler de ekonomik önem taşıyan metamorfizma ürünü kaya türleridir (Şahin, 2012, 190).

Metamorfik kayaçlar; yapraklanmalı (foliasyonlu) ve yapraklanmasız (foliasyonsuz) doku gösterenler olmak üzere iki ana grupta incelenir. Yaygın metamorfik kayaların başlıca özellikleri (Tablo.1) de sunulmaktadır. Metamorfizma sırasında, ısı ve değişen basınç etkisindeki kayaçlar kendilerine yapraklanma yani foliasyon dokusu veren, birbirine paralel biçimde dizilmiş minerallere sahiptir. Mineral tanelerinin büyüklüğü ve biçimi yapraklanmanın ince ya da kalın olmasını belirler. Yapraklanma (foliasyon) tek tek minerallerin çıplak gözle görülemeyeceği biçimde olursa kayaç, kayrak (arduvaz, sleyt), olarak adlandırılır. Yapraklanmalı metamorfik kayaçlar, kaba tane boyutu ve yapraklanmanın mükemmelliğinin artışına göre sıralanabilirler. Kayrak (arduvaz, sleyt), fillit, şist, gnays, amfibolit ve migmatit bu gruptandır. Bu kayaçlar yapraklanmasız dokuya sahip eş boyutlu minerallerin meydana getirdiği bir mozaikten oluşurlar. Pek çok yapraklanmasız (foliasyonsuz) kayaç, levhamsı veya uzamış minerallere sahip olmayan kayaçların kontakt veya bölgesel metamorfizmasıyla oluşurlar. Mermer, kuvarsit, yeşiltaş ve hornfels başlıca yapraklanmasız dokuya sahip kayaçlardandır.

Tablo 1. Metamorfik kayaların sınıflandırılması, Kaynak: Dirik ve Şener, 2007: 192

Doku	Metamorfik Kayaç	Tipik Mineraller	Metamorfizma Derecesi	Kayaların Özellikleri	İlkel Kayaç
Yapraklanmalı	arduvaz (kayrak, Sleyt)	Killer,mikalar,klorit	Düşük	İnce taneli kolayca düz	Çamurtaşı,kiltaşı
				parçalara ayrılır.	Volkanik kül
Foliasyonlu	Fillit	İnce taneli kuvars, mikalar,klorit	Düşük*orta	İnce taneli,cıvalı ya da parlak görünüşlü	Çamurtaşları
	Şist	Mikalar,klorit,kuvars talk,hornblend, granat,stavrolit,grafit	Düşük-yüksek	Belirgin yapraklanma, gözle görülür mineraller	Çamurtaşları karbonatlar,mafik magmatik kayalar
	Gnays	Kuvars,feldispatlar, hornblend,mikalar	Yüksek	Gözle görülebilen ayrılmış açık ve koyu bantlar	Çamurtaşları,kumtaşları felsik,magmatikkayalar
	Amfibolit	Hornblend,plajiyoklaz	Orta-yüksek	Koyu renkli,zayıf yapraklanmalı	Mafik magmatik kayalar
	Migmatit	Kuvars,feldispatlar, hornblend,mikalar	Yüksek	İç içe geçmiş granit ve gnays mercekleri yada düzeyleri	Çökel karışmış felsik kayalar kayaçlarla magmatik
Yapraklanmasız	Mermer	Kalsit,dolomit	Orta-Yüksek	Kenetlenmiş kalsit ya da dolomit kristalleri HCl ile köpürür	Kireçtaşı ya da dolotaşı
Foliasyon göstermeyen	Kuvarsit	Kuvars	Orta-Yüksek	Kenetlenmiş kuvars kristalleri,sıkı ,yoğun	Kuvars kumtaşı
	Yeşiltaş	Klorit,epidot hornblend	Düşük-yüksek	İnce taneli,yeşil renkli	Mafik,magmatik kayalar
	Hornfels	Mika,granatlar, andazulit,kordiyerit, kuvars	Düşük-yüksek	İnce taneli,eşboyutlu kristaller,sıkı,yoğun	Çamurtaşları
	Antrasit	Karbon	Yüksek	Siyah,parlak,konkoidal kırılmalı	Kömür

4.1.1. Fillit

Mineralojik bileşiminde; serisit, klorit, mika ve kuvars, ayrıca çeşitli oranlarda granat, epidot, grafit gibi mineraller içeren bir kayadır. Sleyt ve mikaşist arasında metamorfizma sıcaklığının dereceli geçişini temsil eder. Kayaç içindeki grafit, serisit veya klorit ipeksi görünüştedir. Bazen klivaj (şistozite) seviyeleri altın parlaklığındadır. Kayaç içinde biotit varsa, klorit aksesuar mineral olarak kırmızı renk alır. Fillit içindeki kristaller daha büyük, parlak yansımali ve daha kolay klivaj yüzeylerine sahiptir. Bunlar fillitin karakteristik özelliğidir. Karakteristik fillit örneklerinde, kayaç yüzeyi dalgalı doku gösterir (resim 6). Kuvars miktarı; (serisit + klorit) toplamından fazla olursa kayaca *kuvars fillit* adı verilir. Kayaç içinde % 5'den fazla diğer minerallerin bulunması halinde ise bu minerallerin adları (albit fillit gibi) kayaç ismine eklenir (Karaman, Kibici, 2008: 4-55).



Resim 6. Fillit

Kaynak: <http://geology.com/rocks/phyllite.shtml>

4.1.2. Şist

Şist kelimesi Yunancada split = yarılan, bölünen kelimesinden türemiştir. Yapraksı minerallerin bir düzlem boyunca uzanıp yarılabilmesi nedeniyle şistler bu tanıma uymaktadır. Şistler; düzlemsel ve çizgisel paralelliği çok iyi gelişmiş (foliasyonlu), orta derecede metamorfizmaya uğramış orta taneli kayalardır. Çoğunlukla; mika, klorit, talk, hornblend, grafit gibi önemli derecede lamelli, yapraksı mineraller ihtiva ederler. Mineralojik bileşiminde; kuvars, mika (muskovit, biyotit, serisit) yer alır. Mikanın yanında veya onun yerine amfibollerden tremolit, aktinolit ve glokofan bulunur. Ayrıca klorit, talk, disten gibi minerallere rastlanır.



Resim 7. Şist

Kaynak: <http://geology.com/rocks/schist.shtml>

Kayaç bileşiminde ender olarak görülebilen mineral içeriklerine göre şistler; granat şist, turmalin şist, glokofan şist olarak isimlendirilir.



(a)



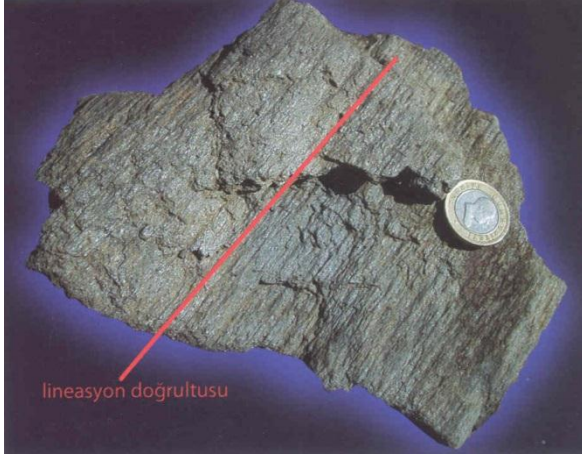
(b)

Resim 8. (a) Granat-mika şist, (b) Hornblend-mika-granat şist.

Kaynak: Dirik ve Şener, 2007: 195

Kuvars, kendine özgü tanelerin olduğu görünüşte meydana gelmiş ise, “kuvars şist” olarak adlandırılır. Bileşimine giren başlıca minerallerden mikalar (biyotit, muskovit), klorit, tremolit ve talk kayacın %50’sini oluşturur. Bu tanımlama doğrultusunda şistler uzunlamasına gelişmiş mineraller içerirler ve bu seviyeler kuvars ve feldspat içeren seviyelerle ayrılır. Şistler % 20’den az feldspat içerirler. Kayaç içinde bu denli düzlemsel yapıya sahip minerallerin çokluğu, kayaca büyük boyutlarda dilinim kazandırır. Bazen, özellikle mika grubu minerallerin çokluğunda kayaç, yaprak yaprak ayrılır. Şist içindeki mineral taneleri sıcaklık ve basınç sonucu, gözle görülebilen ince tabakalar halinde oluşabilir. Bu yaprak

yaprak ayrılma dokusu şistosite kavramını oluşturur. Diğer bir deyişle şistozitesi oldukça belirgindir. Şistlerin mineralleri gözle ayırt edilebilir. Kayaç türü olarak; mikaşist, talkşist ve yeşil şist en çok rastlanan örneklerdir.



(a)



(b)

Resim 9. (a) Mineral lineasyonuna sahip (kırmızı çizgiye paralel) bir mika şist (Bitlis Masifi, Tatvan/Bitlis) (b) Yeşil şist.

Kaynak: (a) Şahin, 2012: 183, (b) <http://geology.about.com>

Yeşil şistin özel bir durumu vardır. Bileşimine serisit, epidot, klorit, albit gibi mineraller de girer. Eğer kuvars miktarı fillo (Phyllo= ince levhalı) silikatlardan fazla olurs, bu takdirde kayaca *kuvars-mikaşist* adı verilir. Mikaşistler % 20'ye kadar feldspat içerirler. Feldspat oranı % 20'den fazla olan metamorfik kayaç gnays olarak isimlendirilse de, mikaşist-gnays arasındaki fark, bileşimden çok doku ile ilgilidir. Şistler, çekiçle vurulduğunda kolaylıkla cm., hatta mm. kalınlığında levhalara ayrılabilirler (Karaman, Kibici, 2008: 4-56).

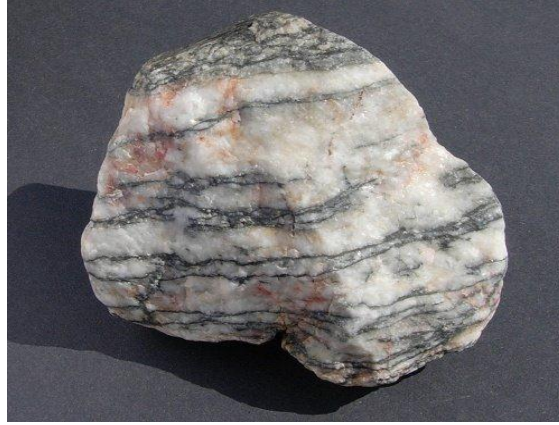


Resim 10. Nispeten düşük dereceli metamorfizma sonucu oluşan serizit şistlerde gözlenen pulsu-yapraksı şistozite yapıları (Hasayaz, Kalecik/Ankara).

Kaynak: Şahin, 2012: 179

4.1.3. Gnays

Kuşaklı bir görünümü olan ya da açık ve koyu renkli ayrılaşmış mineral bantlarına sahip bir metamorfik bir kayadır. Gnayslar çoğunlukla kuvars ve/veya feldspat gibi taneseli mineraller ile çok az oranlarda mika ve amfibol gibi levhamsı veya uzamış mineralleri içerirler. Kaba bir yapraklanmaya sahiptirler. Genellikle açık renkli minerallerden kuvars ve feldpatların belirli yerlerde, koyu renkli minerallerin de belirli yerlerde gruplanmasından dolayı bantlı bir yapı gösterirler (Resim 11) . Biotit ve hornblend tipik koyu renkli mineralleri oluştururken, kuvars ve feldspat başlıca açık renkli minerallerdir. Gnaysların çoğunluğu bölgesel metamorfizma sırasında kilce zengin çökel kayaların yeniden kristallenmesiyle oluşur. Öte yandan granit ya da daha yaşlı metamorfik kayaların bölgesel metamorfizmaya uğramasıyla da oluşabilir (Dirik ve Şener, 2007: 194).



Resim 11. Gnays

Kaynak: <http://geology.about.com/od/rocks/ig/metrockindex/rocpicgneiss.htm>

4.1.4. Mermer

Mermer esas olarak kalsit ya da dolomitten oluşmuş iyi bilinen bir metamorfik kayadır. Saf mermer kar beyazı ya da mavimsi olur, ancak çökel ana kayacındaki mineral safsızlıkları nedeniyle çok çeşitli renklere sahiptir. Yumuşaklığı, tek düze dokusu ve değişik renkleri mermeri tarih boyunca yapı ustalarının ve heykeltıraşların tercih ettiği bir kayadır. Heykelerde, anıtlarda, binalarda ve yapılarda alınlık ve ana yapıtaşı olarak kullanılmasının yanı sıra, seramik, tarım, kimya ve diğer sektörlerde önemli bir yeri vardır. Saf mermerler beyaz renkli olup hemen hemen tamamen kalsit kristallerinden oluşur. Oldukça yumuşak olması nedeniyle (mohs sertlik derecesi 3), mermer kolayca kesilip şekillendirilebilir. Beyaz mermer özellikle anıt ve heykel yapımında aranan malzemedir. Ne yazık ki asit yağmurlarından etkilenen kalsiyum karbonat bileşimli mermer zamanla zedelenmektedir.



Resim 12. Mermer

Kaynak: <http://geology.com/rocks/marble.shtml>

Mermerin köken kayası çoğunlukla az miktarda “yabancı maddeler” içerdiğinden renk farkları doğar. Böylece doğada pembe, gri, yeşil, mavi ve hatta siyah mermerler görülebilmektedir. Mermerlerin köken kayası olan kireçtaşı, ardışıklı şeyl katmanları içerdiğinde, bantlı ve foliasyonlu bir yapı gözlenir. Deformasyonla birlikte aşırı kıvrımlanmış mikalı bantlar mermere güzel bir görüntü verir (Ayasofya müzesinde bu görünüşler mükemmel bir şekilde ortaya çıkarılmıştır). Mermer adı eski çağlardan beri işletildiği Marmara adasından gelmektedir (Dirik ve Şener, 2007: 194-195, Öngen, 2009).

Bunlarda çok çeşitli aksesuar mineral yer alır (klorit, mika, granat ve vollastonit gibi). Taj Mahal (Pakistan) camisinin (resim 13) dış kaplamaları beyaz metamorfik mermerlerden inşa edilmiştir.



Resim 13. Taj Mahal Camisi (Hindistan)

Kaynak: <http://www.history.com/topics/taj-mahal>

Dünyanın yedi harikası içinde yer alan Efes Artemis Tapınağı (M.Ö. 4. yüzyıl), yeryüzünde mermerden inşa edilmiş ilk anıtsal örneği oluşturur. Karya Satrabı Mausoleus için Halikarnas'ta Greko-Pers üslubunda inşa edilen anıt mezar (M.Ö. 4. yüzyıl), Bergama'daki Zeus ve Athena sunakları (M. Ö. 2. yüzyıl), Didim'deki Apollon Tapınağı ve dev Klaros heykelleri mermerin kendisinde, mimarlık ve heykeltıraşlığı mükemmel biçimde birleştirdiği muhteşem örneklerdir.



Resim 14. Efes Artemis Tapınağı.

Kaynak: <http://www.dogaltasturkiye.com>

Anadolu’da geçmişı gelecekle buluşturmada eşsiz dayanıklılığıyla tarihin vaka-i nüvisliğini üstlenen asıl taş olan mermer, Anadolu’daki yapılarda ancak M.Ö. 8-7. yüzyıllarda boy göstermeye başladı; hükümrânlığını ise M.Ö. 1050’den sonra ilan etti. Beyaz mermer taşı, Bronz ve Hitit çağları yapı ve heykel sanatının geleneksel koyu renkli taşlarını yüzyıllar içinde adım adım gölgede bıraktı. En yoğun kullanım alanına Hellenistik çağ ve Roma İmparatorluğu dönemlerinde ulaştı. Tüm Batı Anadolu’da mermerden kentler kuruldu.

Efes, Bergama, Milet, Perge, Side, Afrodısyas gibi antik kentlerde en önemli yapılar hiç kuşkusuz tanrılara adanan tapınaklardı. Tapınakların ardından gelen saray, tiyatro, agora, devlet misafirhanesi, şehir meclisi, gymnasium, hamam, stadyum gibi yapılar, Anadolu’da antik çağ uygarlıklarının mühürleri oldu. Bu yapıların pek çoğu tepeleri gösterişli başlıklarla taçlanmış sütunlar, tanrı-tanrıça ve imparator heykelleri ile bol dökümlü giysiler içinde zarif kadınlar, çevik atletler, heykeller, yüksek kabartmalı frizlerle süslenirdi. Sert olmakla birlikte kolay işlenen, perdahlandıkça parlayan, göz alıcı beyaz rengiyle derin hatları ortaya çıkaran, ışık ve gölge değerlerini güçlendiren, üç boyutluluğu yansıtan, büyük blok halde işlenmeye yatkınlığıyla bakımı kolay olan mermerin sanat eserlerinde ve mimaride yoğun biçimde kullanılması mimaride çok önemli gelişmelere yol açmıştır.(<http://www.dogaltasturkiye.com>).

1979 yılında açılan Aphrodisias Müzesinde sadece Aphrodisias'dan kazılarla bulunmuş eserler sergilenmektedir. Eserlerin çoğunluğunu heykeller oluşturmaktadır. Aphrodisias'da İ.Ö. 1.yy. ile, İ.S. 5. yy.lar arasında çok nitelikli eserler veren bir heykel

okulunun varlığın bilinmektedir. Mermerler kentin 1 kilometre kuzeyindeki mermer ocaklarından getiriliyordu.

Aphrodisias Müzesi, batı Anadolu'daki bilinen en olağandışı, göze çarpan müzelerden birisidir. Kazılar sırasında ortaya çıkarılan haliyle, anıtlar burada sergilenmektedir. İlk halleriyle bulguların incelenip göz önüne getirilmesi, bu antik anıtların ihtişamının anlaşılmasına yeterli olur. Özellikle Aphrodisias'ın antik heykeltıraş okulunun çalışmaları bu sanatın gelişme seviyelerini gösterir (<http://www.aphrodisias.info/>).



Resim 15. Aphrodisias tiyatro hamamlarında bulunan mermer Helios heykelciği başı

Kaynak: <http://sanat.ykykultur.com.tr/ykksy/sergiler/aphrodisiastan-roma-portreleri>

4.1.5.Kuvarsit

Kuvarsit içeriği yüksek olan kuvarslı kumtaşlarının metamorfizmasıyla oluşan kuvarsitler en sert metamorfik kayalardandır. Orta-yüksek dereceli metamorfizma da kumtaşındaki kuvars taneleri rekristalizasyonla grift bir doku kazanırlar. Foliasyon düzlemleri gelişebildiği gibi, bazı durumlarda sedimanter tabakalara ait düzlemlerin korunabildiği de gözlenebilir. Bu durum kayaya bantlı bir görünüm kazandırır. Tipik olarak beyaz renkli kuvarsitler, içerdikleri demir okside bağlı olarak kırmızı ya da pembe bir renk sergileyebilirler. Sert ve sık dokulu bir yapıya sahip olan kuvarsit'in metamorfik ve sedimenter olarak iki oluşumu bulunmaktadır. Kuvarsitler ayrıca kuvars tanelerinden başka feldspat, mika, karbonat, amfibolit, demiroksit minerallerini de kapsayabilir. Kuvarsitler yaygın olarak kara ve demir yollarında temel malzemesi, silisçe zengin oldukları zaman ise cam sanayiinde,

silika tuğlası yapımında, ferro silis üretiminde ve yapı malzemeleri üretiminde hammadde olarak kullanılırlar (Şahin, 2012: 182).



Resim 16. Kuvarsit

Kaynak: <http://geology.com/rocks/quartzite.shtml>



**Resim 17. Gri - pembe renkli, kaba foliasyona sahip kuvarsit oluşumları
(Bitlis Masifi, Hürmüz Boğazı / Bitlis)**

Kaynak: Şahin, 2012: 183.

İKİNCİ BÖLÜM

SLEYT, TANIMI, OLUŞUMU, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

1. SLEYTİN TANIMI VE OLUŞUMU

Kayrak taşı, kayağan taşı veya arduvaz olarak ta bilinen, metamorfik bir kayaç olan sleyt (slate); çamur taşları, silt taşları, şeyller ve volkanik küllerin farklı kompozisyonlarını içerir. Metamorfizma nedeniyle oluşan klivaj yapıları, bu taşların doğal olarak plaka halinde ayrılmasına sebep olur. Çok farklı mineral ve kompozisyonları nedeniyle, değişik renkler ve desenler verebilmektedir. İhraç potansiyeli yüksek olan sleyt çatı kaplamalarında, döşemelerde ve dış kaplamalar ile birlikte peyzaj mimari amaçlı olarak kullanılmaktadır (DPT: 2616, 2001: 34).



Resim 18. Sleyt

Kaynak: <http://geology.com/rocks/slate.shtml>

Sleyt; kilce zengin bir sedimanter bir kayaç olan şeyllerin düşük basınç ve sıcaklık koşulları altında metamorfizmaya uğraması sonucu oluşan, çok ince taneli bir kayaç türüdür. Bileşenlerinin %50-90'ı mika (serizit) pulcuklarından oluşur. Belirgin ve mükemmel bir foliasyona (yapraklanma) sahiptir ve yaygın olarak bulunur. Arduvazlarda (sleyt) şeylin oluşturduğu sedimentar süreçlerden farklı olarak, bir miktar daha fazla sıcaklık ve basınç etkisiyle, bu yeni metamorfizma koşulları altında kil minerallerinin mika minerallerine

dönüştüğü görülür. Ortaya çıkan metamorfik kayaya ait bu bileşenler, çoğunlukla belirli bir yönde devamlılık sunan düzenli bir dizilim kazanır. Kaya'da düzlemsel veya çizgisel yapılar olarak ortaya çıkan bu özellik sleyt (arduvaz) gibi düşük dereceli metamorfizma sonucunda oluşan kayalarda kaya dilinimi olarak adlandırılır. Bu özellik dolayısıyla ekonomik önemde kazanan bu kaya türlerinden yapı taşı olarak yararlanılmakta ve dekorasyonda kullanılmaktadır. Siyah renkli sleytlerde organik kökenli materyal, kırmızı renkli olanlarda demir oksit, yeşil renkli arduvazlarda klorit bileşenleri bulunur (Hamblin, 1991:107, Şahin, 2012: 177-178).

İnce yapraklar halinde belirgin yapraklanması olan (sleyt klivajı), bileşimlerinde ençok muskovit pulları bulunan şeyllerden ve ince taneli volkanik tüflerden (volkanik küller) oluşmuş, çok hafif başkalaşım geçirmiş ve bunun sonucu yapraklı yapı kazanmış killi yapılarıdır. Volkanik bir kayaç olan bazaltlar ile diğer ince taneli kayaçlar da metamorfize olarak sleyte dönüşür. X-ışını analizlerinde, illit (kil minerali) ve serisitten oluştukları belirlenmiştir. Eğer kuvars içerirse fillat (fillit) olur. Düz bir dilinim boyunca kolayca kırılır. Çok az başkalaşım geçirdikleri için başlangıç kayacına benzeyebilir. Sleyt yapraklaşma düzlemleri boyunca oldukça düzgün levhalara ayrılır. Kayaç klorit içeriyorsa yeşil, hematit içeriyorsa kırmızı-mor, Kömür içeriyorsa gri siyah renkte görünür (resim 19). Kırmızı Sleytler %3-6 hematit içerebilir.



Resim 19. Farklı renklerdeki sleyt örnekleri

Kaynak: <http://geology.about.com>

Sleytin kapsadığı diğer önemli mineraller biyotit, siderit, turmalin, zirkon, andaluzit ve kaolindir. Bunlar dışında diğer birçok mineralde çok az miktarda belirlenmiştir çok fazla bir büyüme ile sleytin, mikanın (İllit ve Serizit) çok ince pulları ve liflerinden meydana geldiği görülür bu mika pulları diğer mineral taneleri arasına dağılmıştır. Şeyller içindeki kil mineralleri, yer kabuğunun derinliklerine gömülerek metamorfaza (yeni şekil değişikliğine) uğrar ve klorit ve muskovit gibi mika mineralleri oluşur. Bu mineraller birbirine karışarak daha yoğun ve sert kayaları meydana getirir ki, zayıf ve kırılgan yüzeylere sahip olur. Bu özellik klivaj olarak adlandırılır. Böylece düşey doğrultudaki basınç sonucu kristaller yassılaşıp şekillenir. Şeyl içindeki tabakalanmayı oluşturan kil boyutundaki sediman tanelerinin ince seviyeler halinde dizilmesi sonucu oluşan yapı sertleşir. Bu seviyeler içindeki sleyt örnekleri basıncın artmasıyla ufak mika kristallerinin ve kloritin oluşması nedeniyle hem foliasyon yapısı hem de kalıntı şeklinde şeyl parçaları ihtiva eder. Yassı yüzeyler, sleyt klivajı veya kırıkları boyunca yüzeyi keser. Kayaç kırılır ve basıncın artması nedeniyle kımıldayarak yön değiştirir. Sleyt yerin altında bulunan şeyl ve killerin milyonlarca yılda, yüksek basınç ve sıcaklık altında değişimi sonucu meydana gelir. Şeyl gibi sleytte belirgin levha parçalarına ayrılır. Bu özelliğin anlamı iyi klivajlı bir yapıya sahip olmasıdır.



**Resim 20. Düşük dereceli metamorfizma sonucu oluşan sleytlerde kaya dilinimi
(Hasayaz, Kalecik / Ankara)**

Kaynak: Şahin, 2012: 182

Mikrokristalin bir kayaç olan sleyt partiküllerinden çoğunun çapı bir mikron (0,001 milimetre) dan daha az olduğundan sleytin minerolojisini çalışmak güçtür. Petrografik mikroskopun kullanımının yanı sıra, X-Ray, kimyasal ve termal testler ve elektron mikroskopunun uygulanmasında gereklidir. Tipik bir sleytin mineral kompozisyonu tablo 2’de verilmiştir (Karaman, Kibici, 2008: 4-54-55, Kuşçu, 2001: 66) .

Tablo 2. Sleytin tipik mineralleri ve yüzde oranları, Kaynak: Kuşçu, 2001

MİNERAL ADI	(%)
Kuvars	30
İllit	27
Serisit	10
Kalsit	10
Plajioloklas	6
Klorit	5
Dolomit	5
Pirit	4
Grafit ve Karbonlu Madde	2.5
Rutil	0.5
Toplam	100

Kalın şeyl istifleri değişen oranlarda kumlu, kalkerli ve karbonlu tabakaların ardalanmasından oluşur. Eğer istif sleyt’e dönüşürse istifin homojenliğindeki bu eksiklik de devam eder. Birkaç bin feet kalınlığındaki istifte sadece birkaç metre ile on beş metre arasında kalınlık sunan homojen tabakalar bulunur. Homojen tabakalar içinde bile koyu renkli sertçe ince tabakalar veya farklı materyal bantları vardır. Bu bantlar şerit veya şeritler şeklindedir (Kuşçu, 2001:70).

2. SLEYTİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Sleyt genel olarak; siyah, gri mor, yeşil ve kırmızı renktedir. Benekli ve alacalı görünümlü olanları çok düşük miktarlarda görülmektedir. Sarı ve kahverengi sleytler ticari olarak piyasada istenmezler. Bu sleytlerin renk tonları bunların çok fazla miktarda ayrışmaya uğradığını gösterir. Siyah ve gri renk tonları karbon içerdiğinden dolayı kırmızı ve mor renk saçılmış hematit: yeşil renk ise kloritten veya ferro (+2) demir oksitten ileri gelmektedir.

Rengin sürekliliği ekonomik açıdan çok önemlidir çoğu sleyt atmosfer etkisiyle çok az solar (rengini kaybeder) veya hiç değişmez, fakat deniz yeşili olarak bilinen yeşil sleyt birkaç yıl içinde atmosfer etkisi ile devetüyü rengine veya kahverengimsi griye rengini değiştirir.

Böyle renk değişimleri +2 değerlikli elementlerin oksidasyonu sonucudur. Renk kaybetme kötü birşey değildir ve gerçekte güzel görünümlü, çok doğal renkler oluşabilir.

Sleyt, Kuvars ve duraylı yani stabil silikatlardan meydana gelmiş ise çok yüksek bir dayanıklılığa sahiptir. Amerika-Pensilvania’da çıkarılan sleytler binalarda çatı örtüsü olarak kullanılmış, 1734 yılından günümüze kadar bozulmanın hiçbir işaretini göstermemişlerdir. Sleytin dayanıklılığı birçok Avrupa yapılarında da görülmektedir. Fransız Alplerindeki tarih öncesi yapılarda 2500 yıldan sonra dahi sleytler bozulmamıştır. Sleyt uzun süre atmosfer etkisinde kaldığında onun çok az olan CaCO_3 ’ı ayrılır ve bu bileşke hava içerisindeki H_2S dumanları reaksiyonundan CaSO_4 oluşur ve bu sleytin yüzeyinde bozucu etkilere neden olur.

Sleytin porozitesi çok düşüktür %2 den daha az ve genellikle %0.05 - %0.02 arasındadır böylelikle iyi kaliteli sleyt nem’e karşı dayanıklı olup su ve hava geçirmez eğer sleyt Fe’ li mineraller karbon (C) bakımından zengin ise yüksek elektrik direncine sahiptir (Kuşçu, 2001: 67-68).

Sleyt mineralleri çok silisleşmiş killi ve marnlı bir hamurla bağlanmıştır. SiO_2 oranı %50-68 arasında bulunmuştur. Oldukça sert olan sleyt (arduvaz) su geçirmez ve atmosfer şartlarına dayanıklıdır. Pirit ve kalsit ihtiva ediyorsa kolay bozuşur, açığa çıkan sülfürik asit çıkan çivileri de paslandırdığından arduvazı çatı kaplama malzemesi olarak kullanılamaz hale getirir. Minerolojik bileşimdeki değişimler, mermer ve diğer dekorasyon taşlarında olduğu gibi, bu malzemeyi de renk ve desen bakımından farklı özelliklere kavuşturulabilir (DPT, 2001).

Sleyt ocaklarında, yatakların en üst kısmında bulunan bozulmuş kayaçların alınması için sondajla delme patlatma işlemleri (değerlendirilecek sleyte zarar vereceğinden) sınırlı biçimde yapılır. Sleytin ayrımı için birincil kesmeler tel testere veya kanal açma ile yapılır.

Bloklar ocak tabanına paralel sleyt yarılımlardan ayrılır ve daha büyük taş ocağı blokları aynı şekilde daha küçük parçalara bölünür. Yukarıya doğru kaldırma üstten geçen kablo yolları ile yapılır. Bu işlemler basit gibi görünmesine rağmen gerçekte sleyt çıkarmak güçtür ve oldukça özelleştirilmiş bir teknik ister. Sleyt masif bir kayaç olmadığından jeolojisi çok karmaşık olan yataklardan seçilerek alınması gerekmektedir. Tabakaların durumu birincil öneme sahiptir. Çünkü yüksek kalitede sleyt tabakası nasıl biçimlenmiş ise sleytin çıkarıldığı taş ocağı işletmesi o tabakayı takip ederek planlanır. Böylece her sleyt bölgesinde jeolojik yapının farklı olmasından dolayı yine her sleyt bölgesinin kendine has yapısal özelliklerinin bulunduğu ortaya çıkmaktadır.



Resim 21. Sleyt ocağı

Kaynak: <http://dogaltasustasi.com/kayrak-tas-ocaklari/>

Sleyt (arduvaz) değişik bileşim ve renklerinin yanı sıra oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir. Yapı ve dekorasyon sektöründe yüzey kaplama malzemesi olarak, çatı örtüsü (Resim 22) kaldırım taşı, şömine rafı, kapı pencere eşikleri, basamaklar (Resim.25.), döşeme – kenar tahtası, yazı tahtası, yer altı kemerlerinde, elektrik panellerinde ve bilardo masalarının üstleri için kullanılır. Bunların dışında tozları; dolgu malzemesi, şimentoya katkı malzemesi, ısı yalıtımlı uygulamalarda ve agrega olarak da tüketilmektedir. Genleşen sleytler ise hafif yapı malzemesi olarak değerlendirilir. En çok yapı sektörü ve dekoratif amaçlı olarak çevre düzenlemelerinde kullanılmaktadır.

Özellikle ABD ‘de çatı kaplama malzemesi ve doğal dekoratif amaçlı yaygın olarak uygulanmaktadır. Bilhassa çatı kaplamalarında kullanılan sleytlerin yüzyılı aşkın süre dayandığı belirtilmektedir. Uygun biçimde yerleştirilip korunduğunda normalde 60 ile 125 yıl arası bir ömre sahiptir. Avrupa ve Amerika’da yeşil, siyah ve gri-mavi renkli sleytler çatı kaplaması yönünde tercih edilmektedir. Arduvaz, diğer adı ile sleyt 900 kg cm² basınca dayanıklıdır. Gerek çatı, gerekse dış yüzey kaplamalarında ebad ve kalınlık hususunda belli standartlar yürürlüktedir. İstanbul Haydarpaşa tarihi gar binası Almanya’dan ithal edilen sleyt ile kaplanmıştır. Binanın ön cephesindeki kitabede bu arduvazlar hakkında bilgi vardır. Ankara’da Ulus ve İstasyon civarındaki bazı eski ve tarihi binaların çatıları da sleytle

kaplanmıştır. İngiltere'nin Galler bölgesinde sleytin 1750 yılından beri çatı kaplama malzemesi olarak kullanıldığını bilinmektedir.



Resim 22. Sleytin çatı örtüsü olarak kullanımı

Kaynak: <http://stormshieldusa.com/slate-roofing/>

Sleyt (arduvaz), zor aşınan ve atmosferik şartlardan etkilenmeyen özelliğı nedeniyle taban döşemelerinin yanı sıra yapılar da ince kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Artıkları ise endüstrinin bazı alanlarında katkı ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Kuzey Avrupa'da, kaba kırılmış sleytlerin bahçe yollarında döşeme amaçlı olarak kullanımı hayli popülerdir. Türkiye'de Muğla ve Bodrum yakınlarında çıkarılan siyah renkli ince tabakalı kireç taşları o yörede veya birçok çevrede kayrak taşı olarak adlandırılmakta ve öyle bilinmektedir. Özellikle Akdeniz ve Ege Bölgesi turizm yörelerinde çevre düzenlemelerinde dekoratif amaçlı hem doğal olarak hem de boyutlandırılmış olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de gerçek sleyt (kayrak taşı) oluşumları Nevşehir çevresinde bulunmaktadır. Dünyada ABD'de Pensilvanya ve Vermont eyaletlerinde; İngilterede ise büyük ölçüde Galler'de bulunur (DPT: 2616, 2001: 37Kuşçu, 2001: 67, Ünsal, 2001).



Resim 23. Sleyt çatılar (Etar, Gabrovo/Bulgaristan)

Kaynak: Fikret Aydoğdu, 2014



Resim 24. Sleyt çatılarla örtülü köy (Etar, Gabrovo/Bulgaristan)

Kaynak: Fikret Aydoğdu, 2014



Resim 25. Basamaklarda sleytin kullanımı

Kaynak: www.tasdunyasitrabzon.com

3. SLEYT İLE İLGİLİ YAPILAN ARAŞTIRMALAR VE ÇALIŞMALAR

Taş ocağı işletme yöntemlerinin doğal bir sonucu olarak çok büyük miktarlarda sleyt yıllarca israf edilmiştir. İsraf olan bu malzemenin uygun kullanım alanlarını bulmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Nispeten küçük ve doğal olarak kullanılmayacak biçimde olan sleyt kırıntıları toz haline dönüştürülür. Amerika’da Pensilvanya Üniversitesindeki deneyler, kırılmış döküntü sleytin 1100-1200°C de genleştiğini ve beton için hafifi ağırlıklı gözenekli bir agrega üretilebileceğini göstermiştir. Bir diğer araştırmada ise kayaç yünü olarak bilinen yalıtım materyalleri şekline getirmek için, çelik değirmende eritilip cüruf haline getirilen döküntü sleyt hava ve buhar fışkırması içine sokulur (Kuşçu, 2001).

Sleyt endüstrisi atıklarının; sleyt tozunun karakteristiği, kalıplama ve sinterleme koşullarının kontrolüyle döküm yöntemiyle farklı seramik parçaların üretiminde, ayrıca seramik karo üretiminde hammadde olarak değerlendirilmesine yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Souza ve Mansur, 2004, Campos ve ark. 2004, Catarino ve ark., 2003).

Denizli ili çevresinde işletilen doğaltaş ocaklarında, farklı yapıtaşları çıkarılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanlar, traverten, kireçtaşı ve kayrak taşı (sleyt) ocaklarıdır. Denizli ilinin kuzey doğusunda, Çal, Bekilli ve Baklan üçgeninde, Menderes masifinin bir üyesi olan kayraktaşları bölgenin önemli doğal taş kaynaklarındandır. Yağız, Bu çalışmasıyla bölgede işletilen kayrak taşlarının yapıtaşı olarak kullanılabilirliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bunun için, bölgede bulunan taş ocakları ve sahalarda jeolojik çalışmalar yapılarak,

kayaçların özelliklerini temsil eden örnekler alınmıştır. Kayaç örneklerinde, petrografik, mineralojik (XRD), kimyasal (XRF) analizler ve jeo mekanik deneyler (tek eksenli sıkışma dayanımı, Schmidt sertlik değeri, ağırlıkça su emme, etkili gözeneklilik, doluluk oranı, eğilme dayanımı, sonik hızı, elastisite modülü, doğal ve doygün birim hacim ağırlık) yapılarak elde edilen bulgular kayaçların yapıtaşı olabilirlikleri açısından değerlendirilmiştir. Kayaçlarda yapılan deney ve analizler, uluslararası doğal taş standart ve metotlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, işletilen kayrak taşlarının özellikleri itibariyle, binaların iç ve dış cephelerinde, açık mekânlarda ve çevre düzenlemelerinde yapıtaşı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabileceği ifade edilmektedir (Yağız, 2011).

Costa, Almeida ve Gomes; Organik madde içeriği zengin siyah şeylin düşük dereceli bölgesel metamorfizması ile oluşan ince taneli siyah sleytin, heykel parçalarının üretiminde kullanımıyla ilgili çalışmalar yapmışlardır (Costa, Almeida, Gomes, 2013: 134-140).

Kayrak taşı doğal olarak herhangi bir işleme tabi tutulmadan sanatsal bir yaklaşım ile İzmir Gaziemir de yaşayan taş sanatçısı Gürel GÜREL tarafından farklı bir sunumla kullanılmıştır (Resim 26-29). Bulgaristan'da güzel sanatlar sanatlar eğitimi alan ve 1993'te Türkiye'ye gelen sanatçı İzmir Gaziemir belediyesinde çalışmaya başlamıştır. İMKB Kız Teknik ve Meslek Lisesi'ni çevreleyen duvarlara Bayındır İlçesi'nden getirilen renkli kayrak taşlarıyla, eski adı Seydiköy olan ilçenin tarihsel gelişimini yansıtmış, hayranlık uyandıran çalışmayı Mustafa Kemal Atatürk'ün portresi ve Kocatepe'deki ünlü pozu ile tamamlamış, büyük takdir almıştır.

Kayrak taşlarını bisküviymiş kadar kolay kıran, bir peynir kalıbıymış gibi kesen Gürel Gürel'in ellerinde o sert kayaların adeta can bulduğu görülmektedir (<http://www.egelif.com>). Türkiye'de kayrak taşını tuvalle buluşturan başka bir sanatçının olduğunu sanmadığını dile getiren Gürel; doğanın bağışladığı doğal malzemeleri kendi bakış açısıyla yeniden işleyerek insanların beğenisine sunduğunu, renk ve desen özelliği çok zengin olan kayrak taşını boya gibi kullanarak resim yaptığını, taşın içinde zaten var olan bir motifin güzelliğini kullanarak bunu resme taşıdığını ifade etmektedir (<http://www.haberciniz.biz>).



Resim 26. Kayrak taşı ile duvar uygulamaları

Kaynak: <http://gurelgurel.blogspot.com>



Resim 27. MDF üzeri kayrak taşı uygulaması

Kaynak: <http://gurelgurel.blogspot.com>



Resim 28. Kayrak taşı ile rölyef çalışması

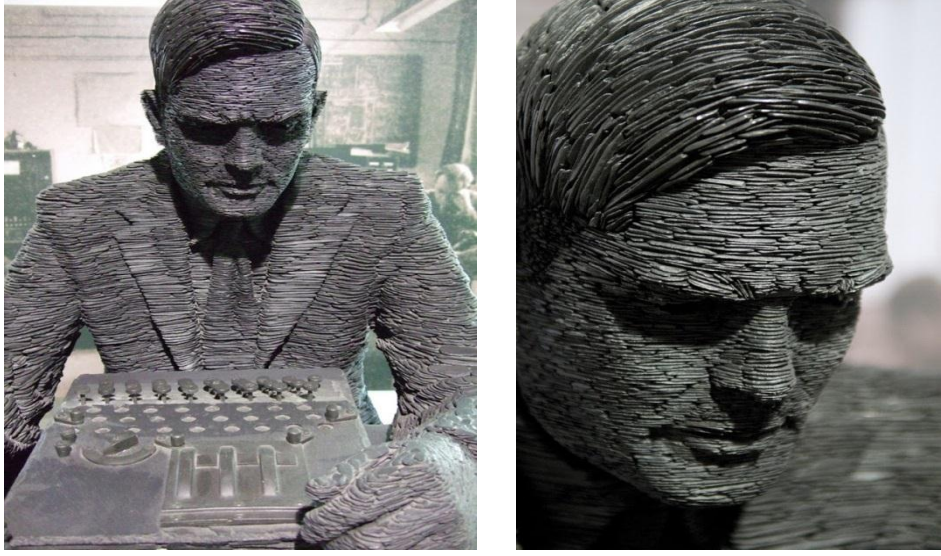
Kaynak: <http://gurelgurel.blogspot.com>



Resim 29. Tuval üzeri kayrak taşı çalışması

Kaynak: <http://gurelgurel.blogspot.com>

Stephen Kettle, 1966'da Castle Bromwich Birmingham'da doğmuş, sleyt ile çalışan bir İngiliz heykeltıraştır. Kraliyet donanmasında görev yapmış, babasının inşaat işlerinde çalışmak üzere 1989'da ayrılmıştır. Takip eden 15 yıl boyunca becerilerini geliştirmiş ve bu alanda edindiği tüm bilgi birikimlerini heykellerinde kullanmıştır. Sanatçı, eserlerini oluşturmak için ince sleyt taşlarını kullanmıştır. En ünlü parçası İngiltere'de Bletchy Park da sergilenen Alan Turing heykelidir. Eseri 1,5 ton ağırlığındadır ve 18 ayda tamamlanmıştır. Sleyt levhaları bir arada tutmak için kendi buluşu olan, hiçbir şekilde belli olmayan bir yapıştırıcı kullanır (<http://www.amusingplanet.com/2011/09/slate-sculptures-by-stephen-kettle.html>).



Resim 30. Stephen Kettle, sleyt heykel çalışması

Kaynak: <http://www.amusingplanet.com/2011/09/slate-sculptures-by-stephen-kettle.html>



Resim 31. Stephen Kettle, sleyt heykel çalışması

Kaynak: <http://www.ukfinearts.co.uk/stephenkettle.html>

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SERAMİK UYGULAMALAR

1. SLEYT ATIĞI VE DİĞER HAMMADDELERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALojİK ÖZELLİKLERİ

Kütahya-Kumarı köyü sleyt ocağından çıkartılan ve Kütahya sanayi bölgesindeki taş kesim atölyesinde işlenen sleyt tabakalarının işlem sonu atıkları (Resim 32-33) araştırmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Sır ve çamur reçetelerinde bu örnekler kullanılmıştır. Üretim için kullanıma uygun olmayan farklı boyutlardaki sleyt (kayrak taşı) boyut küçültme işlemlerine tabi tutulmuştur. 50 kg kuru madde kapasiteli değirmende yaş olarak öğütülmüş, 40 mikron elekten geçirilen sleyt 100 °C etüvde kurutulmuştur.



Resim 32. Kütahya-Kumarı köyü sleyt ocağı



Resim 33. (a) Taş kesim atölyesi (b) Kesim sırasında ortaya çıkan sleyt atıkları

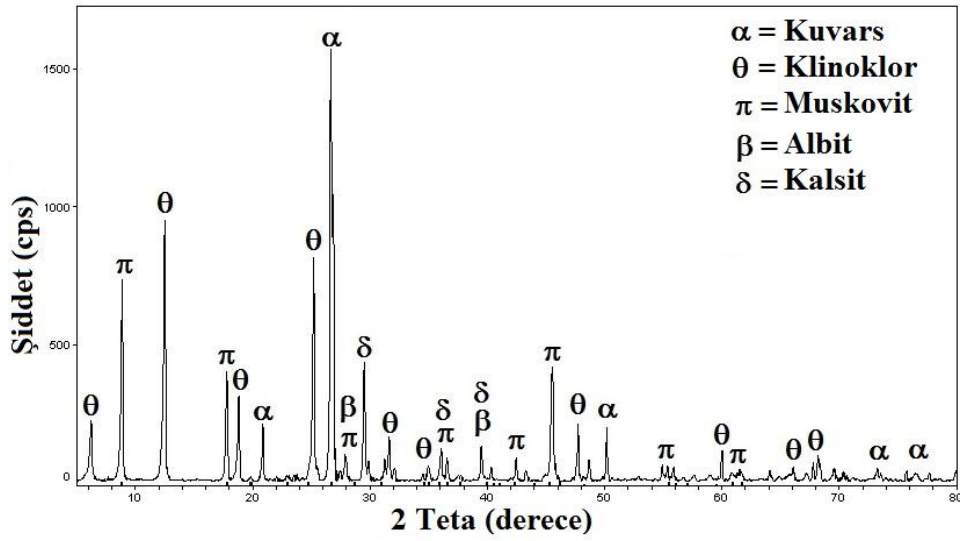
Çamur, sır ve astar ile ilgili denemelerde sleyt ile birlikte sodyum feldspat, potasyum feldspat, üleksit ve sülyen gibi ergiticiler, kuvars, çeşitli kil ve kaolinler kullanılmıştır. Mask 5 ve mask 6 olarak kodlanmış olan killeri Matel Hammadde Sanayii ve Tic. A.Ş.’den, 401 sert kaolini Gürbüz madencilik, 188 döküm kaolini Kale madencilik ve Ukrayna kili Esan madencilikten temin edilmiştir. Renklendirme çalışmalarında; bakır oksit, kobalt oksit, demir oksit ve mangan oksit kullanılmıştır. Sır, çamur ve astar reçetelerinde kullanılan sleyt atığı ve diğer hammaddelerin kimyasal analizleri tablo 3’ de, sunulmuştur.

Tablo 3. Reçete araştırmalarında kullanılan sleyt ve diğer hammaddelerin kimyasal bileşimleri (Ağırlıkça %)

Hammadde	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	*A.K.
Sleyt Atığı	49,82	15,90	6,81	8,75	2,84	0,80	4,23	0,84	9,85
Sodyum Feldspat	69,37	18,90	0,20	0,54	0,45	9,16	0,24	0,30	0,84
Kuvars	99,50	-	-	-	-	-	-	0,07	0,43
Potasyum Feldspat	68,68	15,06	0,20	0,54	0,05	2,46	10,45	-	0,58
Mask 5 kil	50-53	32-34	1-1,20	0,15	0,05	0,18	3-0,5	0,35	11-12
Mask 6 kil	52-54	30-33	1,7-2,0	0,30-0,50	0,30-0,50	0,20	1,70-1,90	1,00-1,30	10-11
401 kaolin	67	25	0,50	0,20	0,10	0,20	0,20	0,50	7-8
188 Döküm kaolini	56,76	28,73	0,61	0,33	0,03	0,03	0,18	0,54	10,34
Ukrayna kili	60	27	0,90	0,20	0,50	0,50	2,20	1,30	7,5

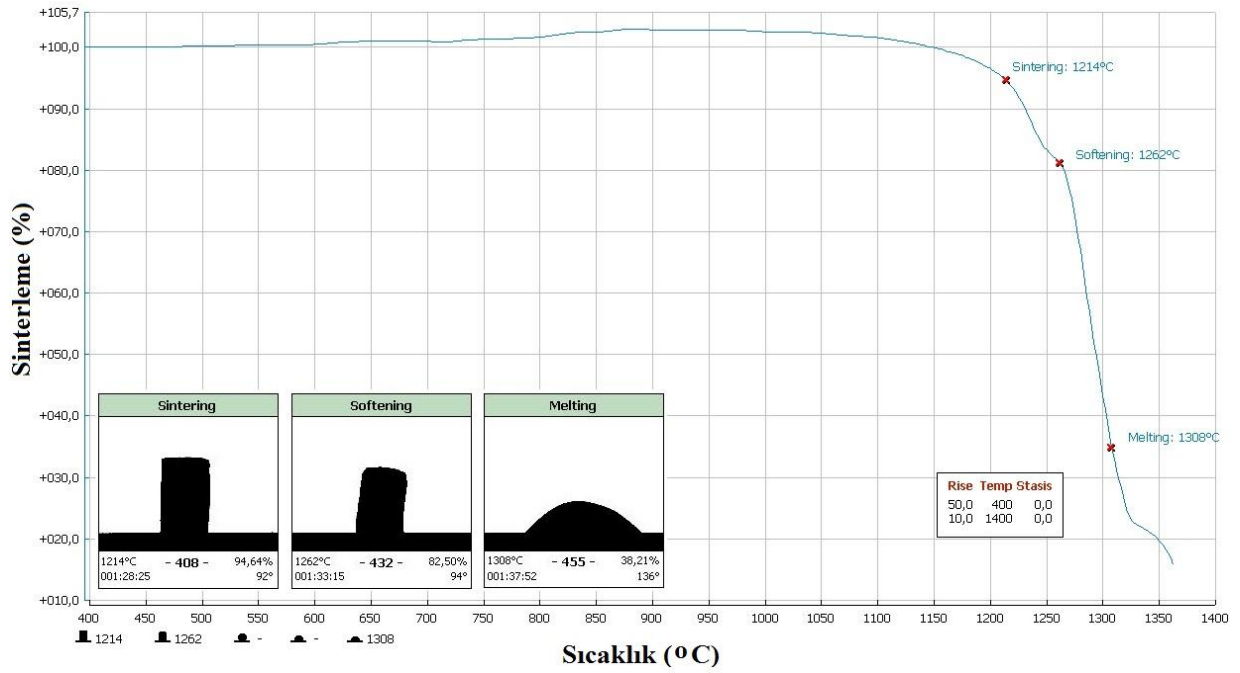
*A.K: Ateşte kayıp

Sleyt atığının XRD desenleri şekil 1’de görülmektedir. Sleytin temel kristal fazları: kuvars, klinoklor, muskovit, kalsit ve albit olarak saptanmıştır.



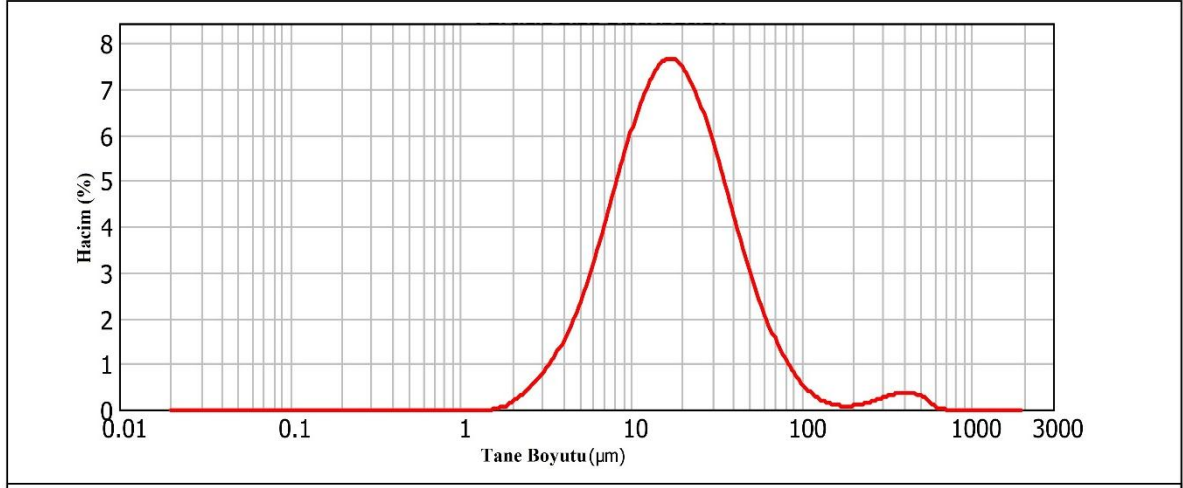
Şekil 1. Sleyt atığının XRD analizi

Sleyt atığının ısı mikroskobu sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Buna göre sinterleme (sintering), sıcaklığı 1214 °C, yumuşama (softening) sıcaklığı 1262 °C ve ergime (melting) noktası sıcaklığı 1308 °C’dir.



Şekil 2. Sleyt atığının sinterleme eğrisi

Sleyt atığının tane boyut dağılımı şekil 3'te verilmiştir. Bu deney sonucuna göre çalışmalarda kullanılan atığının ortalama partikül boyutu; 17.331 μm , d (0.1) değeri; 6,238 ve d (0.9) değeri; 50,039 μm 'dir.



Şekil 3. Sleyt atığının tane boyut dağılımı

Resim 34'de öğütülmüş sleyt atığının doğal ve 1160°C sıcaklıklardaki pişirim sonrası renk değişimleri ve ergime özellikleri görülmektedir. Sleyt atığı, doğal halde koyu gri renktedir. 1160°C'de örnekte renk koyu sütlü kahverengidir. Erime söz konusu değildir. 1160 °C'de ise toz haldeki atığın tamamen eridiği, kahverengi bir renk tonu aldığı gözlenmiştir.



Doğal



1160 °C

Resim 34. Sleyt atığının doğal halde ve 1160 °C' de pişirim sonrası renk değişimi ve ergime davranışları

2. SLEYT ATIĞI İLAVELİ SIR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

Çalışmanın ilk aşamasında sleyt atığı; tek başına ve ergitici özelliği olan sır hammaddeleriyle ikili sistemlerde belirlenen oranlarda kullanılmıştır. İkili sistemlerin kullanılmasının nedeni mümkün olduğu kadar az sayıda hammadde ile arzu edilen camlaşma, renk ve doku özelliğine sahip sırlı yüzeyler oluşturmaktır. Ayrıca standart bir stoneware sır reçetesi içinde bileşimde yer alan ergiticilerin yerine de kullanılmıştır. Atığın dışında; sodyum ve potasyum feldspat, üleksit, kolemanit, sülyen, boraks, kalsine soda ve Kütahya çini sırları reçeteler içinde hammadde olarak kullanılmıştır.

İkili sistemde sleyt atığı; üleksit, kalsine soda, sülyen ve alkalili-borlu saydam stoneware sırları ile birlikte kullanılmıştır (tablo 4-9).

Tablo 4. Sleyt atığı (SA) ve üleksit (Ü) katkılı sırların reçete bileşimleri

Reçete No	Hammadde		Reçete No	Hammadde	
	Sleyt atığı (%)	Üleksit (%)		Sleyt atığı (%)	Üleksit (%)
SA-Ü-1	50	50	SA-Ü-7	80	20
SA-Ü-2	55	45	SA-Ü-8	85	15
SA-Ü-3	60	40	SA-Ü-9	90	10
SA-Ü-4	65	35	SA-Ü-10	95	5
SA-Ü-5	70	30	SA-Ü-11	100	0
SA-Ü-6	75	25	SA	-	-

Sleyt atıklarının üleksit ile % 50-95 arasında değişen oranlarda kullanılmasıyla üretilen sırlarda; ağırlıklı olarak açık sarı-krem renginin hâkim olduğu gözlenmiştir. % 80, 85 ve 90 sleyt atığı içeren sırlarda (SA-Ü-7, 8 ve 9) 1160°C’de, rengin koyulaştığı, mat ve dokulu yüzeyler oluştuğu görülmüştür. SA-Ü-10 kodlu (% 95 sleyt ve % 5 üleksit) sır içinde yer alan sleyt atığının renk etkisinin çok kuvvetli olduğu, tespit edilmiştir. SA-Ü-11 kodlu sır; % 100 sleyt atığı içermektedir. Atık bilyeli değirmende öğütülerek sır süspansiyonu haline getirilerek bisküvi plaka üzerine uygulanmıştır. Yarı camsı, kil sırlarını andıran bir yüzey görüntüsü vardır.



SA-Ü-1



SA-Ü-2



SA-Ü-3



SA-Ü-4



SA-Ü-5



SA-Ü-6



SA-Ü-7



SA-Ü-8



SA-Ü-9



SA-Ü-10



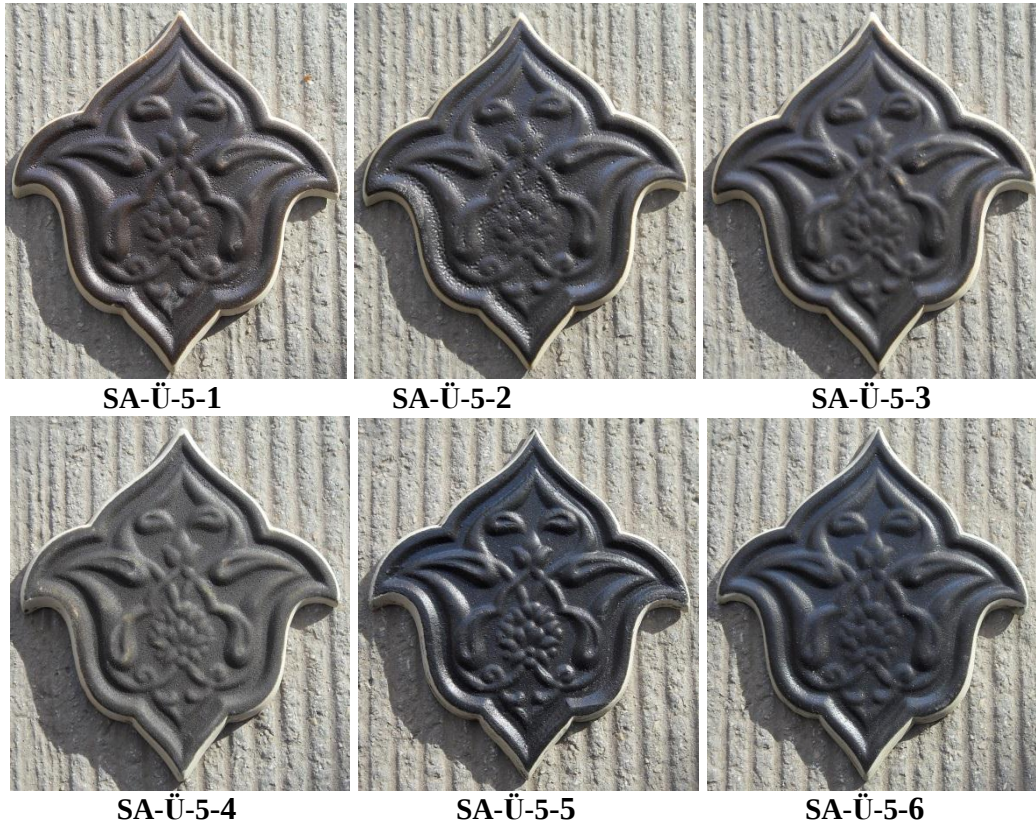
SA-Ü-11

Resim 35. Sleyt atığı ve üleksit katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C

Tablo 5. SA-Ü-5 No'lu (% 70 Sleyt atığı- % 30 Üleksit) sırında CuO ve CoO katkı oranları

Reçete No	Hammadde ve Reçete Bileşim (%)			
	Sleyt Atığı	Üleksit	CuO	CoO
SA-Ü-5-1	70	30	3	-
SA-Ü-5-2	70	30	6	-
SA-Ü-5-3	70	30	9	-
SA-Ü-5-4	70	30	-	3
SA-Ü-5-5	70	30	-	6
SA-Ü-5-6	70	30	-	9

Sleyt atığı ve üleksit ile yapılan denemelerde elde edilmiş olan bünyeler içerisinde, akışkanlık ve renk oranları açısından dengeli bulunarak seçilmiş (SA-Ü-5) sırina % 3, 6 ve 9 oranlarında CuO ve CoO ilavesi yapılarak, renk ve yüzey değişimleri gözlemlenmiştir. Renklendirici oksit miktarı arttıkça sleyt atığının içerdiği demir oksit'in de etkisiyle siyah mat metalik yüzeyler oluştuğu düşünülmektedir.



Resim 36. SA-Ü-5 No'lu (% 70 Sleyt atığı - % 30 Üleksit) sırda CuO ve CoO'nun renk etkileri, 1160 °C

Tablo 6. Sleyt atığı (SA) ve Sülyen (S) katkılı reçeteler

Reçete No	Sleyt Atığı (%)	Sülyen (%)		Sleyt Atığı (%)	Sülyen (%)
SA-S-1	50	50	SA-S-7	80	20
SA-S-2	55	45	SA-S-8	85	15
SA-S-3	60	40	SA-S-9	90	10
SA-S-4	65	35	SA-S-10	95	5
SA-S-5	70	30	SA-S-11	100	-
SA-S-6	75	25	-	-	-

Sleyt atığı ve sülyen ile oluşturulan sır reçetelerinde, üleksitin yerine aynı oranlarda sülyen kullanılmıştır. Bu gruptaki sırlarda renk tonlarının farklılaştığı, gözlenmektedir. Kurşun oksit düşük sıcaklıklarda kolay eriyen bir oksit olduğu için sleyt atığı ile birlikte, artistik görünümlü sır yüzeyleri elde edilmiştir. Az miktarda kurşun oksit ile sleyt'i yüzeye bağlamak mümkün görülmektedir. % 50 sleyt atığı, % 50 üleksit katkılı sır (SA-Ü-1) reçetesinde renk; açık sarı-krem iken, üleksit yerine aynı oranda (% 50) sülyen kullanıldığında bal rengine dönüşüm olduğu görülmektedir. Renk değişimi % 85 sleyt atığı katkılı sıra kadar devam etmektedir. Sülyen katkısı sırdaki sarı-turuncu etkisini üleksite göre daha fazla arttırmaktadır. Kurşunlu sırların pişme sonrası renklerinin borlu sırlara göre sarı renk açısından daha farklı olması kurşun oksitten kaynaklanmaktadır. Sleyt atığının kimyasal bileşiminde % 6,81 olarak bulunan Fe_2O_3 in, bu etkileşimi arttırdığı düşünülmektedir.

Kurşun silikat kökenli sırlarda, sıra oluşturan camın rengi sarıdır. Bunun nedeninin diğer hiçbir maddeye bağlanmadan çözünen kurşunun, sıra oluşturan camın içindeki serbest moleküllerinin konsantrasyonlarıdır. ($1PbO$. $1SiO_2$) bileşimindeki sır sarı renklidir. Bol kurşunlu sırlarda Fe_2O_3 , sarıdan kahverengiye dönüşen renkler üretir (Arcasoy 1986, Tusun 2011). % 95 sleyt atığı- % 5 üleksit sırında (SA-Ü-10) sarımsı kırmızı kahve renk tonu oluşmuşken, aynı reçetede üleksit yerine % 5 oranında sülyen katkısıyla kahverenginin hâkim olduğu görülmektedir. Kurşunun kullanım eşyası üretimindeki sakıncalarından dolayı, endüstriyel ürünlerde tercih edilmese de, sanatsal ve dekoratif seramiklerde sleyt atığının çok etkili bir tamamlayıcısı olabilir.



SA-S-1



SA-S-2



SA-S-3



SA-S-4



SA-S-5



SA-S-6



SA-S-7



SA-S-8



SA-S-9



SA-S-10



SA-S-11

Resim 37. Sleyt atığı ve sülyen katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C

Tablo 6’da verilen sleyt atığı ve sülyen katkılı sır reçeteleri içinden SA-S-5 no’lu sır (% 70 sleyt atığı - % 30 sülyen) renklendirme için seçilmiş; % 3, 6 ve 9 oranlarında CuO ve CoO katkısının sıranın renk özelliklerine etkisi incelenmiştir. %3 CuO katkısında kahverengi ve yeşil tonlar, oksit miktarının artmasıyla siyah mat metalik etki meydana gelmiştir.

Tablo 7. SA-S-5 No’lu (% 70 Sleyt atığı - % 30 Sülyen) sırında CuO ve CoO katkı oranları

Reçete No	Hammadde ve Reçete Bileşim (%)			
	Sleyt Atığı	Sülyen	CuO	CoO
SA-S-5-1	70	30	3	-
SA-S-5-2	70	30	6	-
SA-S-5-3	70	30	9	-
SA-S-5-4	70	30	-	3
SA-S-5-5	70	30	-	6
SA-S-5-6	70	30	-	9



SA-S-5-1

SA-S-5-2

SA-S-5-3



SA-S-5-4

SA-S-5-5

SA-S-5-6

Resim 38. SA-S-5 No’lu (% 70 Sleyt atığı - % 30 Sülyen) sırda CuO ve CoO’nin renk etkileri, 1160 °C.

Tablo 8. Sleyt atığı (SA) ve kalsine soda (KS) katkılı sırların reçete bileşimleri

Reçete No	Hammadde		Reçete No	Hammadde	
	Sleyt atığı (%)	Kalsine soda (%)		Sleyt atığı (%)	Kalsine soda (%)
SA-KS-1	50	50	SA-KS-4	80	20
SA-KS-2	60	40	SA-KS-5	90	10
SA-KS-3	70	30	SA-KS-6	100	0



SA-KS-1



SA-KS-2



SA-KS-3



SA-KS-4



SA-KS-5



SA-KS-6

Resim 39. Sleyt atığı ve kalsine soda katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.

Sleyt atığı ve kalsine sodanın ikili sistemde bir araya getirilmesi ile üretilen sırlarda farklı yüzey etkileri elde edilmiştir (Resim 39). SA-KS-1 (% 50 sleyt atığı -%50 kalsine soda) sırında sarımtırak sırlı pişmiş yüzeyin üzerinde yer yer kahverengimsi dokular gözlenmektedir. Atık oranı % 60 olduğunda sır plakasındaki rölyefli kısımlar kahverengi, düz yüzeyler bal rengi bir görünümündedir. Sır bileşimi içinde sleyt atığı oranı arttıkça yüzeyin mat

kahverengiye dönüştüğü görülmektedir. Bu gruptaki sırlar bekleme esnasında kristalize olmaktadır.

İkili sır sistemleriyle ilgili yapılan reçete araştırmalarındaki son grupta sleyt atığı, alkalili borlu saydam stoneware sıırı (tablo 9) ile kullanılmıştır. Kuru haldeki sır ve sleyt atığı belirlenen oranlarda tartılarak karıştırılmış ve 150 mikron elekten geçirilerek plakalar üzerine uygulanmıştır.

Tablo 9. Saydam stoneware sıırının Seger formülü

Sır no	Seger formülü
STS	$0,402 \text{ Na}_2\text{O}$ $4,396 \text{ SiO}_2$ $0,186 \text{ K}_2\text{O}$ $0,500 \text{ Al}_2\text{O}_3$ $1,031 \text{ B}_2\text{O}_3$ $0,412 \text{ CaO}$

Tablo 10. Saydam stoneware sıırı ve Sleyt atığı ikili sisteminde sır reçeteleri

Reçete No	Hammadde		Reçete No	Hammadde	
	Slejt atığı (%)	Stoneware sıırı (%)		Slejt atığı (%)	Stoneware sıırı (%)
SA-STS-1	10	90	SA-STS-6	60	40
SA-STS-2	20	80	SA-STS-7	70	30
SA-STS-3	30	70	SA-STS-8	80	20
SA-STS-4	40	60	SA-STS-9	90	10
SA-STS-5	50	50	SA-STS-10	100	-

Bu gruptaki sıırlarda 1160 °C'deki pişirim sonrası üleksit, sülyen ve kalsine soda katkılı sıırlardan daha farklı, açık sütlü kahveden koyu kahverengiye değişen sır yüzeylei elde edilmiştir. Sırlı pişmiş yüzeyleerin görünümlerinin, slejt atığının ve ergiticinin bileşimi, tane boyut dağılımı, uygulama tekniği, yoğunluk miktarına göre değişkenlik gösterebileceği gözlenmiştir.



SA-STS-1



SA-STS-2



SA-STS-3



SA-STS-4



SA-STS-5



SA-STS-6



SA-STS-7



SA-STS-8



SA-STS-9



SA-STS-10

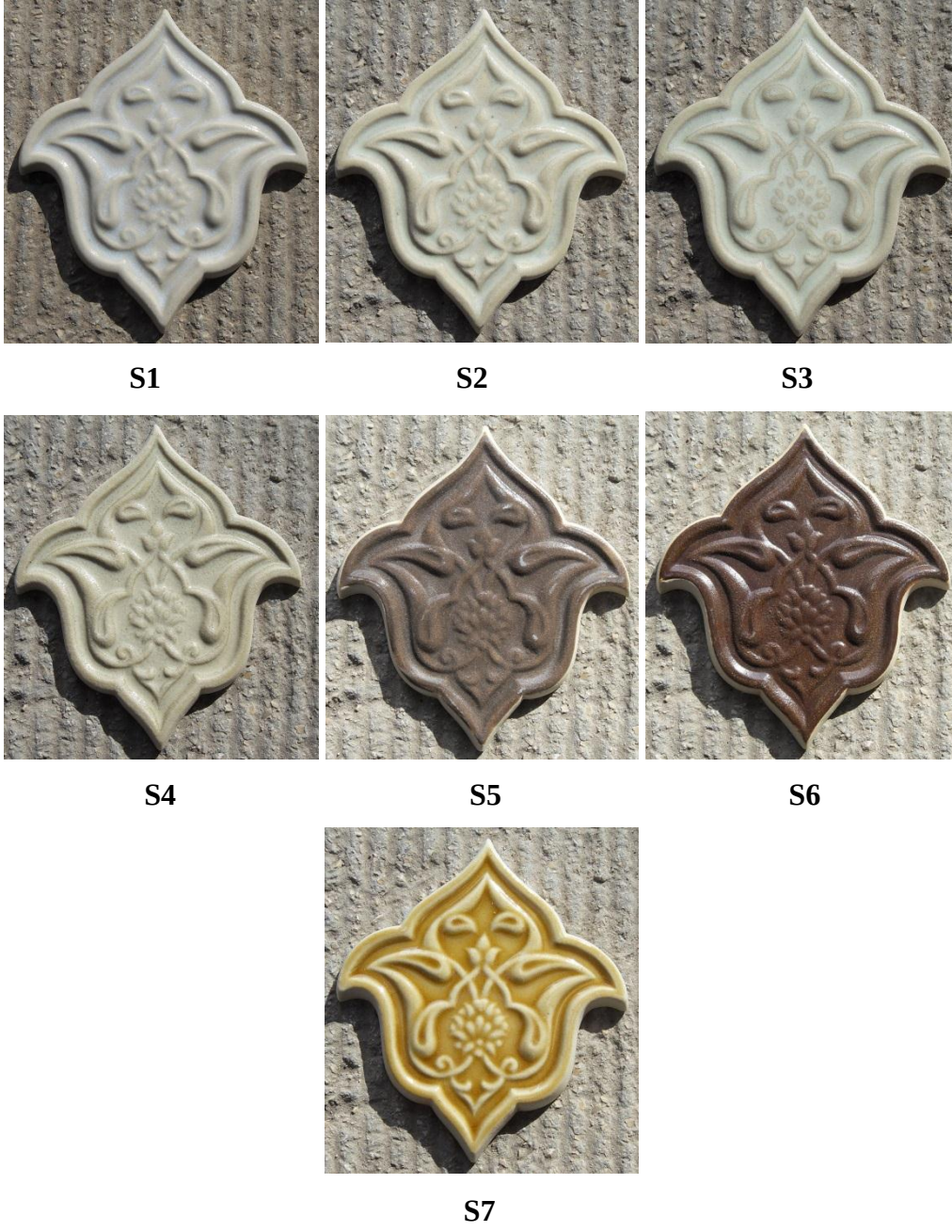
Resim 40. Saydam stoneware sırtı ve sleyt atığı katkılı sırların pişme renkleri, 1160 °C.

Sleyt atığı, üleksit, sülyen, kalsine soda ve saydam stoneware sıırıyla ikili sisteme uygun olarak yapılan sır reçetesi araştırmalarından sonra ikinci aşamada sleyt atığı yine alkalili-borlu saydam stoneware sır bileşiminde ana bileşenlerden biri olarak yer almıştır. Reçete içinde sıırın ergime ve renk özelliklerini nasıl etkilediğini görmek amacıyla sodyum feldspat, potasyum feldspat ve üleksitin yerine eşdeğer oranlarda kullanılmıştır (tablo 11).

Tablo 11. Stoneware sıırı içinde sleyt atığının ergiticiler yerine kullanımı

Reçete No	Sodyum feldspat (%)	Potasyum feldspat (%)	Üleksit (%)	Kuvars (%)	Kaolen (%)	Sleyt Atığı (%)
S1(std)	20	20	30	20	10	-
S2	-	20	30	20	10	20
S3	20	-	30	20	10	20
S4	-	-	30	20	10	40
S5	20	20	-	20	10	30
S6	-	-	-	20	10	70
S7	15	10	20	5	10	40

Standart saydam stoneware sıırı (S1) yüzeide kısmi bor tülü oluşumlarının meydana geldiği beyaz bir yüzeı görünümüne sahiptir. Sodyum ve potasyum feldspat yerine kullanıldığında (S2-S3-S4) bor oksitten kaynaklanan kısmi örtücülüğün devam ettiği, ancak beyaz renk tonunda kırılma olduğu görölmektedir. Atığın sır reçetesi içinde üleksit yerine %30 oranında yer almasıyla sıırlı pişmiş yüzeıin mat, sütlü kahverengi renk tonunu aldığı, her üç ergiticinin toplamı oranında (% 70) kullanılması durumunda ise kıızıl kahverengi renk tonunun meydana geldiği gözlenmiştir. S7 sır reçetesinde; standart sırdaki sodyum feldspat, potasyum feldspat, üleksit ve kuvars oranları azaltılarak bu miktarlar (toplam: %40) sleyt atığı ile tamamlanmış, pişirimden sonra açık bal renkli bir sır elde edilmiştir. Bu sonuçlar sleyt atığının renklendirme özelliklerinde ve yüzeı etkilerinde sır bileşiminin ve diğer hammaddelerin de etken olduğunu göstermektedir.



Resim 41. Sleyt atığı katkılı stoneware sır bünyelerinin pişme renkleri, 1160 °C.

Bu çalışmada S7 sıırı, özellikleri uygun görölerek seçilmiş, Fe_2O_3 , CoO ve CuO ile renklendirilmiştir.

Tablo 12. S7 sırında renklendirici oksitlerin katkı oranları

Reçete No	Renklendirici Oksit (%)		
	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO
S7-1	2	-	-
S7-2	4	-	-
S7-3	6	-	-
S7-4	-	2	-
S7-5	-	4	-
S7-6	-	6	-
S7-7	-	-	2
S7-8	-	-	4
S7-9	-	-	6



S7-1



S7-2



S7-3



S7-4



S7-5



S7-6



S7-7



S7-8



S7-9

Resim 42. S7 No'lu sırda CuO ve CoO'in renk etkileri, 1160 °C.

S7 sırtı içerisinde iyi çözünmüş sleyt, bal rengi, şeffaf bir görünüm vermektedir. Bu yapıya ilave edilen demir, bakır, kobalt oksitlerin yine şeffaf görünümdeki sırt içerisinde kolay çözündüğü oksit miktarına göre renk şiddetlerinin arttığı, sleyt içerisindeki demirin de etkisiyle, ilave edilen renklendirici oksitlerin farklı ara renk alternatifleri oluşturabileceği gözlenmiştir.

3. SLEYT ATIĞI İLAVELİ ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

Sleyt atığı ve diğer hammaddelerin XRF yöntemi ile kimyasal analizi belirlendikten (tablo 3) sonra plastik ve dökümle şekillendirmeye uygun stoneware çamuru üretmek için deneysel bazda çamur reçetesi çalışmaları yapılmıştır. Reçetelerde, sodyum ve potasyum feldspat, kuvars, 401 ve 188 kodlu kaolinler, mask 5, mask 6 ve Ukranya kili gibi seramik sektöründe sıklıkla kullanılan, temini kolay ve uygun hammaddeler kullanılmıştır.

Sleyt atıkları ilk aşamada çekiçli kırıcı ile daha küçük parçalar haline getirilmiş, daha sonra bilyalı değirmende 4 saat sulu olarak öğütülmüştür. Plakalar kırılırken tamamen yatay olursa darbelere karşı daha dayanıklı olmaktadır. Bir kenarı yere dayalı 30-35 derece açı ile plakalar çok kolay ayrılıp parçalanmıştır. İncelmiş olan sleyt plakaları su ve değirmen bilyalarının etkisiyle çok çabuk öğütülmektedir. Öğütme öncesinde değirmen içerisine bir miktar iri değirmen taşı ilave edilip taşların çarpma etkisi ile kırma imkânı arttırılmıştır. Değirmen 1/3 öğünen, 1/3 öğüten ve 1/3 boşluk esasına göre şarj edilmiştir. Bir saat ara ile durdurulup öğütme kontrol edilmiş, buna göre 4 saat civarında istenilen yapıya ulaştığı gözlenmiştir. Ayrıca değirmenin öğütme performansı, sırt ve çamur bünyelerinin pişme öncesi ve sonrası özelliklerini etkilemektedir. Örneğin öğütme süresini biraz kısaltıp ince yapının arasında daha iri partiküller bırakılırsa sleyt; şamot çamuruna benzer iri taneli parçacıklı bir görünüm vermektedir.

3.1. DÖKÜM ÇAMURU REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

Döküm çamuru araştırması için hazırlanan reçetelerde, sleyt atığı; sodyum feldspat, potasyum feldspat, kuvars ve 401 kaolinin yerine %25-50 arasında artan oranlarda kullanılmıştır. Hammaddeler reçetelerde belirlenen oranlarda tartılarak, sodyum silikat (cam suyu) ve suyla karıştırılmışlardır. 150 mikronluk elekten geçirilen çamurların litre ağırlığı, viskosite ve alçı kalıpta şekillendirilebilme özellikleri belirlenmiştir. Çamurların boyutça küçülme ve su emme özelliklerinin saptanması için numuneler 200 ×200×15 mm

boyutlarındaki alçı kalıplarda döküm yöntemiyle şekillendirilmiş, etüvde kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra sonra 1160 °C’ de pişirilmişlerdir. Ayrıca özel olarak tasarlanmış plaka kalıplarına döküm yapılmış ve kurutulduktan sonra sırlı ve sırsız olarak pişirilmiş bünyelerin renk ve ergime davranışları incelenmiştir.

Tablo 13. Sleyt atığı katkılı döküm çamur reçeteleri ve bileşimleri

Hammadde	Reçete No ve % Bileşim						
	DÇ1	DÇ2	DÇ3	DÇ4	DÇ5	DÇ6	DÇ7
Sleyt Atığı	-	25	30	35	40	45	50
Sodyum feldspat	10	5	-	-	-	-	-
Potasyum feldspat	10	5	5	5	-	-	-
Kuvars	10	5	5	5	-	-	-
401 kaolen	15	5	5	5	5	-	-
188 kaolen	20	20	20	20	20	20	15
Ukranya kili	25	25	25	25	25	25	25

Tablo 14. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerinin boyutça küçülme ve su emme değerleri

Reçete No	Toplam küçülme (%)	Su Emme (%)
	1160 °C	1160 °C
DÇ1	11	8,7
DÇ2	10,8	10,8
DÇ3	8,7	13,6
DÇ4	9	12,1
DÇ5	10,2	9,07
DÇ6	11,6	10,5
DÇ7	12,1	7,8

Döküm çamuru uygulamalarında sleyt miktarı arttıkça renk açıktan koyuya doğru ilerlemekte sinterleşme artmakta su emme düşmektedir. Şekillenme kolaylığı kullanılan yardımcı hammaddelerin miktarına ve performansına göre değişkendir. Renk verme özelliği

de bu hammaddelerle birlikte değişmektedir. Seramik döküm çamuruna refrakter özelliklerde kattığı gözlemlenmiş olup kuruma çatlağı ve ısıl değişimlere karşı direnç sağlamıştır. Belirli bir sınırın üzerine çıkıldığında özsüz hammaddeler gibi etkiler verip şekillendirme zorluğu oluşturduğu gözlenmiştir. Döküm çamuru reçete araştırmasında sleyt atığının verimlilik sınırı reçete içinde maximum % 50 olarak tespit edilmiştir.



DÇ1



DÇ2



DÇ3



DÇ4



DÇ5



DÇ6



DÇ7

Resim 43. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerin sırsız pişme renkleri, 1160 °C.

Sleyt katkılı döküm çamuru denemeleri bisküvi pişiriminden sonra renkli saydam sır ile sırlanmıştır. Saydam sır deneme plakaları üzerindeki rölyefleri göstermediği için, sır içerisine % 1 bakır oksit ilavesi yapılarak akışkanlık ile rölyeflerin ince ve kalın kısımlarındaki sır etkisi belirginleştirilmiştir. Sır yoğunluğu 1650 gr/l olarak sabitlenmiş, plakalar akıtma yöntemi ile sırlanmıştır.



DÇ1



DÇ2



DÇ3



DÇ4



DÇ5



DÇ6



DÇ7

Resim 44. Sleyt atığı katkılı döküm çamuru bünyelerinin sırlı pişme renkleri, 1040 °C.

3.2. PLASTİK ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

Sleyt atığı ile birlikte sodyum feldspat, kuvars, kaolin ve plastik kil kullanılarak deneysel olarak reçete çalışmaları yapılmış ve beyaz pişme rengine sahip, plastik şekillendirmeye uygun, standart bir reçete (SP1) belirlenmiştir. Standart plastik çamur reçetesi içindeki hammaddeler yerine sleyt atığı artan oranlarda kullanılarak reçeteler oluşturulmuştur.

Tablo 15. Sleyt atığı katkılı plastik çamur reçeteleri ve bileşimleri

Hammadde	Reçete No ve % Bileşim						
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	SP7
Sleyt Atığı	-	25	30	35	40	45	50
Sodyum feldspat	5	5					
Potasyum feldspat	5	5	5	5	5		
Kuvars	5	5	5				
401 kaolen	20	5	5	5	5	5	
Kil A	30	30	30	30	30	30	30
Kil B	35	25	20	20	20	20	20

Sleyt atığı, feldspat, kuvars, kil ve kaolinler reçetede belirlenen oranlarda tartılmış ve %50 su ile birlikte karıştırılmışlardır. Değirmenden akışkan bir yapıda boşaltılan çamurun suyu alçı plaka yüzeyine dökülerek fazla suyu alınmış, çamur ele yapışmayacak hale gelinceye kadar bekletilerek (% 20-22 Su miktarı) el ile yoğrulup hazırlanmıştır. Yoğrulma işlemiyle plastik halde tornada, kalıba basarak ve serbest şekillendirmeye uygun hale getirilmişlerdir.

Küçülme ve su emme özelliklerinin belirlenmesi için numuneler, 200x200x15 mm boyutlarındaki alçı kalıplarda şekillendirilmiş, kurutma işleminden sonra 1000 ve 1160 °C’de pişirilmiştir. Pişme renklerinin ve ergime durumlarının belirlenmesi için ise çamurlar, plakalara basılarak şekillendirilmiş ve aynı sıcaklıklarda pişirime tabi tutulmuşlardır. Sırlı pişirim için bünyelerin önce 1000 °C’de bisküvi pişirimleri yapılmış, daha sonra, 1560 gr/lt yoğunlukta saydam sırla sırlanıp 1040 °C’de pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Sleyt atığının plastik killer ile birlikte dengeli bileşimler oluşturabileceği, tespit edilmiştir.

Tablo 16. Plastik çamur bünyelerinin boyutça küçülme ve su emme değerleri

Reçete No	Toplam küçülme (%)	Su Emme (%)
	1160 °C	1160 °C
SP1	11	8,1
SP2	10	10,6
SP3	8	11,3
SP4	6	11,2
SP5	8	12,1
SP6	10	11,1
SP7	16	6,5



SP1



SP2



SP3



SP4



SP5



SP6



SP7

Resim 45. Sleyt atığı katkılı plastik çamur bünyelerin sırsız pişme renkleri, 1160 °C.



SP1



SP2



SP3



SP4



SP5



SP6



SP7

Resim 46. Sleyt atığı katkılı plastik çamur bünyelerin sırlı pişme renkleri, 1040 °C.

4. SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER

Kütahya bölgesindeki ocaktan alınan ve sanayi sitesinde kesilen sleyt taşından geri kalan atık parçaların öğütülerek tek başına veya diğer ergiticilerle birlikte kullanılması sonrası elde edilen sır ve çamurlardan; farklı şekillendirme yöntemleriyle, farklı boyutlarda formlar üretilmiştir. Bazı formlarda sleyt katkılı çamurlar kullanılarak sleyt katkılı veya katkısız olan sırlarla sırlanmıştır. Bazı formlar ise beyaz stoneware veya earthenware çamurları ile şekillendirilmiş, bisküvi pişirimi sonrası sleyt katkılı sırlar uygulanmıştır.



Resim 47. DÇ4 no'lu döküm çamurundan üretilmiş, opak sır uygulanarak bakır tel sarılmış form, 1160 °C' 2013.



Resim 48. Stoneware çamurundan torna'da el ile şekillendirilmiş, üzerine S7 no'lu sır uygulaması yapılmış form, 1160 °C, 2013.



Resim 49. Stoneware çamurundan tornada el ile şekillendirilmiş, üzerine SA-Ü-6 no'lu sır uygulaması yapılmış form 1160 °C, 2014.



Resim 50. DÇ3 no'lu döküm çamurundan üretilmiş, firuze renkli sır uygulanmış form, 1160 °C, 2013.



Resim 51. Beyaz earthenware bünye üzerine SA-S3 no'lu sır uygulaması (iç kısmı firuze sırlı), 1060 °C, 2014.



Resim 52. DÇ4 no'lu çamurdan döküm yöntemi,ile üretilmiş, turkuaz, SA-S ve SA-SÜ sırlarının uygulandığı düzenleme, 1160 °C, 2014.



Resim 53. Beyaz stoneware bünye üzerine, SA-SÜ9 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.



Resim 54. SP4 no'lu plastik çamurun astar dekoru olarak kullanıldığı, turkuaz sır uygulanmış form, 1060 °C, 2014.



Resim 55. Sleyt-üleksit-CuO-Fe₂O₃ katkılı sırların karışık teknikle earthenware bünye üzerinde uygulanması, 1160 °C, 2014.



Resim 56. Tornado şekillendirilmiş stoneware form üzerine SA-Ü3 no'lu sır uygulaması, 1160 °C, 2014.



Resim 57. DÇ4 no'lu çamurdan döküm yöntemiyle üretilmiş, firuze renkli sır ile sırlanmış form, 1160 °C, 2014.



Resim 58. Dış yüzeyi SA-KS3, SA-STS9, iç yüzeyi turkuaz sırla sırlanmış stoneware form, 1160 °C, 2014.



Resim 59. Döküm yöntemi ile şekillendirilmiş stoneware bünye üzerinde SA-STS6, firuze ve opak beyaz sır uygulaması, 1160 °C, 2014.



Resim 60. DÇ5 no'lu reçeteden üretilmiş form, 1160 °C, 2014.



Resim 61. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerinde SA-S3 ve SA-S10 kodlu sır uygulamaları, 1060 °C, 2014.



Resim 62. Stoneware formlar üzerinde karışık teknikle sleytli sır uygulamaları, 1060 °C, 2014.



Resim 63. Döküm yöntemiyle şekillendirilmiş el dekorlu stoneware form üzerine SA-Ü 10 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.



Resim 64. Döküm tekniği ile üretilmiş stoneware form üzerine, SA-Ü grubu sırların CuO, Cr₂O₃ ve CoO ile birlikte uygulanması, 1160 °C, 2014.



Resim 65. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine G2-S8 ve turkuaz sır uygulaması, 1060 °C, 2014.



Resim 66. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine SA-S 4 no'lu sır uygulaması, 1060 °C, 2014.



Resim 67. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine DÇ4 çamuru ile astar uygulaması, transfer baskı dekoru, 1160 °C, 2015.



Resim 68. DÇ3 Döküm çamuru ile yapılmış plaka üzerine fırça dekoru uygulaması, 1160°C, 2015.



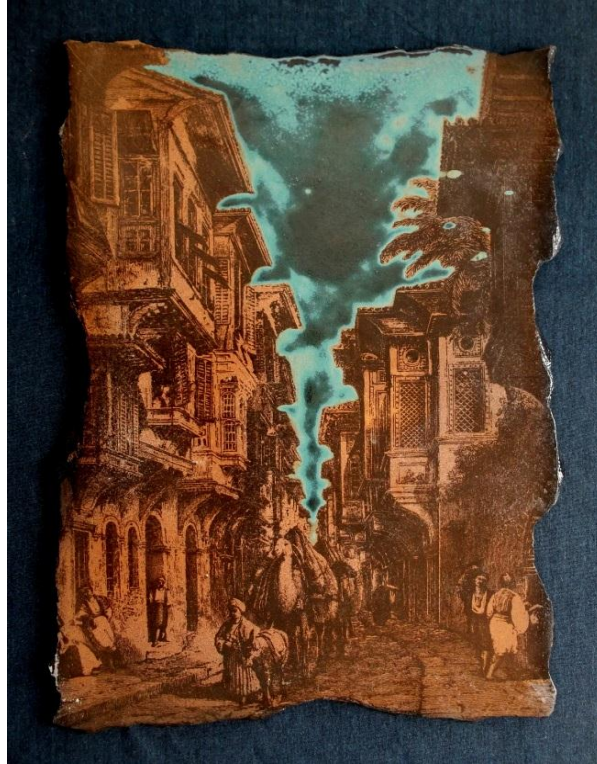
**Resim 69. DÇ4 Döküm çamuru ile yapılmış plaka üzerine fırça dekoru uygulaması,
1160 °C, 2015.**



Resim 70. DÇ3 Döküm çamuru ile döküm ve karışık teknik ile yapılmış form, 1160 C, 2015.



Resim 71. DÇ4 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş formlar, 1160 °C, 2014.



Resim 72. DÇ4 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine gravür resim uygulaması,

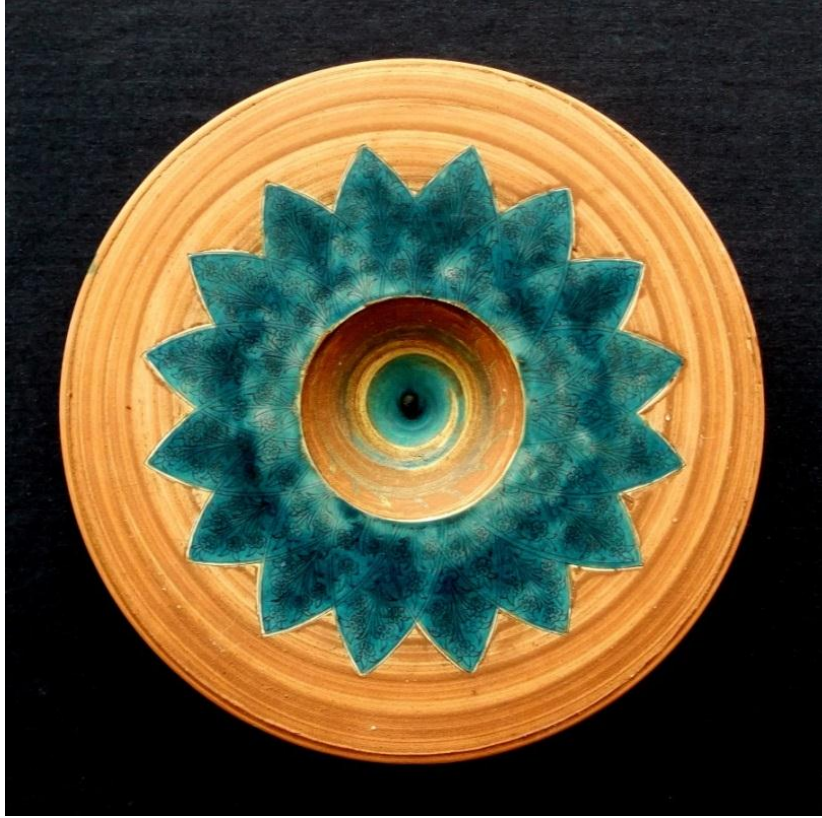
1060 °C, 2014.



Resim 73. Sırlı duvar karosu üzerine DÇ5 Çamuru ile sigrafitto çalışması, 1060 °C, 2015.



Resim 74. SP5 Plastik çamuru ile şekillendirilmiş hat yazılı rölyef, 1060 °C, 2014.



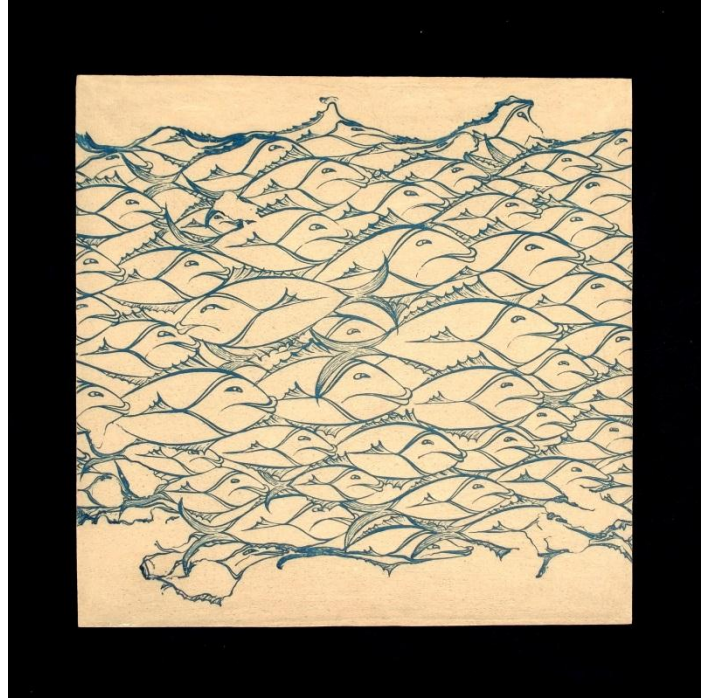
Resim 75. Tornada şekillendirilmiş stoneware bünye üzerine DÇ3 astar uygulaması, fırça dekoru ve turkuaz sır ile sırlanmış form, 1060 °C, 2014.



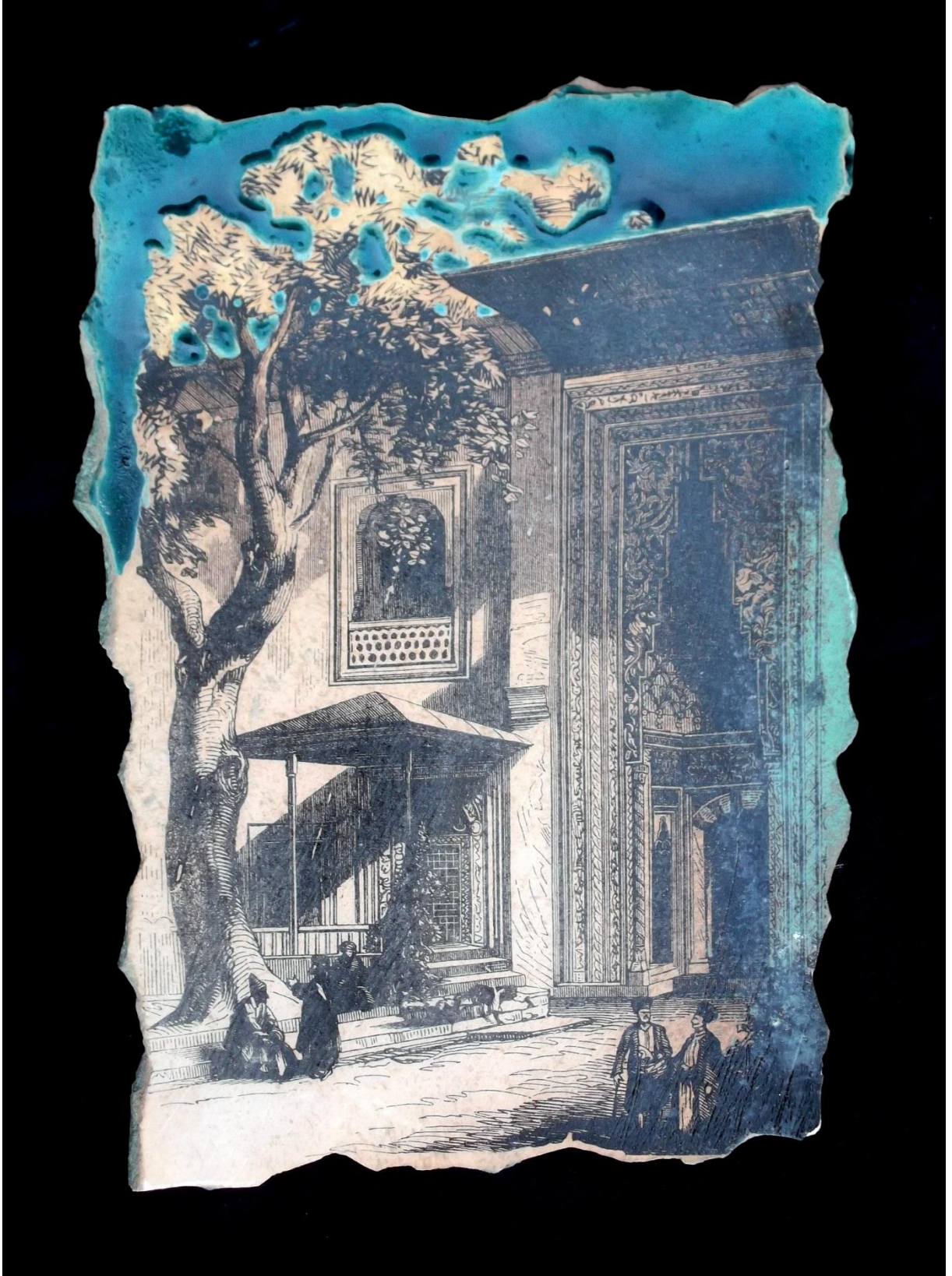
Resim 76. DÇ4 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş, çini dekorlu form, 1160 °C, 2014.



Resim 77. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine fırça dekoru çini deseni uygulaması, 1060 °C, 2015.



Resim 78. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine transfer desen uygulaması, 1160 °C, 2015.



Resim 79. DÇ3 Döküm çamuru ile şekillendirilmiş plaka üzerine transfer gravür resim ve renkli sır uygulaması, 1060 °C, 2015.

SONUÇ

Seramik sanatı, bilim ve tekniği günümüzde endüstriyel olarak çok gelişmiş olmakla beraber, toplumların geleneksel köklerinden de beslenmeye ve insanların doğal yaşam süreçlerinde elde ettikleri kalıtsal alışkanlıklar ve beğenilerine hitap etmeye devam etmektedir. Teknolojik gelişmeler endüstriyel ve modern biçimlerin oluşmasına, malzemelerin kolay ve çok miktarda işlenmesine yol açmıştır. Bunun sonucu olarak yeni, ucuz veya farklı nitelikte hammadde arayışları, geri dönüşüm unsurları önem kazanmıştır. İnsanlar yerleşik hayata geçtikleri dönemden itibaren doğanın kendilerine sunduğu malzemeleri kullanmış ve bu malzemelerin özelliklerini keşfettikçe ihtiyacına uygun olanları nesiller boyu bilinçli bir biçimde işlemiştir.

En kolay olarak doğal kil ve taşlardan faydalanan insanlar, yapılarını bu malzemelerden oluşturmuşlar. Bin yıllar boyu ve günümüzde de devam eden bir doğal kaynak kullanımı söz konusudur. Doğal oluşumlar yeryüzünün insanlara sunduğu hazinelerdir. Bu kaynaklar geleneksel yapı sistemlerinin temelini oluşturmuştur. Sanayii devriminden sonra ortaya çıkan kompozit ve endüstriyel malzemeler çoğunlukla kullanılsa'da, kırsal kesimde doğal malzemeler halen tercih edilmektedir. Bunlardan biriside çatı kaplama ve duvar kaplaması olarak kullanımı devam eden sleyt (kayrak taşı) olarak bilinir. Doğal taşlar görünümündeki estetik unsurlar ve uzun ömürleri ile günümüz modern yapılarının da doğal tamamlayıcılarıdır. Traverten, mermer, granit, sleyt (kayrak, arduvaz) yer kürenin süreç içinde kendi mutfağında hazırladığı ürünlerdir.

Dekoratif yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılmak üzere ocaktan çıkartılan ve Kütahya sanayii bölgesindeki taş kesim atölyesinde işlenen sleyt tabakalarının işlem sonu atıkları bu araştırmanın temelini oluşturmuştur. Sleyt'in ocaktan çıkarılması sırasında da çok miktarda kullanım dışı kırıntı oluşmaktadır. Ortaya çıkan atık ve kırıntılar oldukça büyük bir hacim oluşturmakta, işletme sleyt artıklarını zemin dolgusu ve curuf şeklinde kullanmaya çalışmaktadır. Ocakta ortaya çıkan atık, arazi üzerinde dağılmakta dolgu malzemesi olarak kullanılmakta, işletmeye kesim için getirilen ve istenilen ebatlarda işlenen taşların artıkları değerlendirilmekten öte problem olarak görülmektedir. Yerel yönetimlerin katı atık yönetmeliği de bu türde üretim artığının işletme çevresinde ve sanayi bölgesinde stoklanması ve muhafazası konusunda yaptırımlar uygulamaktadır. Üretim artığının belediye tarafından belirlenmiş katı atık alanlarına gönderilmesi istenmektedir. Bu işlem, işletmeler açısından iş gücü, zaman ve maliyet faktörlerini olumsuz etkilemektedir. Tespit edilen ocak ve işletme

artıklarının miktarı, ekonomik değer arz edecek ve farklı bir malzeme olarak ilgili endüstriyel sektörlere önerilebilecek durumdadır.

Araştırmada kimyasal ve fiziksel analizler sonucunda sleyt atığının, seramik hammaddesi oluşturulabilecek özellikler taşıdığı, silis, alümina, kalsiyum ve alkali oksit oranları itibarı ile gözlemlenmiştir. İçerdiği % 6,81 Fe_2O_3 oranı ile renk veren bir ürün olacağı tespit edilmiştir. Deneysel çalışmalar sleyt numunelerinin farklı sıcaklıklarda pişme özellikleri gözlemlenerek başlamış ve çalışma aralığı belirlenmiştir. Buna göre saf sleyt 1200 °C civarında ergimekte olup demir içeriğinden dolayı kahverengi tonlar elde edilmektedir. Sleyt ile ergitici özellik taşıyan hammaddeler ikili sır sisteminde kullanılmış, sır bileşimlerinde sleyt miktarının artmasıyla sırlı yüzey renginin değiştiği, renk şiddetinin arttığı (rengin koyulaştığı) gözlemlenmiştir. Bileşimin yapısına bağlı olarak, kurşunlu, borlu ve alkalili sır bileşimlerinde farklı renk tonları ve yüzey dokuları elde edilmiştir. CoO , CuO , Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi renklendirici oksitlerin ilavesi ile farklı tonlarda ve etkilerde bir skala geliştirilmiştir. İkili sistemde kurşun bileşiği ile daha sıcak tonlar elde edilmiştir. üleksit ile demirli sleyt yapısını yeşile çalan krem tonlara ulaşılmıştır. Bu aşama renklendirme ve boya maliyetinin düşürülmesinde önem taşımaktadır, İstenirse alternatif olarak büyük çapta sektörel kullanımı sağlanabilecektir. Standart stoneware sırları ile yapılan denemelerde reçete bileşimlerinde sleyt atığının artan oranlarında matlaşan yüzeyler oluşturduğu rengin giderek koyu kahverengiye doğru değiştiği saptanmıştır.

Özsüz ve bir hammadde özelliği taşıyan sleyt atığı, plastik ve döküm özelliği taşıyan kil ve kaolinlerle şekillendirilebilme özelliğine sahip seramik çamurları oluşturmuştur. Çamur içerisinde alternatif bir hammadde olarak geniş bir kullanım aralığında amaca uygun sonuçlar elde edilmiştir. Pişme rengi, çamur bileşimindeki diğer hammaddelerin oranına ve pişirim derecesine bağlı olarak açık kırmızımsı kahverengi tonlarında plastisite ve döküm özelliklerine kolaylıkla yön verilmektedir.

Bu çalışmada yer alan tüm deneysel çalışmalar ve uygulamalar sleyt atıklarının kısa bir öğütme süresinden sonra fiziksel yapısı ve kimyasal bileşiminden dolayı, stabil bir seramik hammadde kaynağı olarak kolaylıkla kullanılabilirliğini göstermektedir. Hazırlanacak olan reçetelerin bileşimi, pişirim sıcaklığı ve sleytin katkı miktarına bağlı olarak değişen görsel etkileri ile alternatif bir seramik hammaddesi olarak kullanılabilirliği saptanmıştır. Yapılan çalışmanın sleyt atığının sanatsal üretimlerdeki kullanım ve uygulama sınırları konusunda deneysel temellere dayanan veriler oluşturduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akyol E. ve Kayabalı K. (2006). *Çevre jeolojisine giriş*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Arcasoy Ateş. (1986). *Seramik teknolojisi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Yayınları.
- Campos, M., Velasco, F., Martinez, M.A. & Torralba, J.M. (2004). *Recovered slate waste as raw material for manufacturing sintered structural tiles*, Journal of the European Ceramic Society Vol.24, Issue 5, p.811-819.
- Catarino, L., Sousa, J., Martins, I.M. & Vieira, M.T. (2003). *Ceramic Products obtained from Rock Wastes*”, Journal of Materials Processing Technology, p.843–845.
- Dirik K. ve Şener M. (2007). *Fiziksel Jeoloji Yeryuvarı ’nın Araştırılması*, Ankara: TMMOB. (2001). *Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No:1*, Ankara: Berkay Ofset Ltd. Şti.
- Genç S. (1992). *Mineraller, Kayaçlar, Jeolojik Yapılar ve Saha Jeolojisi*, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.
- Hamblin, W. K. (1991). *Introduction to Physical Geology*, USA: Macmillan Publishing Company, 104-111.
- Costa J. C. e, Almeida T. & C. S. F. Gomes. (2013). *Pyro-expanded black slate in sculptural art*, Cerâmica 59.134-140
- Karaman M. ve Kibici Y. (2008). *Temel Jeoloji Prensipleri*, Ankara: Belen Yayıncılık ve Matbaacılık.
- Ketin İ. (2006). *Genel Jeoloji Yer Bilimlerine Giriş* (7. Baskı), İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları,
- Kubat Ş. (2009). *Balıkesir-Dursunbey Bölgesi Silisli Kilinin ve Seydişehir Alüminyum Tesisi Atığı Kırmızı Çamurunun Seramik Bünyelerde Kullanım Olanaklarının Araştırılması*, Eskişehir: Sanatta Yeterlik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Kuşçu M. (2001). *Endüstriyel kayaçlar ve mineraller*, (Yayın No: 10) Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, SDÜ Basımevi.

- Monroe J. S., Wicander R & Hazlett R. (2007). *Physical Geology Exploring the Earth*, USA: Brooks/Cole.
- Özdemir H. (1991). *Seramik Hammaddelerinin Değerlendirilmesine Yönelik Teknikler, Hammadde Semineri Bildiriler Kitapçığı*, İstanbul: Türk Seramik Derneği Yayınları, No: 3.
- Plummer, C. C. & McGearry, D. (1991). *Physical Geology*, U.S.A: Wm. C. Brown Publishers.
- DPT. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. (2001). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Yapı Malzemeleri, (Mermer, granit, yapı taşları, Arduvaz-sleyt)*, Ankara: Çalışma Grubu Raporu, 2616 - ÖİK: 627
- Souza, L.P. de F. & Mansur H.S. (2004). *Production and characterization of ceramic pieces obtained by slip casting using powder wastes*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. [145], 1, 14-20.
- Sutherland B. (2005). *Glazes from natural sources*, London: A&C Black Ltd.
- Şahin M. B. (2012). *Dağlardan Denizlere.. Temel Jeoloji Bilgileri*, Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Kalkan Matbaası,
- Tusun E. (2011). *Pomzanın Sır Bünyesinde (1200 °C) Kullanımı*, Afyonkarahisar: Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ünsal N. (2001). *İnşaat mühendisleri için jeoloji*, Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları.
- Wicander R. & Monroe J. S. (1995). *Essentials of Geology*, U.S.A: West Publishing Company, 131.
- Yağız S. (2011). *Yapı Malzemesi Olarak Denizli Civarında Çıkarılan Kayrak taşlarının Özellikleri*, Denizli: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 17, Sayı 3, 157-163
- Aphrodisias'tan Roma Portreleri, 27.05.2015
<http://sanat.ykykultur.com.tr/ykksy/sergiler/aphrodisiastan-roma-portreleri>
- Doğal taş ustası, 27.05.2015
<http://dogaltasustasi.com/kayrak-tas-ocaklari/>
- Doğal taşın sanatla buluşması Kayrak taşı çalışmaları, 27.05.2015

<http://gurelgurel.blogspot.com.tr/>

<http://www.egelif.com>, 24.01.2013

Geoscience News and information Geology. com, 27.05.2015,
<http://geology.com/rocks/marble.shtml>

Geoscience News and information Geology.com, 27.05.2015
<http://geology.com/rocks/quartzite.shtml>

Geoscience News and information Geology.com, 27.05.2015,
<http://geology.com/rocks/phyllite.shtml>

Geoscience News and information Geology.com, 27.05.2015
<http://geology.com/rocks/schist.shtml>

Geoscience News and information Geology.com, 27.05.2015,
<http://geology.com/rocks/slate.shtml>

<http://www.haberciniz.biz>. 24.01.2013

İlk Mermer Anıt: Efes Artemis Tapınağı | Doğaltaş Türkiye, 26.05.2015,
<http://www.dogaltasturkiye.com>

Kayrak Basamak Uygulamaları, 27.05.2015,
www.tasdunyasitrabzon.com

Metamorphic Rock Types, 27.05.2015
<http://geology.about.com/od/rocks/ig/metrockindex/rocpicgreenschist.htm>

Metamorphic Rock Types, 27.05.2015,
<http://geology.about.com/od/rocks/ig/metrockindex/rocpicgneiss.htm>

Metamorphic Rock Types, 27.05.2015,
<http://geology.about.com/od/rocks/ig/metrockindex/rocpicslate.htm>

Öngen S.(2009). *Jeolojiye giriş I Dersi, Magmatizma ve Magmatik Kayalar Bölümü*. İstanbul:
İstanbul Teknik Üniversitesi,
http://www.academia.edu/6812699/Jeolojiye_Giri%C5%9F_I_dersi_Magmatik

Slate Sculptures by Stephen Kettle, 27.05.2015
<http://www.amusingplanet.com/2011/09/slate-sculptures-by-stephen-kettle.html>

Slate Roofing, 27.05.2015,

<http://stormshieldusa.com/slate-roofing/>

Stephen Kettle, 27.05.2015

<http://www.ukfinearts.co.uk/stephenkettle.html>

The Taj Mahal - Facts & Summary - HISTORY.com, 26.05.2015,

<http://www.history.com/topics/taj-mahal>

EK: SÖZLÜK

Alterasyon	: 1) Bir cismin ya da maddenin yapısı, şekli veya özelliğindeki tüm olumsuz değişiklikler. 2) Değişme, farklı nitelik kazanma.3) değiştirme, farklı nitelik kazandırma.
Aktinolit	: Kalsiyum, magnezyum ve demir silikatlarının tremolit – aktinolit – ferrotremolit dizisinde yer alan amfibol minerali
Amfibol	: Muhtelif oranlarda değişik silikatlar ihtiva eden kayaç mineralleri grubu
Arduvaz	: İnce ve düzgün yapraklar halin-de kat kat ayrılabilen çok sert ve sağlam bir kayadır.
Çökel	: (Sediman)terimi l önceden varolan kayaçların mekanik ve kimyasal ayrışmasıyla ortaya çıkan tüm katı parçacıkları
Fillit	: Çamurtaşı ya da şeyl gibi ince taneli ana tortul kayacın yeniden oluşmasıyla gelişen ince taneli başkalaşım kayacı.
Foliasyon	: Yapraklanma, Kelime "yaprak" anlamına gelen Latince folium'dan gelmektedir ve tabaka gibi düzlemsel yapısını ifade eder.
Galenit	: İçinde doğal kurşun bulunan sülfür.
Gnays	: Magmatik veya tortul kayaçların başkalaşıma uğramasından dolayı meydana gelen metamorfik kayadır.
Gradyan	: Mesafeye bağlı olarak yükselme ve alçalma oranini gösteren oranti.
Hornblend	: Derinlik kayaçlarının tipik bir mineralidir.
Jeotermi	: Yerkürede oluşan ısı olaylarının incelenmesi Yerküreyle ilgili ısı şartlarını (sıcaklıkların dağılımı, ısı alışverişi vb.) inceleyen jeofizik dalı
Klivaj	: Dilinim, yarıлма. tabakalı kayaçların birbirine paralel düzlemler oluşturacak biçimde ayrılması özelliğidir.
Lineasyon	: Kayaçlarda paralel olarak yönlenmiş yapısal özellikler ve çizgisel yapılardır.
Manto	: Litosfer ile çekirdek arasında yer alan sıcak ve plastik bir katıdır. kalınlığı 2860 kilometreye yakındır.
Masif	: Çoğunlukla metamorfizmaya uğramış sert kütle. Istranca masifi, Menderes masifi gibi.

Metamorfizma	: Kayaçların petrografik tanımlamaları, bir kayacın oluştuğu ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarından farkı koşullar altında, katı durumlarını koruyarak katı halde geçirdikleri dokusal ve mineralojik değişime metamorfizma denir.
Mohs	: Sertlik derecesi
Plajiyoklaz	: Sodyum ve kalsiyum içeren feldpattır.
Rekristalizasyon	: Tekrar kristallenme, soğuk deformasyona uğramış maddenin belli sıcaklık seviyesine ısıtıldığında deformasyon öncesindeki kristalize yapıya tekrar kavuşmasıdır.
Şeyl	: Kilitaşları veya siltittaşlarının daha fazla sıkışmaya uğraması ve ince yapraklı ve plaketli bir yapı kazanması ile oluşan bir tür sedimanter kayaç, tipik bir şeyl, ince taneli homojen, kolaylıkla çizilebilen ve ince plakalara ayrılabilen bir kayaçtır.
Sedimenter	: Tortul, magmatik veya metamorfik hatta sedimanter kayalardan koparak (veya ayrılarak) su, hava, yer çekimi gibi etkenlerle bir depolama ortamına tasınan ve orada cökerek oluşan kayac.
Şist	: Kolayca yaprak yaprak ayrılabilen, genellikle başkalaşmış kayaçların genel adı.