

**KINIK (PAZARYERİ-BİLECİK) ÇÖMLEKLERİNİN TERMAL ŞOK  
DİRENÇLERİNİN SEDİMENTER SEPIYOLİT KATKISI İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

**Murat BAYAZİT**

Dumlupınar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır

**Danışman: Doç. Dr. İskender IŞIK**

**2004**

## KABUL ve ONAY SAYFASI

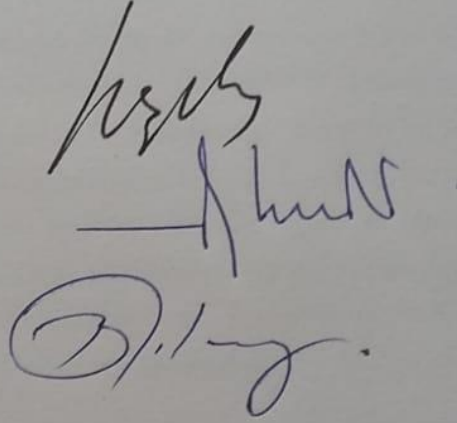
Murat BAYAZIT' in YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kınık (Pazaryeri-Bilecik) Çömlüklerinin Termal Şok Dirençlerinin İyileştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

30.07.2004

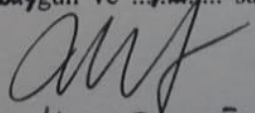
Üye: Doç.Dr.İskender Işık

Üye: Yrd.Doç.Dr.Alpagut KARA

Üye: Yrd.Doç.Dr.Bülent YILMAZ



Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Yönetim Kurulu'nun 13.08.2004 gün ve ...13... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Prof. Dr. Hayri DAYIÖĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.

## TEŐEKKÜR

Bu çalıŐmayı öneren ve çalışmanın yapılması sırasında göstermiş olduğu yakın ilgi, her tŸrlŸ yŸnlendirici yardımlarından dolayı tez danıŐmanım Doç. Dr. İŐkender IŞIK 'a, laboratuarda yapılan test ve deneylerde yol gŸsteren ŐĐr. GŸr. Dr. Veli UZ 'a ve her zaman yanımda olan aileme bana gŸvendikleri ve destek verdikleri için teŐekkŸr ederim.



# KINIK (PAZARYERİ-BİLECİK) ÇÖMLEKLERİNİN TERMAL ŞOK DİRENÇLERİNİN SEDİMENTER SEPIYOLİT KATKISI İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Murat BAYAZİT

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2004

Tez Danışmanı: Doç.Dr.İskender IŞIK

## ÖZET

Yapılan bu çalışmada termal şok direnci düşük terra cotta ürünlerin ısı şok direncinin sepiyolit ilavesi ile yükseltilmesi amaçlanmış ve gerekli çalışma için Kınık Köyü çömleri üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu amaçla sırasıyla -125µm, +125 -250µm ve +250µm tane boyutlarında %20 oranında sepiyolit ilaveleri ile çalışılmıştır. Sepiyolit ile zenginleştirilmiş çömlerin ısı şok direncinin, katkısız çömlerin ısı şok direncine oranla daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak daha önce bu konu hakkında yapılan çalışmaların analiz ve kritikleri yapılmıştır. Bu amaçla elde edilmiş olan bulgular çizelge olarak hazırlanmış ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bunun sonucunda, yapılan ilavelerin Kınık (Pazaryeri-Bilecik) çömlerinin termal şok direncini arttırdığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sepiyolit, termal şok direnci, kil, Kınık çömleri

RECLAMATION OF THERMAL SHOCK STRENGTH  
OF KINIK (PAZARYERI-BILECIK) POTTERIES BY ADDING SEDIMENTER SEPIOLITE

Murat BAYAZIT

Ceramic Engineering, M. S. Thesis, 2004

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. İskender IŞIK

**SUMMARY**

In this study, it is aimed to increase the thermal shock strength of terra cotta products by adding sedimenter sepiolite. In the course of the study, Kinik's village pots were tested. In order to make experiments, %20 of sedimenter sepiolite that has sieved different particle sizes ( +250 $\mu$ m, +125 $\mu$ m - -250 $\mu$ m and -125 $\mu$ m) was added to Asanlar clay which has been utilized by the potters. It was determined that sepiolite addition has drastically increased the thermal shock strength of the pots. Furthermore, the previous studies that have been done for this matter were criticized and analyzed for compiling. At the end of the previous studies, the researchers have determined that the additives have relatively increased the thermal shock strength of Kinik ( Pazaryeri-Bilecik) pots.

**Keywords:** Sepiolite, thermal shock strength, clay, Kinik potteries.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çömleğin Tanımı ve Çömlekçilik Tarihçesi Hakkında	
Genel Bilgiler.....	1
1.2. Kınık Köyü'nde Çömlekçilik.....	2
1.3. Kınık Kilinin Özelliği.....	3
1.4. Seramik Nedir.....	3
1.5. Kullanılan Hammaddeler.....	7
1.5.1. Dolomit.....	7
1.5.2. Sepiyolit ( Lületaş).....	8
1.5.2.1. Sepiyolit Hakkında Genel Bilgiler.....	8
1.5.2.2. Mineralojisi.....	10
1.5.2.3. Dokusu.....	10
1.5.2.4. Sepiyolit'in Uygulama Alanları.....	12
1.5.2.4.1. Absorpsiyon Uygulamalar.....	12
1.5.2.4.2. Katalitik Uygulamalar.....	12
1.5.2.4.3. Reolojik Uygulamalar.....	13
1.5.2.4.4. Diğer Kullanım Alanları.....	14
1.5.2.4.4.1. Seramik Üretiminde Kullanımı.....	14
1.5.2.5. Dünya'da ve Türkiye'de Sepiyolit.....	15
1.5.2.5.1. Sepiyolit'in Türkiye'deki Ekonomik Boyutu.....	16
1.5.2.5.2. Sepiyolit Şehri Eskişehir.....	18
1.6. Termal Genleşme.....	19
1.6.1. Isıl Şok Kırılma Direnci.....	20
1.6.2. Isıl Şok Hasar Dayanımı.....	20
1.6.3. Isıl Şok Direnç Tayini.....	20
1.6.4. Termal Şok Direncini Etkileyen Faktörler.....	21
1.6.5. Genleşme.....	22
1.6.6. Uzama.....	22
2. ÇÖMLEK ÜRETİMİ.....	23
2.1. Seramik Killeri.....	23

## İÇİNDEKİLER DEVAMI

	<u>Sayfa</u>
2.1.1. Kil ve Kil Mineralinin Tanımı.....	23
2.1.2. Kil Minerallerinin Özellikleri.....	24
2.1.2.1. Kurutma ve Ateş Kaybı.....	24
2.1.2.2. Vitrifikasyon.....	24
2.1.2.3. Renk.....	25
2.1.3. Kil Minerallerinin Sınıflandırılması.....	25
2.1.4. Ana Kil Mineralleri Gruplarının Kökenleri.....	26
2.1.4.1. Kaolen grubu kil mineralleri.....	26
2.1.4.2. İllit grubu kil mineralleri.....	26
2.1.4.3. Montmorillonit (smektit) grubu kil mineralleri.....	27
2.1.4.4. Karışık tabakalılar.....	27
2.1.4.5. Klorit grubu kil mineralleri.....	27
2.1.4.6. Sepiyolit ve atapuljit grubu kil mineralleri.....	28
2.1.4.7. Glakonit grubu kil mineralleri.....	28
2.1.5. Kil Minerallerinin Oluşum Ortamları.....	28
2.2. Kırılcı Köyü'nde Üretim.....	30
2.2.1. Hammadde Hazırlama.....	30
2.2.2. Şekillendirme.....	31
2.2.3. Kurutma.....	32
2.2.4. Sırlama.....	33
2.2.5. Pişirme.....	33
2.2.6. Kalite Kontrol ve Paketleme.....	34
3. DÜNYA'DA SERAMİK KİLİ.....	35
3.1. Dünyada Kil Üretimi.....	35
3.1.2. Üretilen Kilerin Bazı Özellikleri.....	38
3.2. Tüketim Alanları.....	39
3.3. Uluslararası Ticaret.....	39
3.4. Çevre Sorunları.....	39
4. MATERYAL VE METOD.....	40
4.1. Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....	40
4.2. Metod.....	41
4.3. Masse Hazırlanması.....	43
4.3.1. Öğütme.....	43
4.3.2. Eleme.....	44
4.3.3. Kurutma.....	44
4.3.4. Karıştırma.....	44

## İÇİNDEKİLER DEVAMI

	<u>Sayfa</u>
4.3.5. Phepherorne Testi.....	44
4.4. Numunelerin Hazırlanması.....	45
4.4.1. Numunelerin Şekillendirilmesi.....	45
4.4.2. Numunelerin Kurutulması.....	46
4.4.3. Numunelerin Pişirilmesi.....	46
4.5. Su Emme Deneyi.....	46
4.6. Porozite Tayini.....	47
4.7. Renk Tayini.....	47
4.8. Termal Şok Direnci Tayini.....	47
5. BULGULAR.....	49
5.1. Birinci Grup Deney Sonuçları.....	49
5.2. İkinci Grup Deney Sonuçları.....	52
5.3. Üçüncü Grup Deney Sonuçları.....	55
5.4. Kimyasal Analiz ve XRD Analizi.....	57
5.5. Daha Önce Yapılan Çalışmaların Sonuç ve Kritikleri.....	58
5.5.1. Sedimenter Sepiyolit İlavesi ile Terra Cotta Ürünlerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması.....	58
5.5.2. Nodüler Sepiyolit İlavesi İle Terra Cotta Ürünlerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması.....	60
5.5.2.1. Kırık Çömlüklerine % 5 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması.....	60
5.5.2.2. Kırık Çömlüklerine % 10 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması.....	61
5.5.2.3. Kırık Çömlüklerine % 15 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması.....	61
5.5.2.4. Kırık Çömlüklerine % 20 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması.....	61
5.5.2.5. Kırık Çömlüklerine % 35 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması.....	62
5.5.3. Pomza ilavesi İle Terra Cotta Ürünlerin Termal Şok Dayanımının Arttırılması.....	62
5.5.3.1. Kırık Çömlüklerine %5 Pomza İlavesi Uygulaması.....	62
5.5.3.2. Kırık Çömlüklerine %10 Pomza İlavesi Uygulaması.....	63
5.5.3.3. Kırık Çömlüklerine %15 Pomza İlavesi Uygulaması.....	64
5.5.3.4. Kırık Çömlüklerine %20 Pomza İlavesi Uygulaması.....	64



## İÇİNDEKİLER DEVAMI

	<u>Sayfa</u>
5.5.3.5. Kırık Çömlüklerine %25 Pomza İlavesi Uygulaması.....	65
5.5.3.6. Kırık Çömlüklerine %30 Pomza İlavesi Uygulaması.....	65
5.5.3.7. Kırık Çömlüklerine %35 Pomza İlavesi Uygulaması.....	66
6. SONUÇLAR.....	67
6.1. Birinci Gruptaki Sonuçlar.....	67
6.2. İkinci Gruptaki Sonuçlar.....	69
6.3. Üçüncü Gruptaki Sonuçlar.....	71
6.4. Kimyasal Analiz Sonuçları.....	73
6.5. Genel Değerlendirme.....	74
6.6. Çömlüklerin Termal Şok Dayanımını İyileştirme Amacıyla Yapılan Önceki Çalışmaların Sonuçları.....	75
7. ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	78
EKLER.....	82
1. 250µm elek üstü tane boyutlu sedimenter sepiyolitinin XRD sonuç grafiği.....	82
2. 125µm elek üstü – 250µm elek altı tane boyutlu sedimenter sepiyolitinin XRD sonuç grafiği.....	83
3. 125µm elek altı tane boyutlu sedimenter sepiyolitinin XRD sonuç grafiği.....	84

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Sırlı Ürün resmi.....	4
1.2. Sırlı Ürün resmi.....	4
1.3. Sepiyolitın Makroskopik Görüntüsü.....	8
1.4. Masif Sepiyolit Kilinin Tarama Elektron Mikrografı.....	11
1.5. Türkiye sepiyolit, lületaşı, kil, bentonit, kaolen mineralleri haritası.....	17
1.6. Pipo resmi.....	18
2.1. Çömlek ustası elle şekillendirme yaparken bir resmi.....	32
6.1.1. Aşanlar kiline %20 oranında, +250µm tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve phepherorne testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.....	67
6.1.2. %20 +250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeyken içindeki su seviyesinin zaman bağlı değişimini gösteren grafik.....	68
6.1.3. Termal şok testi sonrası çömlek numunesinin resmi.....	68
6.2.1. Aşanlar kiline %20 oranında, +125µm -250µm elek altı tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve phepherorne testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.....	69
6.2.2. %20 +125µm -250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeyken içindeki su seviyesinin zamana bağlı değişimini gösteren grafik.....	70
6.2.3. Termal şok testi sonrası çömlek numunesinin resmi.....	70
6.3.1. Aşanlar kiline %20 oranında, -125µm tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve phepherorne testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.....	71
6.3.2. %20 -125µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeyken içindeki su seviyesinin zamana bağlı değişiminin gösterildiği grafik.....	72
6.3.3. Termal şok testi sonrası çömlek numunesinin resmi.....	72

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Kordiyerit seramiklerin bazı özellikleri.....	14
2.1 Çeşitli kil minerallerinin kimyasal bileşimleri.....	30
3.1. Killerin üretim teknolojisi akım şeması.....	36
3.2 Seramik kili üreten başlıca şirketler.....	37
3.3. Üretilen killerin çeşitli özellikleri.....	38
4.1.1. Deneyleerde kullanılan Aşanlar kilinin kimyasal analiz sonuçları.....	40
4.1.2. Deneyleerde kullanılan sedimenter sepiyolitinin kimyasal analiz sonuçları.....	41
5.1.1. Aşanlar kiline %20 oranında +250µm tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.....	49
5.1.2.1. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	50
5.1.2.2. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	50
5.1.2.3. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	50
5.1.3 %20 oranında +250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.....	51
5.2.1. Aşanlar kiline %20 oranında +125µm -250µm tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.....	52
5.2.2.1. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	52
5.2.2.2. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	53
5.2.2.3. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	53
5.2.3. %20 oranında +125µm -250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.....	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ DEVAMI

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.3.1. Aşanlar kiline %20 oranında -125µm tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.....	55
5.3.2.1. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	55
5.3.2.2. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	56
5.3.2.3. Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.....	56
5.3.3. %20 oranında -125µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.....	57
5.5.1.1. %5 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	58
5.5.1.2. %10 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları .....	59
5.5.1.3. %20 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları .....	59
5.5.1.4. %30 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları .....	60
5.5.2.1.1. %5 nodüler sepiyolit katkıli güveçler için yapılan ateşe dayanıklılık testi sonuçları.....	61
5.5.3.1.1. %5 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	63
5.5.3.1.2. %10 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	63
5.5.3.1.3. %15 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	64
5.5.3.1.4. %20 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	64
5.5.3.1.5. %25 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	65
5.5.3.1.6. %30 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	66
5.5.3.1.7. %35 pomza katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları.....	66

**ÇİZELGELER DİZİNİ DEVAMI**

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
6.4.1. Aşanlar kilinin kimyasal analiz sonuçlarının grafiksel görüntüsü.....	73
6.4.2. Sedimenter sepiyolitinin kimyasal analiz sonuçlarının grafiksel görüntüsü.....	73
6.6.1. Daha önce yapılan çalışmaların karşılaştırılması.....	76



## 1. GİRİŞ

### 1.1 Çömleğin Tanımı ve Çömlekçilik Tarihçesi Hakkında Genel Bilgiler

Organik olmayan malzemelerin oluşturduğu bileşimlerin, tornada elle şekil verildikten sonra, kurutulup ve yeteri kadar sertliğe ulaşıncaya kadar pişirilerek elde edilen malzemedir [12].

İnsanoğlunun çömleği nasıl keşfettiği tam olarak bilinmemektedir. Genellikle kabul gören varsayım, insanoğlunun toprağın ateşte pişirilip sertlik kazandığı tesadüfen bulunduğu yönündedir. Keşfetme şekli ne olursa olsun, çömlekçiliğin başlayıp gelişmesi, göçebe kavimlerin yerleşik hayata geçmesiyle olmuştur. Anadolu'da ilk yapılan çömlekler Neolitik döneme, yaklaşık M.Ö. 7. bin yıla ait olduğu bilinmektedir. Anadolu insanı, neredeyse on bin yıldır toprağı suyla çamura dönüştürüp şekillendirmektedir. İlk yapılan çömlekler sargı ve dolama usulü ile elde şekillendiriliyordu. Pişirim ise genellikle açık ateşte yapılmaktaydı. M.Ö. 3. bin yılda çömlekçi çarkı bulunmuş ve çömlek çarkta şekillendirilmeye başlanmıştır [42].

Yüzey araştırmalarında ve kazılarda arkeologların en çok buldukları malzemeler çanak ve çömleklerdir. Bir bölgenin kültürel niteliği ve bunların zaman içindeki yeri ise kazılarda ortaya çıkan mimari kalıntılar, mezarlar, çanak ve çömlek parçalarından yararlanılarak değerlendirilir ve ait olduğu tarih verilebilmektedir. Bu bakımdan çanak ve çömlek bilgisi arkeolojinin temelidir [24].

Mısır'da M.Ö 5000-4000 yıllarından kalma çanak ve çömlekler ele geçmiştir. Sülaleler öncesi devirde kırmızı bir çömlek cinsi yaygındı. Geometrik desenler ve üsluplaştırılmış hayvan figürleri ile süslenmiştir. M.Ö. 4000 yıllarında gerzeh kültüründe, deve tüyü renkli zemin üzerine kırmızısı, kahverengi ile süsleme yapılmış çanak ve çömlekler bulunmuştur. M.Ö. 3200 yıllarında çömlekçilik, taş ve maden kapların daha gözde olması ile geriler, II. Sülalenin sonlarına doğru çömlekçi çarkının bulunmasıyla yeniden önem kazanır. Saray tezgahlarında yapılan bir metre yüksekliğinde, sert, kırmızı renkteki küplere ara sıra kralın adı yazılmıştır. Eski krallık devrinde en yaygın şekiller ise ince, uzun omuzdan kulplu bir küptür ve bu küplerin ölülere yağ sunmak için kullanıldığı sanılmaktadır [24].

Anadolu'da ise Cilalıtaş devri çömlekçiliği teknikçe üstündür. Mersin, Çatalhöyük ve Kızılkaya'da koyu renkli cilalı, Hacılar'da krem renğinde astarlı ve cilalı çömlekler bulunmuştur. Alişar çanak ve çömleklerinin kalkolitik çağdan kalanları ilgi çekicidir. Elle

yapılmış, cilalanmış, içleri beyaz ve sarı boya ile doldurulmuş çizgilerle süslü, gri, kırmızı, kahverengi ve siyah renkli çömlekler vardır. Çok rastlanan yüksek ayaklı kadehler, iki kulplu maşrapalar Büyük Güllücek, Beycesultan ve Mersin gibi merkezlerde ele geçmiştir. Eski Bronz I çağında elle yapılmış çömlekler Truva, Yorta, Polatlı, Kusura, Beycesultan ile Güney Anadolu'daki yerleşme noktalarında bulunmuştur [24].

## 1.2 Kınık Köyü'nde Çömlekçilik

Bilecik'in Pazaryeri ilçesine bağlı Kınık Köyü'nde çömlekçilik 1877 – 1878 yılında Bulgaristan'dan göç eden çömlekçi Şakir Usta tarafından başlatılmıştır. O zamandan bu yana Kınık Köyü çömlek üreticileri yıllar içerisinde değişen zevk ve ihtiyaçlara göre yeni ürünler geliştirerek çömlekçiliği günümüze kadar sürdürmüşlerdir. Kınık Köyü'ndeki üreticiler 1960'lı yıllarda zamanın ihtiyacı olan su ve turşu küpleri üretmişler fakat, bunun akabinde cam sanayinin gelişmesi ile bu ürünler pazar kaybına uğramış ve üretimleri azalmıştır. 1970 – 1980 yıllarında görülen çömlek saksı yapımı 1980'li yılların ortasında plastik saksıların çıkması sonucu durma noktasına gelmiştir. Son yıllarda yurt içi ve yurt dışı pazar talebine bağlı olarak sırlı güveç kapları üretilmektedir. Bu da çömlekçiliğin kalkınması, yaşaması ve gelişmesi için yeni bir dönem olarak düşünülmektedir [47].

Kınık Köyü sakinleri, 100 yıldır geçimini çömlekçilik yaparak sağlıyor. Yurtiçi ve yurtdışına çömlek ve seramik satışı yapan köyde 200 kişi çalışırken, çevre illerden işçi getirilerek yeni istihdam yaratılmaktadır. Yaklaşık 120 yıl önce ünlü seramik ustası Şakir Ağa'nın seramik için en uygun toprağı Kınık'ta bulmasıyla başlayan çömlekçilik, bugün yöre halkının hemen hemen tek geçim kaynağı oldumuştur. Köy evlerinde üretimi yapılan çömlek ve seramik ürünler, Türkiye'nin birçok iline satılırken, İngiltere, Hollanda, Almanya ve Arap ülkelerine de ihraç ediliyor [47].

Pazaryeri Kaymakamlığı'nın girişimiyle Çömlekçilik Araştırma Geliştirme ve Uygulama Köyü olarak belirlenen Kınık'ta, üniversitelerin seramik bölümü öğrencileri için pratik yapma olanağı sunuluyor. Köyde tadilatı yapılan inşaatta 20 gün süreyle konaklama imkanı sağlanan öğrenciler, bu sürede atölyelerde pişmiş toprağın işlenmesi ve seramik yapımına yardım ediyorlar. Topraktan seramik, ibrik, testi, küp, saksı, çaydanlık, balık kiremidi, yoğurt ve yemek güveci, hediyelik eşya üretimi yapılan köyde yaklaşık 40 atölye bulunuyor [47].

Fakat çömlleklerin içindeki yemeklik malzemenin pişirilmesi amacıyla kullanılması esnasında görülen çatlamların önüne geçilememiştir. Bu çatlamların çömlleklerin ısı şok direncinin düşük olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çatlamların önlenmesi çömllek üreticilerinin hem rekabet güçlerini hem de pazar paylarını arttıracaktır. Yapılan bu çalışmanın asıl amacı da budur kısaca; Kınık çömlleklerinin termal şok dirençlerini farklı tane boyutlu dolomitik sepiyolitle iyileştirmek ve böylelikle pazar sorununu çözümlenektir. Ayrıca, bu konuda yapılmış diğer araştırmaların sonuçlarının analiz ve kritiklerini vermektir.

Daha önceki bir çalışmada ise, yapılan bir ankette Kınık Köyü'nün çömllekçiliği, çömllek üreticilerinin sorunları ve çömllek üretimi incelenmiştir. Anket sonuçlarına göre; Kınık Köyü çömllekçiliğinin gelişmesi kurşunlu sır yerine sağlıklı bir sıranın kullanımı en önemli çözümlmesi gereken problem olarak saptanmıştır [12].

### 1.3 Kınık Kilinin Özelliği

Kaliteli seramik için en önemli unsur olan fildişi tonundaki fon astarın en kusursuz şekilde uygulanabileceği çamur, sadece Kınık'ta bulunuyor. En iyi toprak katmanına erişebilmek için 4 metre derinliğe iniliyor. Gerektiğinde daha derinlere inilip örnekler alınıyor. Elde edilen sert ve yoğun toprak, titiz bir şekilde safsızlıklarından arındırılıyor. Anadolu'da en yaygın sıraltı tekniği ile işlenen Kınık çömllek ve seramiğe, krem veya fildişi rengi fon üzerine, bej, koyu yeşil ve mor, lacivert, kobalt mavisi, turuncu, kahverengi astarla desenlenebiliyor [45].

Yapılan bir çalışmada, Kınık Köyü çömllek kilinin karakterizasyonu sonucunda; kimyasal analizinde %54.3 silis, %21.5 alimüna, %9.15 demir oksit ve %6.62 ateş kaybına sahip olduğu, XRD ile yapılan mineralojik analizinde kuvars, klinaklor, albit, notronit ve illit mineralleri içerdiği, ham kilin %17'sinin kum, %46'sının silt ve %37'sinin kil miktarı olduğu, kilin plastiklik limitinin 26.77, kuru küçülmesinin %7.05, pişme küçülmesinin %0.053, toplam küçülmenin %7.1 ve su emme değerinin 12.60 olduğu saptanmıştır [12].

### 1.4 Seramik Nedir

Yunanca "kil" anlamındaki keramikos sözcüğünden türetilmiş olan seramik terimi, pişmiş topraktan, işlenmiş, cilalı, emaye, fayans, kumtaşı (gre), porselen (yumuşak,sert ya da iki kez pişmiş-bisküvi), vb. her türlü seramik ürününü belirtmek için kullanılır. Fırında pişirme yoluyla çanak-çömllek yapma sanatına seramikçilik denir. Binlerce yıllık bir geçmişe dayanan ve insanın öğrendiği ilk teknik olan seramikçilik, temel yöntemleri en az değişikliğe uğramış bir



sanattır. Seramik ürünler, gerek çamurun bileşimi, gerekse pişirme yöntemiyle nitelik açısından ayırım gösterirler [38].

Bütün çamurlar, farklı nitelikte olabilen kil (biçim verici öge) ile çeşitli yağ giderici öğelerden (kum, kuvars, kül, bitki parçacıkları, saman, öğütülmüş kalsit vb.) oluşur. Ergitici bir maddenin katılması, hamurun camlaşmasını sağlar ve porselen elde edilir. Genel olarak seramik çamuru olarak tasvir ettiğimiz malzemenin birçok çeşidi vardır. Bu çamurlar kimyasal özellikleri, dokuları, renkleri itibarıyla birbirinden farklıdır. Fakat hepsinin ortak özelliği sanatsal ve pratik olarak kolay şekil alabilmesidir [38].

Seramik çamurunu üstün kılan; sır tutabilmesi ve fırınlanarak kullanımlı, dayanıklı, camsı seramik ürünü haline getirilmesidir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Sırlı Ürün [38].



Şekil 1.2. Sırlı Ürün [38].

Ürün öncelikle kağıt üzerinde tasarlanır. Tasarlanan ürün ; uygun çamur (döküm, şamotlu, kırmızı kil vb.) seçilerek üç boyuta taşınır. Bu süreçte değişik nitelikteki seramik çamurlarının özelliklerine en uygun şekillendirme yöntemlerinin seçilmesi, farklı ısılarla, farklı oluşumlar meydana geldiğinin bilinmesi gereklidir. Sonuçta ortaya çıkan ürün kullanılan malzemeye ters düşmeyen, yapım yöntemi, biçimi, dekoru ve sırası ile bir bütün olmalıdır. Bu nedenle, malzemenin inceliklerini bilmeden kağıt üzerinde tüm ayrıntılarını çözümlenmeye çalışmak ve bunların gerçekleşmesini istemek, malzeme, zaman kaybı gibi olumsuz sonuçlar doğurabilir [38].

Ürün tasarımında estetik değerler de ön planda tutulmalıdır. Bu değerler sanatsal (pano, heykel vb.) veya endüstriyel ürünler (sofra seramiği, süs eşyası vb.) için farklı olabilmektedir. Örneğin, sofraya seramiğinde özel zevke olanak veren, alıcının istediği biçimde düzenlemeler yapacağı biçimler olmalıdır. Tabak, tuzluk gibi takımlara ait parçaların amaçlarına uygun olabilmesi ve kulp, emzik gibi aksesuarların malzeme ve biçim olarak parçanın bütünlüğü içinde şekillendirilmesi gereklidir [38].

Seramik çamurunu üç boyuta taşırken en uygun yöntem seçilir. Şekillendirme yönteminin seçiminde rol oynayan önemli etkenler vardır. Örneğin, seramik ürünün çamurunun bileşim yapısını, kullanım alanını ve amacını, üretimin sayısal verimliliğini, ürünün biçimsel yapısını bilmek gereklidir. El ile şekillendirmede şerit oluşturma, levha açma, kalıp hazırlayıp sarma gibi teknikler veya bu tekniklerin bir çoğunun bütünleşmesi ile oluşmuş ürünler yapılabilir. El ile şekillendirmede çamur iyice yoğrulup içindeki bileşimle kaynaştırılır ve havanın çıkması sağlanır. Hava; ürün kururken veya fırınlanırken çatlamasına neden olur [38].

Yoğrulan çamur levha (plaka) tekniği ile şekillendirilecekse bir merdane veya ahşap kalıplar yardımı ile ürün boyutuna paralel olarak çeşitli kalınlıklarda levha açılır. Levha kalınlığı formun et kalınlığını oluşturacağı için çok kalın olmamalıdır. Çamur şekillendirilirken ebejuar denilen aletler kullanılır. İki farklı yüzeyi birleştirirken iki yüzeye de çentikler atılır ve ıslatılarak yapıştırılır [38].

Yapıştırma detayları çamurda önemlidir. İyi yapıştırılmayan yüzey kuruma veya fırınlama sırasında çatlayabilir. Levha tekniğinin dışında şerit tekniği denilen yöntemde şeritler el ile yapılarak, belirlenmiş çamur taban üzerine üst üste getirilerek yapıştırılır. El ile şekillendirilmede diğer bir yöntem "torna"dır. Simetrik ve yuvarlak bir ürün tasarlanmış ise torna kullanılabilir. Torna ile şekillendirmede; formu oluştururken çamurun merkezden kaçmamasına ve dengeli bir biçimde forma dönüşümü gerçekleştirilir. Torna; çalışarak

geliştirilebilecek bir yöntemdir. Seramik çamurunu dolu bir kütle haline getirip parça çıkarıp veya ekleyerek pano, heykel ve çeşitli ürünlerin dolu modellerini oluşturmada da kullanabiliriz. Yalnız dolu bir modeli oluşturduktan sonra içini belli bir et kalınlığına kadar boşaltmak gerekir [38].

Seramiği şekillendirme tekniklerinin endüstriyel anlamda baktığımızda presleme, alçı kalıba (Alçı kullanılmasının sebebi alçının çamur içindeki suyu emerek çamurun yüzeye yapışmasını ve böylece kuruyup et kalınlığını sağlamasıdır.) döküm gibi seri üretime dayanan bir çok yöntem uygulanmaktadır. Alçı kalıpla şekillendirilecek ürün çamurun küçülme oranına göre teknik resmi büyütülerek çizilir ve alçı tornasında modeli hazırlanır. Alçı parçalar arasında parçaların birbirini tutmasını sağlayan pimler yerleştirilir. Alçı kalıp yapılırken alçı hazırlama detayları da önemlidir. Kalıplar boş döküm ve dolu döküme göre şekillendirilir. Geniş (servis tabağı, tepsi vb.) formlar dolu dökümle içi boş (kupa, fincan, pano vb.) formlar ise boş döküm ile şekillendirilir. Alçı kalıplarda diğer bir yöntem ise alçı kalıplar içerisine otomatik şablon (iç-dış) torna ile çamurun kuru preslenmesidir [38].

Şekillendirilen ürün fırınlanmadan önce tam anlamıyla kuruması gereklidir. Kontrollü bir şekilde ürünün inceliğine ve detaylarına göre yavaş kurutulmalıdır. Aksi takdirde kuruma veya fırınlama sırasında çatlayabilir. Kuruyan ürün zımpara ve sünger kullanılarak rötüjü yapıldıktan sonra fırınlanır. Çamurun ilk pişirimi en az 950 C 'ye çıkan fırınlarda yapılmalıdır. Fırınlanan ürün dayanıklı olabilmesi için uygun bir yöntemle (daldırma-püskürtme-akıtma-tozlama vb.) sır sürülür. Sırlanan ürün yüksek ateşte ikinci kez pişirilir. Fırın sıcaklığı kullanılan sıra göre değişir. Ürünü sırlamak ona bir anlamda hijyen katar ve görsel bir etki kazandırır. Sırların mat, parlak çeşitleri vardır. Sırlın içine boya katılarak ürünü renklendirmek mümkündür [38].

Bir seramik ürün hangi çamur ve yapım yöntemiyle üretilmiş olursa olsun uygulanan işlemler genelde aynıdır (İlk ürün -kuruma-fırınlama-sır-sır fırınlama). Dekor yapılacaksa sır altı ve sır üstü boyalar kullanılır. Sonuçta başarı ile uygulanmış bir süreç; amacına uygun, işlevsel, kaliteli bir ürün ortaya koyar. Bu da gerek üretici için gerekse kullanıcı açısından önemli bir faktördür [38].

## 1.5 Kullanılan Hammaddeler

### 1.5.1 Dolomit

Bileşimi  $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$ ' dir. Doğada büyük kayalar halinde bulunan bir mineraldir. Magnezyumlu kireçtaşı olarak da bilinir. Renksiz, beyaz, bej, sarımsı ve kahverengi tonlarda oluşabilen dolomitler, bazen içerdikleri safsızlıklar nedeniyle başka renklerde olup, özgül ağırlığı  $2.85 \text{ gr/cm}^3$ , sertliği Mohs sıklasına göre 3.5 – 4' tür. Ticari saflıktaki dolomitin ergime noktası 1925 – 2485 °C arasında değişir.

**Oluşumu:** Dolomitler kireçtaşlarından; CaO'in yerini kısmen veya tamamen MgO'in almasıyla oluşur.



Dolomitler üç şekilde oluşurlar.

- CO<sub>2</sub> metasomatozu ile,
- Kapalı havuzlardaki anaerobik bakterilerin yardımı ile,
- Denizlerde uygun fiziksel şartlarda.

**Kullanım Alanları:** Dolomitin otuzdan fazla kullanım alanı vardır. Fiziksel nitelikleri itibarı ile yol inşaatlarında ve beton yapımında, kimyasal nitelikleri itibarı ile ziraatte toprak ıslahında, gübre yapımında, tuğla, çimento, cam, soda sanayinde kullanılmaktadır. Başta boya olmak üzere kimya sanayisinde de dolgu malzemesi olarak önemli bir hammaddedir. Demir-çelik endüstrisinde refrakter malzeme imalinde ve curuf yapıcı flux olarak kullanılır. Ateşe dayanıklı tuğla yapımında megnezitin yerini dolomit almış durumdadır. Akşini elde edilmesinde kullanılır. Seramik yapıda mermer gibi davranır.

**Spesifikasyonları:** Dolomitte istenilen spesifikasyonlar kullanıldıkları sektöre göre değişmektedir. Örneğin, demir ve çelik endüstrisinde MgO' in %18.5 – 20.5, CaO' in % 29.5 – 33, SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>' ün %2.5 – 3, maksimum S'in %0.50 – 0.92 ve tane boyutunun 10 – 100 mm olması istenir. Cam endüstrisinde ise MgO' in %19, CaO' in %34, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve kükürtün olmaması istenirken tane boyutunun 2 mm altında ve 74 µm boyutun %30 civarında olması gerekir [31].

## 1.5.2 Sepiyolit ( Lületaş) )

### 1.5.2.1 Sepiyolit Hakkında Genel Bilgiler

Sepiyolit,  $\text{Si}_{12}\text{Mg}_8\text{O}_{30}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  formülü ile ifade edilen, fillosilikatlar grubuna ait, magnezyum hidrosilikattan ibaret doğal bir kil mineralidir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif eksenini boyunca uzanan kanal boşluklarına sahiptir. Tabiatta ortorombik yapıda kristalleşen sepiyolit, genellikle iki tip oluşum sergilemektedir. Birincisi Lületaş (α-sepiyolit), ikincisi ise Sedimenter (β-sepiyolit) sepiyolittir [23].

Sepiyolit, yüksek yüzey alanı, lifsi yapısı, porozitesi, kristal morfolojisi ve kompozisyonu, yüzey aktivitesi, düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli duyarlı süspansiyonlar oluşturması gibi teknolojik uygulamalarda baz teşkil eden sportif, katalitik ve reolojik özelliklere sahiptir. Sepiyolit yapısı ısı işlemlere karşı duyarlıdır. Zeolitik ve adsorbe su molekülleri ısı derecesi yükseldikçe yapıdan uzaklaşır [23].

Şekil 1.3.'te sepiyolit mineralinin bir resmi görülmektedir.



Şekil 1.3. Sepiyolit makroskopik görüntüsü [41].

Aşağıda sepiyolitın bazı fiziksel özellikleri ve kimyasal formülü verilmiştir.

**Kimyasal Bilesimi**,  $Mg_2SiO_3O_8 \cdot 2H_2O$

**Kristal Sistemi**, Ortorombik

**Kristal Biçimi**, Masif; ince lifsi; çoğunlukla kompakt ve nodüllü, topragimsi veya kil görünümlü

**Sertlik**, 2 - 2.5

**Özgül Ağırlık**, 2

**Renk ve Seffaflık**, Beyaz, grimsi, sarımsı, mavimsi yeşil yada kırmızımsı; organik madde içeriğine bağlı olarak kahverengimsi, opağa yakın.

**Parlaklık**, Mat

**Bulunuşu**, Playalarda, bataklık ortamlarda oluşan sedimanter yataklarda bulunur. Çoğunlukla manyezit ve serpantinın alterasyon ürünü olarak oluşur. Laküstrin sedimanların otijenik mineralidir [41].

Sepiyolit, Avrupa’ da (Türkiye, Macaristan, Almanya) yüzyıllardır (1750-1912) pipo yapımında kullanılmış ve üretim merkezi de Almanya’nın Lippe şehri olmuştur [20]. Daha yumuşak ve kompakt olan çeşitleri, önceleri pipo ve sigara filtresi olarak, daha sonraları ise inşaat malzemesi olarak da kullanılmıştır [2].

1600’ lü yıllardan beri bilinen Vallecas (İspanya) sepiyoliti, 1760 yılında İspanya Kralı III. Carbs tarafından Madrid’de kurulan meşhur porselen fabrikalarında, Capodimonte kili ile birlikte karıştırılarak kullanılmış ve bu tesisler 1808 yılında Napolyon orduları tarafından tahrip edilmiştir. Bu dönemde, Sevres porselenleri yapımında da sepiyolit kullanıldığı, Fransız kimyacı Joseph Louis Proust tarafından bildirilmiştir [10].

Beyaz renkli sepiyolitlerde sertlik 2-2.5, yoğunluk  $0.77 \text{ gr/cm}^3$  (görünür), ve  $2.06 \text{ gr/cm}^3$  (gerçek), özgül gözenek hacmi  $0.7 \text{ cm}^3/\text{gr}$ , gözenekliliği % 17.6 ve özgül yüzey alanı BET yöntemiyle  $370 \text{ m}^2/\text{gr}$ ’ dır [17]. Bir kil minerali olan sepiyolit [  $Mg_4 Si_6 O_{15} (OH)_2 6H_2O$  ]; düşük özgül ağırlığı, yüksek absorpsiyon kapasitesi, kimyasal bileşimi ve düşük ısı iletkenliği gibi özelliklerden dolayı başlıca kozmetik, tarım, ilaç, otomobil, kimya gibi bir çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır [30]. Sepiyolitın kristal sistemi rnonoklinik veya psödorombusal olup, kırılma indeksi ortalama 1.50 olan bir kil mineralidir [49]. Sepiyolitın ısı iletim katsayısı  $0,055 \text{ W/mK}$ ’dir. Sepiyolit gibi lifsi bir mineral olan asbestin ısı iletim katsayısı ( $0,151 \text{ W/mK}$ ) ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak üç kat daha küçüktür, buna göre sepiyolit çok düşük bir ısı iletim katsayısına sahiptir [7].

Sepiyolit, kobalt eriği içinde pembe renk verir ve HCl asidinde dekompoze olur [11]. Saf halde bileşimi % 24.9 MgO, % 55.6 SiO<sub>2</sub>, % 19.5 H<sub>2</sub>O' dur [49].

Sepiyolitın iç yapısal analizi, yüzey ve adsorplanma özellikleri, dehidratlanma davranımı, reolojik, katalitik, fizikokimyasal karakteristikleri ve seramik bir malzeme olarak değerlendirilmesi üzerine yapılmış önemli sayıda araştırmalar vardır [49] [6].

### 1.5.2.2 Mineralojisi

Tüm sepiyolitli malzeme türlerinde kil mineral bileşeni bazen oldukça iyi kristalize olan sepiyolit mineralidir. Yeniol (1992)' ye göre, laminalı sepiyolitlerde sepiyolit minerali bileşiminde % 90' ı aşan oranlarda bulunur. Sepiyolit kiline koyu renk veren organik madde oranı % 10' u aşmaz. Masif yapıli sepiyolit kilinde gerek intraklastlar gerekse hamur maddesi sepiyolit mineralinden oluşur. Yazar, organik madde içermeyen bu tiplerdeki sepiyolit içeriğinin % 90' dan fazla olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca toplam olarak % 10' u geçmeyen oranlarda dolomit intraklastlar, detritik kuvars ve serizit ile feldspat ve yuvarlak volkanik cam kırıntıları da bileşimde yer alabilmektedir. Dolomitli sepiyolitler % 50'den fazla sepiyolit içerir. Diğer başlıca bileşeni dolomit mineralidir. Ana sepiyolit seviyesi üst kısmındaki dolomitli sepiyolitlerde yer yer %5-10 illit, çok az oranlarda detritik kuvars ve volkanik cam da bulunur. Yer yer sepiyolit içeriği %50'nin altına düştüğünde malzeme sepiyolitli dolomit niteliği kazanır. Lüle taşı özelliğindeki ise %50-70 sepiyolit, az dolomit ve bazen de çok az oranlarda kalsit içerirler [48].

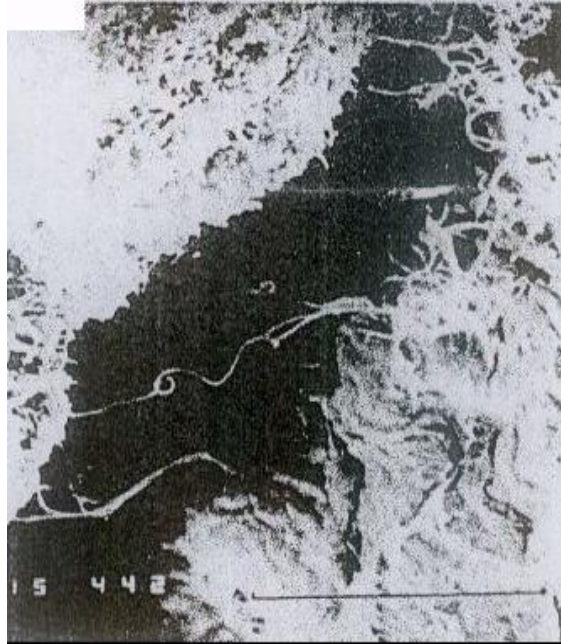
### 1.5.2.3 Dokusu

Tarama elektron mikroskobu altında, lamina yapıli sepiyolit kilinin sepiyolit liflerinden meydana geldiği gözlenir. Bazen ondülasyon gösteren, tabakalanma düzlemine uygun, birbirine paralel veya paralele yakın tarzda istiflenmiş olan bu lifler bu tip sepiyolitteki laminasyon nedenidir. Laminalı sepiyolit kilinde bazen sepiyolit hamuru içinde çok seyrek olarak ve 0,5 mm' den daha küçük çaplı, yuvarlak muhtemelen Eoliyen kökenli sepiyolit kırıntıları da yer alır. Bazı yerlerde ise sepiyolit hamuru içinde seyrek veya yoğun intraklastlar bulunur. 1-2 cm çapa ulaşabilen bu intraklastlar sepiyolit bileşiminde birincil lamina yapısının korunduğu, köşeleri yuvarlaklaşmış yassı veya yuvarlak şekillidir. Bazen dolomitten olduğu gözlenen bu intraklastlardan başka yer yer sepiyolit hamuru ile keskin sınır gösteren muskovit, vermikülit, biotit, volkanik cam ve tuf kırıntıları gibi volkanik kökenli malzemede sepiyolit hamuru içinde yer alır. Masif sepiyolit kili, hacimce düzensiz dağılmış, bazen 2-3

cm büyüklükte olabilen ancak genelde kum ve daha küçük boyutlu intraklastlar ile hamur maddesinden oluşur. Bileşimi sepiyolitten oluşan bu intraklastlar, lamina yapılı, köşeleri yuvarlaklaşmış, az yuvarlak ve yassıdır. SEM altında malzemenin 2 $\mu$ m ile 5 $\mu$ m arası boyutlarda olan taneler ile taneler arasındaki boşluğu dolduran lif yapılı sepiyolitten oluştuğu görülür. Sepiyolit lif uzunlukları genelde 0.5-1  $\mu$ m arasındadır. Bazen geç evrede gelişmiş 15  $\mu$ m'u aşan uzunlukta lifler gözlenir. Dolomitli sepiyolitlerden detritik karakterde olanlar masif sepiyolit kiline benzer dokusal özellik gösterirler [48].

Yeniol (1992), lületaşı niteliğindeki sepiyolit detritik dokulu ve ince taneli olup tane boyutu çok ince kum ile 2  $\mu$ m arasında değiştiğini taneler arası boşlukta ve tane yüzeylerine dik yönlerde karşılıklı olarak büyüyen ve kenetlenen sepiyolit liflerinin muhtemelen malzemeye suda dağılmama özelliği kazındırıldığını ifade etmiştir. Ayrıca yer yer saptanan ve taneler arası boşlukta sepiyolit oluşumundan sonra meydana gelen kalsit oluşuklarının da suda dağılmama özelliğine katkıda bulunan ve malzemeye beyaz renk veren ek bir etken olduğu sanılmaktadır. Şekil 1.4'te sepiyolit SEM görüntüsü bulunmaktadır [48].

Çizgisel ölçek = 10 mikron



**Şekil 1.4.** Masif sepiyolit kilinin tarama elektron mikrografi [48].



#### 1.5.2.4 Sepiyolitın Uygulama Alanları

Sepiyolitın oluşumu, yüzey alanı, gözenekliliği, kristal yapısı, bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri; bu mineralin, endüstrinin çeşitli alanlarındaki uygulamaları için esas alınmıştır [6].

##### 1.5.2.4.1 Absorpsiyon Uygulamalar

Sepiyolit etkin bir renk gidericidir. Filtrasyon ve süzme sırasında renkli tanecikler fiziksel olarak kalır ve renkli bileşikler adsorbe eder. Yaklaşık % 70-80 sepiyolit içeren absorbe taneciklerin sorbtiv özellikleri aşağıdaki şekilde ticari olarak kullanıldığı ITIT project (1993)' de belirtilmiştir [14].

1. Çiftlik civarında amonyağın konsantrasyonunu kontrol etme ve hayvan artıklarına koku giderici olarak,
2. Haşarat ve zararlı ot öldürücüsü olarak,
3. Mineral ve nebati yağlar, parafinler, tereyağlar ve şarap için ağartıcı olarak,
4. Döşemelerdeki döküntüler için absorbe edici olarak kullanılır.

Absorbe kullanım için sepiyolit aktivasyonu 200°C-300°C' de ısıtmak gerekir. Absorbe olan sepiyolit bu sıcaklıkta zeolitik suları atar ve tanecikler absorpsiyon özelliklerini, mekanik dayanımını bu işlemle geliştirir. 300 °C' de sepiyolitın sorbtiv kapasitesi, gözeneklerin bozulması özellikle mikro gözenekler yüzünden azalır. Bu sıcaklıkta yüzey alanı 140 m<sup>2</sup>/gr' a kadar düşer. Bu da anhidrit sepiyolitın oluşumuna uygundur [33].

Sigara filtresinde sepiyolitın uygulaması, tütün zehrini artıran aromatik hidrokarbonlar gibi daha az polar bileşikler üzerinde nitriller, aseton ve diğer tehlikeli polar gazı bileşikler için selektiv absorpsiyonun avantajından yararlanır [33].

##### 1.5.2.4.2 Katalitik Uygulamalar

Büyük yüzey alanı, mekanik dayanım ve termal duyarlılığından dolayı son zamanlarda sepiyolit granülleri, katalizör taşıyıcı olarak, simektit ve kaolen grubu minerallere tercih edilmektedir. Hidrojen, desülfirizasyon, denitrejenasyon, demitilasyon, etanolden-bütadien ve metanolden hidrokarbon eldesi gibi bir çok katalitik süreçte Co, Ni, Cu, Mo, W, Al, Mg' un katalitik destekleyicisi olarak sepiyolit kullanılmaktadır [33].

Kil minerallerinin katalitik aktivitesi, bunların yüzey aktivitelerinin bir fonksiyonudur. Sepiyolit partiküllerinin yüzeyindeki silanol (Si-OH) grupları, belli derecede asit özelliğe sahiptir ve katalizör ya da reaksiyon merkezi olarak davranabilir. Bu gruplar, mineralin lif eksenine boyunca 5 °A aralığı ile sıralanmışlardır. Sepiyolit asitle muamelesi, adsorbe katyonların uzaklaştırılması ve yüzey alanında artışa yol açar; gözenek dağılımı ve kristallik derecesini etkiler [33].

#### **Sepiyolit katalitik uygulamaları şunlardır ;**

1. Olefinlerde doymuş olmayan C=C bağlarının hidrojenasyonu,
2. Otomobil eksozları ve fabrika bacaları için katalitik seramik filtre imalatı,
3. Etanolden-bütadien üretimi,
4. Metanolden -hidrokarbon üretimi,
5. Sıvı yakıtların hidrojenasyonu,

#### **1.5.2.43 Reolojik Uygulamalar**

Sepiyolit, su veya diğer sıvılarla, nispeten düşük konsantrasyonlarda yüksek vizkoziteli (1000-40.000 cps / 5 rpm, Brookfield vizkozimetresi) ve duyarlı süspansiyonlar oluşturur. Sepiyolitten yapılan süspansiyonlar tiksotropik özellik gösterdiğinden, kozmetik, yapıştırıcı ve gübre süspansiyonlarda kalınlaştırıcı olarak kullanılır. Sepiyolit ayrıca, diğer killere göre tuzlu ortamlarda daha duyarlıdır ve bu nedenle özellikle petrol sondajlarında çamur malzemesi olarak kullanılır, pH = 8'e kadar faydalı özelliklerini muhafaza eder, ancak pH>9 olduğu koşullarda peptizasyon vizkozitede ani bir düşüşe neden olur [14].

#### **Reolojik özelliklerden dolayı kullanıldığı alanlar şunlardır ;**

- 1-Çözelti kalınlaştırıcı ve tiksotropik özellikleri nedeniyle boya, asfalt kaplamaları, gres yağı ve kozmetik ürünlerde,
- 2-Yüksek elektrolit konsantrasyonu ve sıcaklığa sahip derin sondajlarda çamur malzemesi olarak,
- 3-Tarımda toprak düzenleyici olarak; tohum kaplama ve gübre süspansiyonlarında,
- 4-Bağlayıcı özelliğinden dolayı eczacılıkta ve katalizör taşıyıcı pelet ve tablet olarak,
- 5-Tuğla ve seramik ürünlerde (özellikle high-tech uygulamaları bulunan honeycomb seramikler).

#### 1.5.2.4.4 Diğer Kullanım Alanları

##### 1.5.2.4.4.1 Seramik Üretiminde Kullanımı

Sepiyolit seramik sektöründe kullanımına yönelik uygulamalar yok denecek kadar azdır. Ancak son yıllarda, özellikle ülkemizde, MTA Enstitüsünün ortak proje kapsamında yürüttüğü çalışmalar sayesinde, bu amaca yönelik araştırmaların sayısında belirgin bir artış olmuştur [23]. Bu çerçevede, MTA-GIRIN işbirliği ile bazı sepiyolitlerin pişme özellikleri incelenmiş ve bununla kordiyerit seramik üretimi hedeflenmiştir. Kordiyerit seramikler, bulk veya kâğıt formunda olmak üzere iki şekilde üretilmektedir. Bunlar, absorpsiyon ve mekanik mukavemetin önemli olduğu katalitik konvertörler, motor blokları gibi otomotiv ve uzay sanayinin çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Çizelge 1.1.'de kordiyerit seramiklerin bazı özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 1.1.** Kordiyerit Seramiklerinin Bazı Özellikleri [28].

NUMUNE	PİŞME SIC.	PİŞME SÜRESİ	TERMAL GENLEŞME	TOPLAM KÜÇÜLME	YIĞIN YOĞ.	AÇIK POR.	SU ABSORBSİYONU
	°C	Dakika	$10^{-6}/RT - 700$ °C	%	$g/cm^3$	%	%
Sepiyolit+	1200	30	10.45	10.0	1.76	39.7	22.5
Kaolinit+	1200	300	7.27	10.5	1.80	34.9	19.4
Alümina	1300	30	5.63	11.0	1.85	33.1	17.9
Sepiyolit+	1200	30	12.95	17.0	1.67	45.1	27.0
Manyezit+	1200	300	9.94	18.0	1.73	38.0	22.0
Alümina	1300	30	6.75	19.0	1.90	31.4	16.5

Sepiyolit kullanılarak yapılan bir çalışmada, sepiyolit seramik bünyelerde kullanım imkanları araştırılmıştır. Bunun için, Küre kili,- Sındırgı kaolini (alunitsiz), kuvars, Çine ve Simav feldspatı karışımından bir seramik bünye hazırlanmış ve buna değişik oranlarda Sivrihisar sepiyoliti ilave edilmiştir. Bunu takiben yapılan presleme yöntemiyle şekillendirme ve değişik sıcaklıklarda (1000°C, 1100°C ve 1200°C) pişirme işleminden sonra seramik malzemeler elde edilmiştir. Elde edilen seramik malzemelerin karakterizasyonu için yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda, sepiyolit, seramik bünyelerin özelliklerini iyileştiren, alternatif bir hammadde olduğu tespit edilmiştir [49].

Gazi Üniversitesi ve MTA Enstitüsü Genel Müdürlüğü'nce ortak bir proje kapsamında gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise, sepiyolitten karbo-termal indirgeme ve nitrüleme yoluyla teknolojik seramik üretimine yönelik silisyum nitrür ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) eldesi amaçlanmıştır [4].

Silisyum nitrür, yüksek sıcaklıklarda sahip olduğu yüksek mukavemet, sertlik, aşınmaya karşı direnç, kırılma tokluğu, oksidasyon, sürtünme direnci ve ısı şok direnci gibi üstün özellikleri olan bir bileşiktir. Silisyum nitrür esaslı seramikler, bu üstün özellikleri nedeniyle, son 30 yıl içerisinde, yüksek performans gerektiren uygulamalar için geliştirilmiş seramikler arasında önemli bir yere sahiptirler [4].

Bunların dışında yüzeyi çeşitli organik bileşiklerle modifiye edilen sepiyolit, kaolen yerine kauçuk sanayinde kullanılabilir. Besicilikte yemle karıştırıldığında verim artışı sağlanmakta ve hayvanlarda amonyum dengesini kontrol etmektedir. Yine son zamanlarda özellikle Japonya'da yürütülen araştırmalarla, atık sulardan biyogaz üretiminde metajenik bakteri taşıyıcı ya da biyoreaktör olarak kullanımını geliştirilmiştir. Lifsi yapıda olması, buna karşılık kanserojen etkisinin asbeste kıyasla son derece düşük olması, asbest yerine kullanılmasını da gündeme getirmiştir [33].

Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Bölümü'nde yapılan araştırmalarda; Bilecik Pazaryeri Kınık Köyü'nde çömlek üretiminde kullanılan çamura değişen oranlarda sepiyolit ilavesi yapılarak bünyenin termal özelliklerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

#### 1.5.2.5 Dünya'da ve Türkiye'de Sepiyolit

Lületaş Roma İmparatorluğu dönemlerinden bu yana kullanılıyor olarak bilinse de [25], İspanya'nın Vallecas bölgesinde pipo başlığı, sigara filtresi ve yapı malzemesi gibi kaplama malzemeleri olarak kullanıldığı 1660' lü yılların sonuna tekabül etmektedir. Şu anda ise dünyadaki en geniş sepiyolit yatağına sahip İspanyol sepiyolitleri yalnızca endüstriyel amaçlı olarak kullanılmaktadır [30].

Dünyada lületaş üreticileri arasında Yugoslavya, Çekoslavakya, Yunanistan, Avusturya, İspanya, Rusya, Fransa, Fas, Madagaskar ve Kenya yer almaktadır. Bu ülkelerden Kenya dünyanın en büyük lületaş üreticisi olmasına rağmen büyüklük derecesi yalnızca üretim miktarıyla ilgilidir. Kenya'da çıkarılan lületaşlarının çok az bir bölümü pipo yapımında kullanılmaktadır. Kalitesi düşük olan bu taşlardaki hataların giderilmesi amacıyla boyama yoluna başvurulması, lületaşının kendine özgü niteliklerinin yitirilmesine neden olmaktadır. Bu

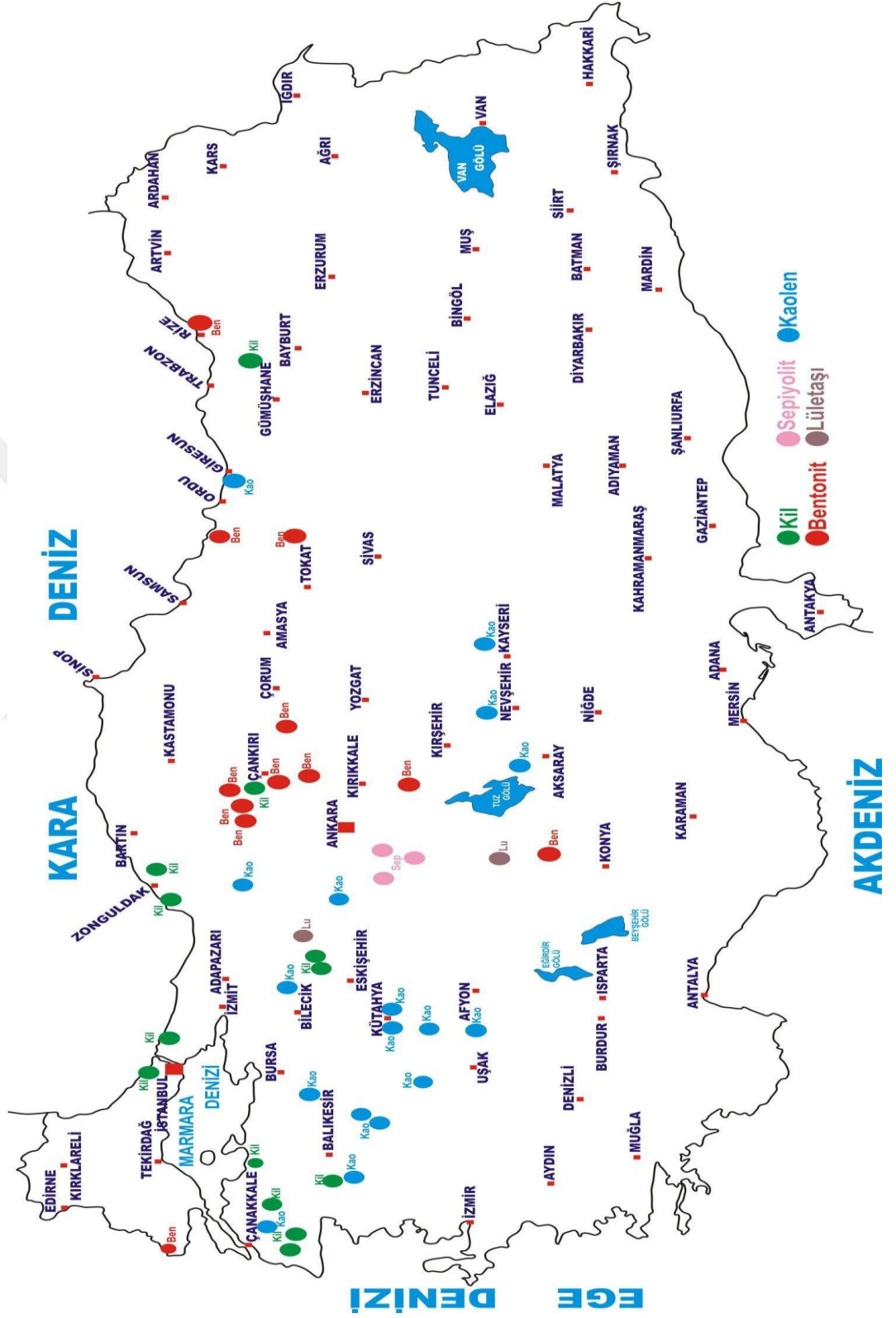
taşların en büyük tüketim sektörü otomobil sanayidir. Kenya dışındaki ülkelerden çıkarılan lületaşları gerek nitelik gerekse nicelik yönünden dikkate alınmamaktadır. Türkiye'de lületaşı Eskişehir ilinden başka Çanakkale, Bursa, Kütahya ve Konya illerinde de bulunmaktadır. Fakat Eskişehir dışındaki illerde önemli bir miktarda üretim yapılmadığı bilinmektedir [39].

#### **1.5.2.5.1 Sepiyolit'in Türkiye'deki Ekonomik Boyutu**

Lületaşının yüzyıllardır ihracı Cumhuriyet dönemine kadar devam eder. Bu cevheri çıkarma ve düzeltme işlemleri sırasında elde kalan taş parçaları genellikle kadınlar tarafından tahtadan elle çalışan basit tornalarda boncuk, tespih ve kolye yapılarak bir yan gelir elde etmek amacıyla yakın zamana kadar devam etmiştir. Emek isteyen bu sanat ancak 1920 li yıllarda Türk sanatkarının ilgisini çekmiştir. Bu sanatla ilgili ilk ciddi çalışmalar Ali Osman DENİZKÖPÜĞÜ tarafından başlatılmıştır. Ali Osman DENİZKÖPÜĞÜ' nün başlattığı işletmecilik Eskişehir' deki Çarşı Camii civarındaki küçük dükkanlardan gelişip yaygınlaşarak Eskişehir için önemli bir geçim yolu haline gelir. Lületaşının sürekli olarak ihracı işletmeciliğin önünü tıkamıştır. Yapılan modellerin sınırlı kalmasına tamamıyla sipariş yöntemiyle çalışmasına neden olmuştur. Bu çalışma stili sermaye birikimini de engellemiştir. Böylece özgün eserler yaratılması güçleşmiştir [40].

Lületaşının ham olarak ihracının 1968 yılında durdurulmasından sonra bir çok yeni atölye faaliyete başlamıştır. İhracın durdurulmasıyla Avusturya'nın lületaşlarımızla kurduğu "Vienna Lületaşı Endüstrisi "nin durumu sarsılmış ve yüzyılı aşan bir dönemden bu yana yararlanılamayan "Tekel Gücü"nü gerçek sahibin eline geçmesi yolunda ilk adım atılmıştır [40].

Sepiyolit ve lületaşı rezervlerine sahip illerimizin bulunduğu Türkiye haritası Şekil 1.5' de görülmektedir [44].



Şekil 1.5. Türkiye sepiyolit, lületaş, kıl, bentonit, kaolen mineralleri haritası [44].

### 1.5.2.5.2 Sepiyolit Şehri Eskişehir

Şekil 1.6.'da lületaşından üretilmiş birkaç pipo görülmektedir.



Şekil 1.6. Pipo [37].

Lületaşının sürekli ihraç edilmesi işletmeciliğin önünü tıkayan en önemli etkenlerden biri. İhracat, yapılan modellerin sınırlı kalmasına, bütünüyle sipariş usulü çalışmaya yol açmış; böylece özgün eserler yaratılması güçleşmiştir [36].

Lületaşının ham olarak ihracatının 1968'de durdurulmasından sonra birçok yeni atölye faaliyete başlamıştır. İhracatın durdurulmasıyla Avusturya'nın lületaşlarımızla kurduğu Viyana lületaşı endüstrisi büyük darbe yemiştir. Ancak lületaşını işleyen ellerin genelde eğitimsiz olması önemli bir sorundur. Bu alanda çalışanlar ya en fazla ilkokul öğrenimi görmüş ya da okuma yazma bile bilmeyenlerden oluşur. Dolayısıyla lületaşları dar bir form içine sıkışıp kalmıştır [36].

Kaynaklardan, lületaşı için bir okulun kurulduğu, ama bu okulun açıldıktan çok kısa bir süre sonra kapandığını öğreniyoruz. Eskişehir Valiliği'nin lületaşı için açtığı özel okulun müdürü Talat Ünersoy' la yapılan bir röportajdan edinilen bilgilere göre, okul, valiliğin denetiminde 21 Eylül 1989'da açılmış. Çoğunluğu kızlardan oluşan 40 öğrencisi varmış. Bu öğrencilerin çoğunluğu da lise mezunuymuş. Okulda yapılan yıllık planda lületaşı şu konular altında öğretilmekteymiş: oluşumu ve işlenme yöntemleri; araç gereç ve malzemeler; desen-tasarım; sanat tarihi; iş idaresi; Türk kültürü; genel ekonomi ve piyasa bilgisi [36].

Bu okul lületaşlarına sunulan en büyük armağandı ve bu konuda yapılan en önemli gelişme idi. Okulun, müdürü de, öğretmeni de, ustası da hep aynı kişiydi; Talat Ürersoy. Ancak çok doğaldır ki bir süre sonra çalışan sıkıntısı baş göstermeye başladı. Valilikle bağlantıya geçildi ama valilik ne bir öğretmen temin etti ne de okulun gereksinimlerini karşılayacak bir araç. Sonuçta, altyapının oluşturulamaması, eleman yetersizliği, maddi olanaksızlıklar ve politik nedenlerden ötürü okulun eğitimine ara verildi. Oysa bir zamanlar, festivaller sırasında bu okula yurt dışından da sanatçılar gelmiş ve 15-20 gün boyunca okulda lületaşından heykelcikler yapıp sonra da bunları sergilemişlerdi [36].

Bu okul örneğinde olduğu gibi lületaşı konusunda önemli bir gelişme de 1988'de düzenlenen "Beyaz Altın Festivalidir. Lületaşının beklediği ilgi ve tanıtımı ona sağlayacak olan bu etkinliğe ne yazık ki 1991'de son verilir. Oysa bu festival boyunca düzenlenen uluslararası kongreler, lületaşı hakkında bilinmeyenleri bildiriyor; sorunlara çözüm getiriyordu. Bu kongrelerde işlenen konulardan birkaçı şöyle: Eskişehir civarındaki lületaşı yataklarının jeolojisi ve sorunları; Eskişehir bölgesindeki tabakalı ve yumrulu sepiyolit yataklarının oluşumu; arkeoloji çalışmalarında lületaşı; taş ve medeniyet; el sanatlarımızda eğitim; sepiyolit mineralinin sanayide kullanımı ve İspanyol örneği. Ayrıca festival süresince yurtdışında da, Viyana, Berlin, Milano, Pekin ve Bükreş'te birçok etkinlik düzenleniyordu. Bu etkinliklerde sergiler açılıyor, lületaşımızın tanıtımı yapılıyor, heykelcilik yarışmaları düzenleniyordu. Heykelcilik yarışmasına katılan eserler Eskişehir Lületaşı Müzesi'nde halen izlenebilir [36].

Aslında Eskişehir'deki müze gibi, dünyada da lületaşı müzeleri var. Avusturya'da 2 , Almanya'da 2, İngiltere'de 5, Fransa'da 4, Hollanda'da 4, Türkiye, Japonya, İsviçre ve İtalya'da l'er ve ABD'de 6 lületaşı müzesi bulunuyor [36].

### 1.6 Termal Genleşme

Sıcaklık değişimleriyle oluşan genleşmelerin ve büzölmelerin mekanik olarak kısıtlandığı seramik malzemelerde ısıl gerilmeler doğar. Yapılan çalışmalar, ısıl gerilmeleri giderici işlemlerle mukavemeti yükseltici yönde olmuştur [3].

Mühendislik uygulamalarında bir malzemenin büyük sıcaklık farkıyla ani olarak ısıtılması veya soğutulması olayına “termal şok”, malzemenin bu ısıl şoka karşı gösterdiği dirence “termal şok direnci” denmektedir [3].

Bir seramiğin hızlı ısıtılması ve soğutulması bünyede hataya ve çatlayıp kırılmasına neden olur. Termal şok seramik malzemelerde ortak bazı temel özelliklerle ilişkili olabilir. Bu



malzemeler düşük ısı iletkenlikleri nedeniyle ani sıcaklık değişimleri uygulandığı zaman üniform olarak ısınmazlar veya soğumazlar. Bundan dolayı içlerinde şekil değiştirme ile giderilemeyen ısı gerilmeler oluşur [3].

### 1.6.1 Isıl Şok Kırılma Direnci

Isıl şok kırılma direnci herhangi bir çatlak oluşumunun önemli yapısal hata olarak sayıldığı, örneğin elektriksel parçalarda ve gaz türbinlerinde önemlidir. Bu uygulamalarda malzemeler ani ısınma ve soğumalarla karşı karşıyadır ve malzeme içinde farklı sıcaklık dağılımından dolayı ısı gerilmeler oluşmaktadır. Sorun bu gerilmelerin kırılma dayanımını aşmamasıdır [3].

### 1.6.2 Isıl Şok Hasar Dayanımı

Isıl şok hasar dayanımı tuğla gibi pek çok refrakter malzemelerle yakından ilgilidir. Bu malzemeler çatlak oluşumunun engellenemediği ortamlarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda çatlak oluşumundan çok, oluşan çatlakların büyümesi, dayanımın düşmesi, malzemenin kısmen pul pul dökülmesi ve çökmesi gibi sorunlar vardır. Bu tür durumlarda, ısı şok hasar direnci malzemenin ısı şok direncini belirten özelliktir. Dayanım kaybı ne kadar düşük ve hızlı soğutma-ısıtma sırasında pul pul dökülme ne kadar az ise ısı şok hasar direnci o kadar yüksektir. Bu özellik çatlak oluşup oluşmaması ile ilgili değildir [3].

Çatlakların oluşumu veya ısı şok nedeniyle genişlemesi malzemenin kırılma dayanımını azaltır. Seramiklerin kırılma davranışı ve ısı şok direnci arasında, kırılmaların oluşumu (çatlak oluşumu) ve hasar ölçüsünü (çatlakların genişlemesi) analiz eden bir yaklaşım vardır. Malzemelerin kırılma dayanımı ve ısı şok derecesi (ısı şok sıcaklık farkı  $\Delta T$ ) arasındaki ilişki önemlidir [3].

### 1.6.3 Isıl Şok Direnç Tayini

Seramik malzemelerde termal şoka direnç hayli karmaşık bir özelliktir ve doğrudan ölçülen değerlerin uygulanması oldukça güçtür. Bu nedenle seramiklere uygulanan standart bir termal şok direnç tayini metodu yoktur. Çeşitli ısı şoka dayanım deneyleri farklı sonuçlar vermekle beraber temelde aynı noktaya dayanırlar. Her bir deneyde standart boyutlara sahip numuneler dikkatli bir ısıtma sürecinden sonra ani olarak suda veya havada soğutulurlar. Aynı veya daha yüksek sıcaklıkta deney tekrarlanarak son dayanım noktası alınır. Vitrifiye bünyelerde son nokta bünyede oluşan belirgin bir çatlakla saptanır. Gözenekli bünyelerde ise

çatlağın boyutu daha azdır ve sonraki ısıtılarda bünye parçalanır. Bünyede oluşan değişimler sıcaklık artışı ile beraber saptanarak yorum yapılmalıdır [3].

Diğer bir termal şok direnç tayini şu şekilde yapılabilir;

Örnek malzeme yüksek bir sıcaklıkta ısıtılır ve 20°C'deki suya daldırılır. Belirli bir periyotta artan sıcaklıklarla bu işlem tekrarlanır. Her defasında dayanım kayıpları saptanmalıdır. Her bir ısı şoktaki dayanım kaybı yüzdesinden hareketle kırılma dayanımı kaybı – ısı şok sıcaklık farkı eğrisi oluşturulur. Malzeme belli bir sıcaklık farkına kadar aynı dayanımı gösterir ve kırılma dayanımı göstermez.  $\Delta T_0$  kadar bir sıcaklık farkında çatlaklarda ani genişleme ile dayanımda ani bir düşme olur. Dayanım ve çatlaklar karardır. Dayanım yavaşça azalır ve çatlaklar devamlı olarak genişler. Belli bir sıcaklık farkında mutlaka meydana gelir [3].

Termal şok dayanım testinde malzemenin sıcaklığını ani olarak düşürmek için kullanılan soğuk su banyosunun sıcaklığının sabit tutulması, testin doğru yorumlanabilmesi için oldukça önemlidir. Ayrıca ısıtma işleminden önce bünyenin dayanabileceği sıcaklıkların belirlenmesi gerekir [3].

#### 1.6.4 Termal Şok Direncini Etkileyen Faktörler

Termal şok uygulanan sonsuz büyüklükte bir seramik levhanın kırılma olmaksızın dayanabileceği maksimum sıcaklık değişim hızı şu denklemle verilir;

$$\Delta T = \sigma_f (1 - \nu) / E \alpha$$

Bu formülde;

$\sigma_f$  : Ortalama kırılma mukavemeti

$\nu$  : Poisson oranı

$E$  : Elastisite modülü

$\alpha$  : Isıl genişleme katsayısı

Termal Şok Direnci =  $k / \alpha$  = Isıl iletkenlik / Isıl genişleme

Yukarıdaki formülden de görüldüğü gibi malzemelerin termal şok direnci; elastisite modülü, ısıl iletkenlik ve ısıl genişleme gibi özelliklere bağlıdır. Ayrıca bu özellikler de malzemenin yoğunluğuna (porozite miktarına) ve bağ yapısına bağlı olduklarından termal şok direnci de yoğunluğa ve bağ yapısına bağlı olarak değişir. Bir malzemenin ısıl iletkenliği ne

kadar yüksek, ısıl genişmesi ne kadar düşükse termal şok direnci de o kadar yüksektir. Ayrıca kovalent bağlı malzemelerin termal şok direnci, iyonik bağlı malzemelere göre daha yüksektir [3].

### 1.6.5 Genleşme

Genleşme genişleme anlamından gelir. Sıcaklığı artırılan bir cismin uzunluk ya da hacminin değişmesi olayıdır. Katıları, sıvıları ya da gazları oluşturan tanecikler, ortalama konumları çevresinde sürekli çalkalanma halindedirler. Bu cisimlerden birine ısı biçiminde enerji verilirse, bu enerji kinetik enerjiye dönüşür; dolayısıyla, kinetik enerjisi artan tanecikler daha şiddetle çalkalanır ve daha geniş alana yayılmaya çalışırlar; yani sıcaklığı yükselen cisim (katı, sıvı, gaz) aynı zamanda genişler [43].

### 1.6.6 Uzama

1. Hacimce uzama,
2. Boyca uzama,
3. Yüzeysel uzama.

Malzemeler; sıcaklık ve ısı farklılıkları sonucu değişim geçirirler. Bunlar genişleme (uzama) ve büzülme (kısılma) olarak değerlendirilir [43].

## 2. ÇÖMLEK ÜRETİMİ

### 2. 1. Seramik Killeri

#### 2. 1. 1. Kil ve Kil Mineralinin Tanımı

Işık (1996)' da bu tanımlar aşağıdaki gibi bildirilmiştir. Kilin tanımı ilk defa 1546 yılında Agricola tarafından yapılmıştır. Her ne kadar plastiklik, tane boyu ve pişirilince sertleşmeyi içeren esaslar çoğunlukla sabit kalmışsa da, bu tanım o zamandan beri birçok kez değiştirilmiştir. 1963 yılına kadar yapılan tarihsel tanımların geniş şekilleri bazı araştırmacılarca kaleme alınmıştır. Kil tanımı, kil bileşenlerinin önemini tanımlamaktadır. Bazı yazarlar birçok neden arasında, kil minerali kil karakteristiğinde olmayan birçok aksesuar mineral içerebildiğinden dolayı “kilde oluşan herhangi bir mineral” olarak kil mineralini tanımlamanın uygunsuzluğuna işaret etmiştir [18].

Kil mineralinin önceki tanımları basitçe kil minerallerini tabakalı silikatlarla özdeşleşmiştir. Böylece geçerli bir neden olmaksızın bu terimin kullanılması kabul ediliyordu. Ancak kil minerali tanımı kil bileşeni anlamında kullanıldığı zaman yararlıdır. Kil mineraliyle tabakalı silikatların aynı anlamda kullanılması yaklaşımı, bütün kilin özelliklerinin kilin bileşenlerinin özellikleriyle ilişkilerini göz önüne bulundurulduğunda başarısız olmaktadır [18].

Bazı yazarlar kil bileşenlerinin tane boyutu gerekliliğini mineralojiyle birleştiren kavramsal probleme ilave bir karışıklık olarak değinmektedir. “Mineral” terimi tane boyutunu kapsamayan tam bir tanıma sahip olduğundan dolayı, bundan bir mineral grubunun tanımı tane boyutu esas alınarak yapılamaz sonucu çıkar [18].

Kil; doğal olarak oluşmuş başlıca ince taneli minerallerden meydana gelen, yeterli miktarda su katılınca genellikle plastikleşen ve kuruma veya pişmeyle sertleşebilen malzemedir. Her ne kadar kil genellikle tabakalı silikatları kapsarsa da, plastiklik veren ve kurutulup veya pişirildiği zaman sertleşen diğer malzemeleride içerebilir. Kildeki ortak fazlar, plastiklik yapmayan materyaller ve organik maddeler içerebilir [18].

Kilin “doğal oluşum” zorunluluğu, sentetik olanları kapsam dışı tutar. Mineralin standart tanımı esas alındığında, killer başlıca inorganik materyaller olup, çok miktarda organik madde içeren turba, bataklık çamuru ve bazı topraklar kapsam dışında tutulur, Organik fazlar gibi ortak fazlar kilde bulunabilir [18].

“Kil minerali” tanımı, tabakalı silikat grubu mineraller ile killere plastiklik veren, kuruma veya pişmeyle sertleşen mineraller için kullanılır [18].

### **2. 1. 2. Kil Minerallerinin Özellikleri**

Kil minerallerinin özellikleri, yüzey alanı, yüzey yükü, kation değiştirme kapasitesi, su ile etkileşmesi, organik bileşiklerle etkileşmesi, plastisite, tiksotropi vb. gibi mineralojik, kimyasal ve fiziksel özellikler ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgilidir. Jeologlar için kil minerallerinin en önemli özellikleri kation değiştirme kapasitesi ve killerin su ile etkileşimleridir [18].

Kation değişimi üç bakımdan önemlidir. Tabaka yükünü nötr yaparlar, fiziksel etkileri vardır (örneğin birçok kil mineralinin endüstriyel özellikleri ve X- ışını verileri, kation sayısı ve mineral yapısı ile değişebilir). Kimyasal etkileri vardır. Kil mineralleri yer aldığı birçok tepkimeyi yönlendirirler. Kil boyutunda mineraller içeren kil minerallerinin birçok özelliği kil mineraline bağlı su ile ilgilidir [18].

#### **2.1.2.1. Kurutma ve Ateş Kaybı**

Kilin önemli özelliklerindedir. Üründe meydana gelen kayıp, kilin yakıldıktan veya kurutulduktan sonraki hacim kaybıdır. Kurutma kaybı, su içeriğine, kil mineralinin türüne ve parça boyutuna bağlıdır. Çoğu plastik mineraller kurutma ile küçülür, bu da üründe çatlak ve çarpıklığa sebep olur. Kumlu kil veya düşük plastiklikteki killer düşük kayıp özelliğine sahiptirler. Fakat bu ise zayıf bir poroz yapısına sebep olur. Ateş kaybı, kilin yoğunluğuna, uçucu malzeme miktarına, fırınlanma boyunca kristal faz değişimlerinin tipine, kil minerallerinin dehidratasyon karakterine bağlıdır.

#### **2.1.2.2. Vitrifikasyon**

Kademeli bir ergitme işlemidir. Bazı killer düşük vitrifikasyonu sınırına sahiptir. Böyle killeri pişirme işlemi sırasında fırın ısısı çok hassas ayarlanmalıdır.

Çok miktarda illit, smektit ve klorit içeren killer, kaolenitçe zengin killere göre daha düşük vitrifikasyon sıcaklığına sahiptir. Kildeki kalsit-feldspat gibi bazı safsızlıklar vitrifikasyon sıcaklığını düşürür. Genellikle vitrifikasyon derecesi nihai üründe ihtiyaç duyulan porozite ve kayıp miktarları ile düzenlenir.

### 2.1.2.3. Renk

Pek çok kil için üniform renk gerekli bir özelliktir. Ürünün rengi oksidasyon ve demir minerallerinin tane boyuna, fırınlanma sıcaklığına, vitrifikasyon derecesine ( bu alümina oranına kireç ve kil minerallerindeki magnezyaya ve yakma işlemi sırasındaki fırında bulunan gazın bileşimine ) bağlı olarak değişir. Killerin pek çoğu, Prekambrien' den Holoesen' e kadar olan zaman aralığında oluşmuş kayalardan meydana gelirler. Bunlar, buzul kil, toprak, alüvyon, lösler, şeyl, şist ve sleytlerdir. Çeşitli kil gruplarını içeren bazı ateş killeri ve kaolenler yapısal kil ürünlerinin imalinde kullanılır [25].

### 2. 1. 3. Kil Minerallerinin Sınıflandırılması

Kil mineralleri bileşim ve sınıflandırma bakımından en karmaşık sanayi mineralleri arasında yer alır. Pek çok çalışmacı tarafından killerin fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri esas alınarak sınıflama türleri geliştirilmiştir. Fakat hala kesin bir sınıflama mümkün değildir. Killerin sınıflandırılmasına geçmeden önce bilinmesi gereken bazı önemli özellikler vardır.

Bunlar;

a- Temel Yapı Elementleri: Kil mineralleri birkaç istisna dışında fillosilikatlardan olup mikalar gibi devamlı tabaka yapısındadırlar. Killerin iki ayrı tipte tabakanın ardışıklı olarak tekrarlanmasından meydana gelmiş karakteristik bir yapıları vardır. Bunlar genellikle sürekli tabakalardan oluşan tetrahedral (dört köşeli) ve oktahedral (sekiz köşeli) tabakalı sulu alüminyum silikatlarıdır. Oktahedral yapıdaki tabakalar kenarlarda her biri  $Al^3$ ,  $Mg^2$ ,  $Fe^2$ ,  $Fe^3$  kationlarının etrafında yer alan oksijen ve hidroksit iyonlarının kompozisyonlarıdır. Tetrahedral tabakalarda köşelerde olmak üzere etken olarak Si daha az miktarda Al ve nadiren de Fe kationları bulunur. Al kationları oktaederin merkezinde ise oktahedral merkezlerin sadece üçte ikisi doludur. Buna dioktahedral denir, Magnezyum kationları merkezde ise tüm oktaeder merkezleri doludur. Buna da trioktahedral denir.

b- Temel Tabaka Tipleri: En basit fillosilikat kil minerali yapısı, tek alüminyum oktaeder tabakası ve 1:1 yapısındaki tek silikat tetrahedral katmanlarının birleşimidir. 2:1 tabaka yapısındaki 2 tetrahedral ve 1 oktahedral tabakaları içeren başka ana tabaka türleri de vardır. Üç tabaka ya dioktahedral ya da trioktahedral olabilir. Bu bireysel katmanlar ya nötrdür veya ara tabakadaki boşluktaki kationlarca dengelenen negatif yükleri taşırlar. Kation yükü her iki tabakadaki kationların bileşimince kontrol edilir [16].

Kil minerallerinin aşağıdaki kriterlere göre sınıflandırıldığı Işık (1995)' de bildirilmektedir [16].

1. Tabaka tipleri,
2. Ara malzemelerin türü,
3. Tabaka yükleri,
4. Oktahedral tabakadaki katyon içerikleri.

#### **2. 1. 4. Ana Kil Mineralleri Gruplarının Kökenleri**

2.1.4.1 – 2.1.4.7 arasındaki bölümler Işık (1995)'tan alınmıştır [16].

##### **2. 1. 4. 1. Kaolen grubu kil mineralleri**

Bu grubun ana kayaçları feldspat ve feldspatoitik (granit, diorit, nefelin, gnays) kayaçlardır. Genelde her kayaç eğer kayaçlar fiziksel ve kimyasal şartlar hazırlanmış ise kaolenit grubu kil mineralleri yapmak için ayrışabilir. Kaolen grubu mineraller hidrotermal çözeltilerden otojenik mineraller olarak da oluşabilir. Bu grubun oluşabilmesi için gerekli ana jeokimyasal ve fiziksel şartlar;

a. Hümit ve tropikal ortam: Yeterli suyun bulunduğu bir ortamdır. Bu su Na, K, Ca, Mg iyonlarını ortamdan uzaklaştırırken Al ve Fe iyonlarını ortamda bırakır.

b. Geçirgen kayaçların varlığı: Bu kayaçlar ortamı drene etmeye müsade ederler, bu da ayrışmayı hızlandırır. Aynı zamanda alkalilerin hareketliliğini de artırır.

c. Bir eğimin varlığı: Hareketli iyonların tahliyesine izin verir.

d. Ortamın pH'ı asidik olmalıdır. Çünkü kaolen grubu mineraller bazik şartlarda dengede değildirler.

##### **2. 1. 4. 2. İllit grubu kil mineralleri**

Bu grup pek çok farklı yolla oluşabilir.

a. Bir çözeltiden, bir çökelti olarak otojenik olarak oluşabilir.

b. Detritik bir mineral olarak mika veya feldspatların ayrışmasıyla oluşabilir.

c. Y deniz suyunda veya diyajenez esnasında simektitlerden oluşabilir.

İllit grubu için gerekli şartlar;

1.Ortamdaki alkalilerin bir kısmını uzaklaştıran fakat potasyum iyonlarını bırakan bir sıcaklık ve hümud iklim. Özellikle magnezyum iyonları bu grup için uygun iyonlar değildir. Aynı zamanda tropikal iklim de bu grup kil mineralleri için uygun iklim değildir.

2. Drenaj tam olarak iyi olmalıdır, fakat çok aşırı olmamalıdır.
3. Kiyonlarının stabilitesi için ortamın pH'ı 7'den büyük olmalıdır.
4. Eğim ortalama olmalıdır.

#### **2. 1. 4. 3. Montmorillonit (smektit) grubu kil mineralleri**

Montmorillonit çok çeşitli ortamlarda (deniz suyu, kıtalar v.s.) oluşabilir. Mg, Ca, Al, Si içeren kayaçların hepsi ana kayaç olabilir. Fakat mafik ve intermediatik magmatik kayaçlar en idealidir.

Smektitlerin oluşması için gerekli şartlar:

1. Kuru ve çöl iklim (arid): Bu iklimde alkalilerin yıkanması ile ortamdan uzaklaştırılması

2. Ana kayaç olarak volkanik killer ve kayaçlar (bazalt ve volkanik cam) sayılabilir.
3. pH 7'den büyük olmalıdır ve yüksek silis içermelidir.

#### **2. 1. 4. 4. Karışık tabakalılar**

Çok geniş ortamlarda oluşabilirler. Başlıca, detritik ve diyajenetiktirler. Bunların oluşumu için gerekli şartlar ise;

1. Ana kayaç mafik ve intermediate bileşiminde olmalıdır (andezit, bazalt, andezitik ve bazaltik tüfler).

2. iklim kuru ve arid olmalıdır.
3. pH tam olarak bazik olmalıdır.

#### **2. 1. 4. 5. Klorit grubu kil mineralleri**

Kloritler çok sınırlı şartlarda oluşurlar. Detritik mineral olarak;



1. Yıkanmanın yoğun olmadığı bölgelerde  $Mg^{+}$  ve  $Fe^{+}$  iyonları korunabilir.

2. Mafik minerallerle zengin bir ana kaya (biyotit, anfibol, piroksen ve olivin) gereklidir.

Otojenik mineral olarak; deniz suyunun derin kısımlarında smektit ve  $K^{+}$  iyonları reaksiyonu ile veya diyajenez esnasında vermikülit veya illitin dönüşümü ile oluşabilirler. Kloritin ileri alterasyonu vermiküli oluşturabilir.

#### **2. 1. 4.6. Sepiyolit ve atapuljit grubu kil mineralleri**

Bu killer diğer killerden farklıdır. Çünkü bunlar zincir yapılarına sahiptirler. Sınırlı bölgelerde otojenik olarak oluşurlar. Gereken şartlar ise;

1. Karasal veya hidrotermal ortam,
2. Çok büyük miktarlarda  $Mg^{+}$  iyonunun varlığı
3. pH 8' den büyük (çok alkali) olmalıdır.

#### **2. 1. 4.7. Glakonit grubu kil mineralleri**

Montmorillonit,  $Fe^{+}$  ve  $Mg^{+}$  iyonlarının oktahedral tabakada  $Al^{+}$  lerin yerini almasıyla ve sonuç olarak K iyonunun katılmasıyla glakonite dönüşebilir. Gereken şartlar ise;

1. Çok çalkantılı bir su
2. Tuzlu oksidasyon ortamı
3. Çoğu glakonitler denizlerde, bazıları karasal ortamda oluşur.

#### **2. 1. 5. Kil Minerallerinin Oluşum Ortamları**

Kil minerallerinin alüminyum silikatlarının değişimi sonucu ayrışma ve düşük ısı sıcak su işlemleri ile oluşmuşlardır. Bu bilgi, jeolojik ilişkilerden edinilmiştir ancak değişim işlemlerinin ayrıntıları belirsizdir. Kil mineralleri aynı zamanda yavaş gelişen tepkimeler ile, killeri meydana getiren elementlerin oksitleri veya bu elementlerin çözeltileri ile ancak yüksek ısıda elde edilebilecek koşullar altında oluşurlar. Normal ısıda asit çözeltilerinin kaolinit, bazik çözeltilerinin de montmorillonitin oluşumunu sağladığı bu nemli iklimlerin yamaçlarında, yaygın bitki tabakasının toprak çözeltilerini asitleştirdiği ve katyonların yıkanarak taşındığı ortamlardaki toprakların ana mineralidir; montmorillonit ise az nemli iklimlerdeki toprak çözeltilerinin hafif alkalın ve katyonların daha yavaş uzaklaştığı ortamların karakteristik mineralidir. Bu genellemeler doğru gibi gözükmektedirler, ancak bazı jeologlar bu fikre karşı çıkmaktadırlar çünkü killerin büyük bir kısmı kendilerinden evvelki tortulların ürünleridirler ve

genellikle kendi buldukları yerde oluşmamışlardır.  $K^+$ 'un, illitin oluşması için gerekli olduğu fikri, uzun zamandan beridir potasyum gübresi kullanılan topraklarda illitin oluşması ile destek bulmuştur. Ayrıca bu montmorillonitin kısmen illite dönüşebileceğininide KCl ve KOH içeren çözeltilerinin kaynatılmaları ile kanıtlanmıştır. İllit aynı zamanda çöllerdeki alkali toprakların ve  $K^+$  içeren sokulum kayaçları oluşan toprakların ana mineralidir [16].

Kil mineralleri genellikle 5 ortamda oluşurlar.

1. Ayrışma ortamı
2. Sedimantasyon ortamı
3. Gömülme ortamı
4. Diyajenez ortamı
5. Hidrotermal alterasyon ortamı

**Ayrışma ortamı:** Işık (1997)'ye göre yüzey veya yüzeye yakın kayaçlarda hava, su ve canlılar tarafından yapılan parçalanma, ufalanma, ayrılma, çözünme, çürüme gibi değişikliklerin tümüne ayrışma ya da bozunma denir. Ayrışma mekanik ve/veya kimyasal olabilir [19].

a. Mekanik ayrışma: Kayaçların kimyasal bileşimlerinin değişmeden ufak parçalara ayrılmasıdır.

Mekanik ayrışma genleşme – büzülme, donma – çözünme ve organizmaların işlevleri ile meydana gelmektedir.

b. Kimyasal ayrışma: Bir mineral düşük sıcaklık, düşük basınç su ve atmosferik gazları içeren yüzey şartları altında dengesi bozulduğu zaman, kimyasal ayrışma meydana gelir. Kimyasal ayrışma ilerlerken, mineralin bileşenleri yeryüzü şartlarında denge halinde olan mineral ve bileşikleri oluşturmak için tekrar birleşirler.

**Diyajenez ortamı:** Tortular ilk çökme yerlerinde su ile hemen hemen doygun (%80-90  $H_2O$ ) çamur veya kırıntı malzeme yığını halinde bulunurlar. Bu nedenle bu malzemenin elemanları ayrılırlar. Topluca bakıldığı zaman ise plastik bir özellik gösterirler. Bu tortularını bir takım fiziko-kimyasal olaylar sonunda, sağlam kayaç haline dönüşmeleri olayına diyajenez adı verilir. Diyajenez sonunda sertleşen kayaçların en önemli özelliklerinden biri sertlikleri, diğeri ise kırıntı veya otijen mineraller içermesidir [1].

**Hidrotermal alterasyon ortamı:** Sıcak sular ve jeotermal sistemlerdeki kayaçlar arasındaki birbirlerini etkileme ikincil minerallerin bir takımını üretir. Bu minerallerin kimliği

ve çokluğu, hüküm süren fiziksel ve kimyasal şartlara bağlıdır. Hidrotermal yataklarda oluşan minerallerin çoğu aktif jeotermal sistemlerdekiyle aynıdır. Meydana gelen hidrotermal alterasyonun tarzı ve yoğunluğu, rezervuar kayaçların kendilerini bulduğu yeni çevreyi yansıtır. Bu yüzden bir volkanik ve jeotermal çevrenin arasındaki büyük farklılıktan dolayı, volkanik kayaçlar çok kolay alterasyona uğrarlar. Fakat düşük dereceli metamorfik kayaçlar 200°C’de alkali klorit sularıyla hemen hemen nötr pH’de zayıfça reaksiyona girer [16].

Bazı kil minerallerinin bileşenleri Çizelge 2.1.’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Çeşitli kil minerallerinin kimyasal bileşimleri [39].

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Toplam
Kaolinit	46.90	37.40	0.66	0.27	0.29	0.84	0.44	0.18	12.95	99.92
Nakrit	44.75	39.48	0.53	0.19	0.13	0.34	0.22	-	14.40	100.94
Dikit	46.86	37.12	1.43	0.09	0.22	0.60	0.07	0.51	12.99	99.89
Halloysit	44.75	36.94	0.31	-	0.11	0.60	-	-	17.42	100.01
Anauxit	54.32	29.96	2.00	0.14	0.32	-	0.37	-	12.64	99.75
Nontronit	40.54	5.19	31.63	0.06	1.92	0.24	0.14	-	20.75	100.47
Klorit	31.44	17.62	-	37.64	-	-	-	-	13.19	99.89
Proklorit	23.69	21.26	26.52	17.60	3.22	-	-	-	7.63	99.92
Sepiyolit	52.50	0.60	2.99	21.31	0.47	-	-	-	21.27	99.14
Atapulgit	57.85	7.89	2.82	13.44	0.30	0.08	0.53	-	16.95	99.86

## 2. 2. Kınık Köyü’nde Üretim

### 2. 2. 1. Hammadde Hazırlama

Kınık Köyü’nde üretilecek çömlükler için kullanılacak olan kil, köy ve civarından temin edilmektedir. Ocaklardan çıkarılan kilin uygunluğu saptandıktan sonra üretime karar verilmektedir. Stoklanan kil rezervi homojen şekilde karıştırılarak kırma ve öğütme işlemleri yapılmaktadır. Nem miktarı kurutma ile optimum hale getirilir ve sınıflandırma yapılır.

Gereken durumlarda zenginleştirme işlemi de yapılmaktadır ve bu işlem için Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü ile iş birliğine gidilmiştir. Ayrıca, köyde kurulmuş olan Araştırma ve Geliştirme Tesisi'nde de öğrencilere çalışma imkanı sağlanmıştır. Bunların dışında, bazı üreticiler de hammaddelerini hazır olarak dışarıdan almaktadır.

### 2.2.2. Şekillendirme

Kınık Köyü'nde genellikle güveç, balık tavası ve süs eşyaları üretilmektedir. Güveç ve süs eşyalarının üretiminde elle şekillendirme, balık tavası üretimi için ise presle şekillendirme teknikleri kullanılmaktadır. Elle yapılan şekillendirme işleminde torna tezgahları yer almaktadır. Bu tezgahlar elektrik ile çalışmakta ve bir pedal yardımı ile dönmesi ve durması sağlanmaktadır. Ustalar bu tezgahlarda ortalama olarak günde 150 – 200 adet güveç ve 350 - 500 adet bardak üretebilmektedir. Bu sayılar siparişlerin durumuna ve usta sayısına göre artmakta veya azalmaktadır. Verilen bu rakamlar yalnızca bir ustanın günlük üretim miktarıdır.

Şekillendirme işlemi öncesi usta tarafından kullanılacak çamur, önce çift merdaneli bir çamur hazırlama makinesinden geçirilmekte ve cihaz ağzından silindir şeklinde alınarak kullanılmaktadır. Üretilecek ürünün boyutlarına göre usta el alışkanlığı ve göz kararı kadar çamuru almakta ve tornaya koymaktadır. Pedal yardımı ile torna döndürülerek şekillendirme işlemine başlanır. Bu işlem esnasında, usta gerek gördüğü miktarlarda su ilavesi yapar ve nihai ürün şekline gelene kadar bu işlem devam eder. Önce, çamura kaba olarak bir şekil verilir, su ile ıslatılarak düzeltilir. Nihai şekle yaklaşına kadar bu işlem sürer, çamur ürün şeklini aldıktan sonra kıvrımlar oluşturulur ve ürünün iç bölümleri düzeltilir. Yapılan bir göz kontrolünün ardından ürünün dış kısmı da ince, düzgün, kare veya dikdörtgen şeklinde bir alet yardımı ile düzeltilir. Nihai şeklini almış olan ürün tezgahtan alınmadan önce, alt yüzeyinin tezgah ile temas ettiği yüzeyden bir misine yardımıyla ayrılır ve torna bu işlemden sonra durdurularak ürün alınır.

Yapılan şekillendirme işlemi sırasında ürünlerin yüksekliği ve genişliği, usta tarafından tornaya dik olarak yerleştirilmiş sabit bir aparat ile sağlanmaktadır. Tornada elde şekillendirme tekniğinde, ustaların göstermiş oldukları hüner hemen göze çarpmaktadır (Şekil 2.1.).



**Şekil 2.1.** Çömlek ustası elle şekillendirme yaparken [38].

Elle şekillendirmenin yanında presle şekillendirme tekniği de kullanılmaktadır. Bu teknik ile tavalar yapılmaktadır. Bu üretim biçiminde de elde şekillendirme tekniğinde olduğu gibi, çamur önce çamur hazırlama makinesinden geçirilerek silindir şeklinde alınmaktadır. Alınan çamur miktarını usta belirler ve aldığı çamuru presin alt bölümüne koyarak üstteki hareketli bölmeyi aşağı indirir. Çamur alt bölmeye yerleştirilirken, bu bölüm her preslemeden önce gaz yağı ile temizlenmekte ve böylelikle ürünün kalıptan kolayca ve temiz olarak alınmasını sağlanmaktadır. Preslenen ürün dikkatli bir şekilde kalıptan çıkartılırken, etrafındaki fazlalık çamur temizlenmekte ve tekrar kullanılmak üzere bir bölmede biriktirilmektedir (biriken atıklar çamur hazırlama makinesinden tekrar geçirilmektedir). Çıkartılan ürün kontrol edildikten sonra kurumaya bırakılır, eğer uygun değil ise atık çamurlarla birlikte biriktirilmektedir.

### **2.2.3. Kurutma**

Elle ve presle şekillendirilen ürünler uzun tahtalara dizilmekte ve ardından raflara dizilerek kurumaya bırakılmaktadır. İşletmelerde bulunan fırınların ısısından da yararlanılmakta ve siparişin aciliyetine göre bazı ürünler de fırının hemen yanındaki raflara dizilmekte ve böylelikle daha kısa sürede kurumaları sağlanmaktadır.

Kurutma işleminde mevsim şartları önemli bir yer tutmaktadır. Kış aylarında kurutma işlemi işletme içinde yapılmakta ve bu yüzden kuruma süreleri de uzamaktadır. Belli oranlarda neme sahip olan ürünler, kış mevsiminin beraberinde getirdiği soğuk havanın da etkisi ile daha uzun zaman dilimlerinde kurumaktadır. Bu durumu az da olsa iyileştirmek amacıyla da yukarıda da bahsedildiği gibi fırın ısısından yararlanılmaktadır. Yaz aylarında ise kurutma işlemi çoğunlukla işletme dışında açık hava koşullarında yapılmaktadır. Bu aylarda hava

sıcaklığı daha yüksek olduğu için kurutma süresi kış aylarına kıyasla daha kısadır. Ancak, ani sıcaklık değişimleri (yaz yağmurları, rüzgar vb.) görülmekte ve ürünlerde çatlaklara sebep olabilmektedir. Bu durum çok sık olmasa da verimi kimi zaman etkilemektedir.

#### **2.2.4. Sırlama**

Kınık Köyü'nde üretilen ürünlerin bazılarında sır da uygulanmaktadır. Bu ürünler; gıda tüketiminde kullanılan tava, güveç ve süs eşyası gibi ürünlerdir. Köyde 2002 yılına kadar kurşunlu sır kullanılmakta ve bu sıranın zehirli olmasından dolayı birçok sorun yaşanmaktaydı. Kurşunlu sıranın yarattığı tehlike, insan sağlığını ciddi biçimde etkilemekte ve kanser gibi ölümcül hastalıklara kadar yol açabilmekteydi. Bu amaçla 2002 yılında Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü'nde Lisans Tezi olarak hazırlanan “ Çömleklerde Kurşunsuz Sır Uygulaması ” amaçlı çalışmada konu ile ilgili literatür çalışması yapılmış ve köy halkı konu hakkında bilinçlendirilmiştir. Aynı yıl yine Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü'nde yapılan araştırmalar netice vermiş ve kurşuna alternatif olarak bor kullanılarak daha sağlıklı, uygulanabilir sır üretilmiştir. Bugünlerde köyde çömlek üreticilerinin büyük bir bölümü bu sıra kullanmaktadır.

#### **2.2.5. Pişirme**

Kuruyan ürünler kontrol edildikten sonra pişirme işlemine tabi tutulabilecek ürünler seçilir ve fırınlara dizilirler. Fırınlardaki ürünler bir usta tarafından dikkatli bir şekilde birbirlerine değmeyecek biçimde yerleştirilir.

Sır uygulanan çömleklerde, uygulanan sır iç bölümde olduğu için, ürünün alt bölümünün fırın raflarına yapışma ihtimali yoktur ve böylelikle ürünlere pişme sonrası bir ek işlem yapılmasına da gerek kalmamaktadır. Sır uygulanan ürünlerde çift pişirim uygulanmaktadır. Bu yöntem özellikle güveç ve balık tavalarında kullanılmaktadır. Sırsız ve sırlı pişirim sıcaklıkları 750 °C ile 1000-1100 °C civarları arasında değişmektedir. İlk pişirim düşük, ikinci pişirim ise daha yüksek sıcaklıklarda yapılmaktadır. Daha önceleri kullanılan kurşunlu sır ile sırlanan ürünlerin pişme sıcaklığı 750 – 850 °C iken bugünlerde kullanılmaya başlanan bor içerikli sır ile sırlanmış ürünlerin pişme sıcaklığı 150 – 250 °C artmış fakat böylelikle daha sağlıklı ürünler üretilmiştir.

### 2.2.6. Kalite Kontrol ve Paketleme

Fırından çıkartılan ürünler bir kez daha kontrol edildikten sonra sınıflandırılır. Sırlı ürünlerde bozuk malzeme çıkması durumunda, bunlar atık olarak nitelendirilir ve paketlenmeden kullanılamayan atık olarak işletmeden uzaklaştırılır. Kalite kontrol işlemi bu konuda uzmanlaşmış şahıslar tarafından yapılmaktadır.

Kalite kontrol işlemi tamamlandıktan sonra, işletme içerisindeki paketleme makinesi yardımıyla ürünler istenen sayıda paketlenerek depolanır. Köyde kullanılan paketleme tekniği ile ürünler beyaz naylon ile kaplanmakta ve bir araya getirilerek bant ile tutturulmaktadır. Paket üzerlerine herhangi bir kod veya isim yazılmamaktadır. Köylüler, diğer proseslerde olduğu gibi bu proseste de kendi imkanları ile yapabileceklerinin en iyisini yapmakta ve Türkiye pazarına sunmaktadır.

Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından 2002 yılında lisans tez çalışması olarak yapılan bir ankette çıkan sonuca göre; köylü üreticilerin en büyük sorunlarından biri de pazarlama sorunu idi. Bu sorunu giderebilmek için yine kendi çabaları ile, pazarlamayı da kendi imkanları ile yapmaya çalıştılar.

### 3. DÜNYA'DA SERAMİK KİLİ

Dünya seramik killerinde uluslararası faaliyet gösteren organizasyonlar ABD ve İngiltere'de bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri ABD'deki Old Hickory Clay, H.C.Spinks Clay Co., Kentucky-Tennessee, Clay Comp., İngiltere'de; en önemlisi ECC ve WBB'dir. İkinci sıradaki şirketler ise Almanya'da Fuchs-Ton, Fransa'da Angiles et Mineroux SA gelmektedir [39].

#### 3.1. Dünyada Kil Üretimi

Dünya kil üretimi, genelde kil ve kaolen olarak beraber derlenmiştir. Ancak literatürde, tüvenan bilgilerde kil ve kaolen olarak beraber verilen bilgiler belirtilmiş, sadece kil olarak verilen bilgiler ayrı tutulmuştur. Dünyada en çok kil üreten devlet ABD'dir [39].

ABD'nin toplam üretimi 30 büyük şirket tarafından yapılmaktadır. Toplam kil üretiminin % 22'si sıhhi tesisatta, % 20'si seramikte, % 15'i çanak çömlekte olmak üzere, seramik sanayinde tüketilmektedir. ABD ayrıca her yıl, 30-40 bin ton kil ithal etmekte olup, 3-4 milyon ton civarında ihracat yapmaktadır. İthalatı; Meksika, İngiltere, Kanada, Singapur'dan yapılmaktadır [39].

Kil üretiminde izlenen prosesler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.



**Çizelge 3.1.** Killerin üretim teknolojisi akım şeması [39].



Çizelge 3.2.'de seramik kili üreten başlıca şirketler verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Seramik kili üreten başlıca şirketler [39].

ÜLKE ADI	KURULUŞ ADI	
ABD	Old Hickary Clay	
	Spinks	
	United	Short ton
	KT	Short ton
	Southein	Short ton
İNGİLTERE	ECC, WBB ve Diğerleri	
ALMANYA	Fuchs-Ton	Ham
		Yeraltı
	Martin und Pagensteche	Ham
		Tesis
	Mosx Bergbou	
	Steaphan Schmidt	Tesis+Ham
	Georg und Schnerder	
	Hubert Geharz Gmbh	
FRANSA	Argiles et Mineroux SA	
	Domrec	
ÇEKOSLOVAKYA	Zapadoceske Keramicke	
	Zavody	
TÜRKİYE	Toplam Şirketler	
İSRAİL	Negeu Ceramik	
	Material Ltd.	
AVUSTRALYA	Commero Mineral Ltd.	
HİNDİSTAN	Gimpex Pot Ltd	
	M/S Harrsh Clays	
SRİLANKA	Lanka Ceramic Ltd.	Ham
ÇİN	Clay Orient Ltd.	
	(Clays and Minerals Ltd.)	

### 3.1.2. Üretilen Killerin Bazı Özellikleri

Mineralojik özelliklerine göre sınıflandırılan killer, çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre, kaba seramik kili, ince seramik kili, refrakter kil, bağlayıcı kil, siferton gibi fiziksel özelliklerine göre de sınıflandırılır. Seramikte kullanılan killerin kuruma ve çekme özellikleri, plastiklik, kuru mukavemet, pişme rengi gibi özellikleri, kullanım amacına göre bazen kimyasal bileşimden önce gelen bir özellik olarak da kabul edilebilir. Üretilen killerin bazı özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Üretilen Killerin Çeşitli Özellikleri [39].

	ORTALAMA	KABA SERAMİK KİLİ	İNCE SERAMİK KİLİ	KARO KİLİ	BAĞLAYICI KİL
	%	%	%	%	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25-32	25-35	20-30	20-28	32-35
SiO <sub>2</sub>	50-55				
CaO	0.5-1				
MgO	0.5-1				
K <sub>2</sub> O	0.5-1				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-2.0	1-2	0-5	2-3	1.5
Pişme Rengi 1300 °C'da	Beyaz bej	Krem	Beyaz	Kırmızı	Beyaz-krem
Pişme Küçülmesi 1350 °C'da		5-6	3-4	5-6	% 12'den az
Kuruma Küçülmesi	5-9	6	5-8		
Kuru direnç	45-55	18-20	18-20	20-25	
Plastisite Suyu	20-35	30-40	20-30		35-45
Deformasyon görülmeceği minimum sıcaklık		1250	1500		En az 1500
Ateş Zaiyatı		10-13	8-10	10-12	

### 3. 2. Tüketim Alanları

Türkiye seramik sektörü için üretilen killerin en büyük tüketim alanı, fayans ve seramik tüketimleridir. Daha sonra, izalatör, sıhhi tesisat, porselen ve çömlek üretimlerinde tüketilmektedir. Döküm kili ve kumlu killer özel killer olup, fayans ve seramikte tüketilen killerden farklı fiziksel özellikleri nedeniyle ayrılmaktadır. Türkiye'de döküm kili ve kumlu kil üreten en önemli ve en eski bölge Söğüt bölgesi olup, tüketimdeki talebin artması nedeniyle son yıllarda kalite bozulmuştur [39].

### 3. 3. Uluslararası Ticaret

Seramik killeri dünya ticaretinde söz sahibi ülkeler; ABD ve İngiltere'dir. Bu ülkelerin büyük üretimlerinin yanında ithalatları da söz konusu olup, genelde tüvenan alımlar yaparak tesis killeri olarak ticaret yapmaktadır. Avrupa'da üçüncü sırada; Almanya daha sonra Fransa ve İtalya gelmektedir. Özellikle AB ülkeleri de kendi aralarında kil ticareti yapmakta olup, en büyük ticaret merkezi yine İngiltere yapmaktadır. Çekoslovakya, Türkiye, Portekiz, Güney Afrika ve Hindistan dünya ticaretinde söz sahibi diğer ülkelerdir [39].

### 3. 4. Çevre Sorunları

Diğer hammadde konularında değinildiği gibi, dünyada seramik kili ocaklarında büyük bir çevre sorunu yoktur. İşletme izni alınmadan önce alınacak tedbirler konusunda tüm bilgiler devlet tarafından verilmekte olup, açılan alanın rezervi bitirilmeden yeni alan tahsis edilmemektedir. Kil süzme tesislerinin ise, atık su ve toz problemleri halledilmiş durumdadır. Bunlar yapılmadan, tesislere çalışma izni verilmemektedir [39].

#### 4. MATERYAL VE METOD

Tez çalışmaları literatür taramasından sonra laboratuvar, çömlek işletmesi gezisi ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvar çalışması olarak; öğütme, eleme, phepercorne testi, masse hazırlama, kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Çömlek üreticilerine yapılan gezide, üretim hakkında bilgi alınmış ve ortam şartları yerinde görülmüştür. Büro çalışmalarında, yapılan ilk iki işlemin verileri bir araya getirilerek derlenmiş ve yazılmıştır.

##### 4.1. Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Kullanılan sedimenter sepiyolit ve Aşanlar kilinin kimyasal analizleri Çizelge 4.1.1. ve Çizelge 4.1.2.'de verilmiştir. Bu analizler Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarlarında yapılmıştır.

**Çizelge 4.1.1.** Deneylerde kullanılan Aşanlar kilinin kimyasal analiz sonuçları \*.

	<u>%</u>		<u>%</u>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	59,29	<b>TiO<sub>2</sub></b>	2,16
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	14,66	<b>ZnO</b>	0,00
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	9,12	<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0,00
<b>CaO</b>	2,85	<b>PbO</b>	0,00
<b>MgO</b>	2,01	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	1,25	<b>A.Z.</b>	6,44
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1,72		

\* : Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarında atomik adsorbsiyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

**Çizelge 4.1.2.** Deneylerde kullanılan sedimenter sepiyolit kimyasal analiz sonuçları \*.

	<u>%</u>		<u>%</u>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	21,58	<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,00
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,52	<b>ZnO</b>	0,00
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,26	<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0,00
<b>CaO</b>	17,71	<b>PbO</b>	0,00
<b>MgO</b>	22,8	<b>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,00
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,07	<b>A.Z.</b>	34,80
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,15		

\* : Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarında atomik adsorbsiyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

#### 4.2. Metod

Yapılan bu çalışmada, belirlenen kompozisyon için gerekli tane boyu belirlenmiş ve bu amaç için kullanılacak olan kil, Aşanlar A.Ş.'den temin edilerek 500µm tane boyunun altına incek şekilde laboratuarda halkalı değirmende gereken miktarda öğütülmüştür. Öğütme işlemi 30'ar saniyelik zaman dilimleri arasında yapılmıştır. Öğütülen kil etüvde kurutulmuş, 500µm elekten geçirilmiş ve ardından hava geçirmeyen plastik bir kaba konularak saklanmıştır.

İlave olarak kullanılan sepiyolit minerali de tez çalışmasına uygun olarak -125µm, +125µm – 250µm ve +250µm tane boyutlarına gelecek şekilde yine halkalı değirmende öğütülmüştür. Öğütülen sepiyolit, etüvde kurutulmuş ve sırasıyla -125µm, +125µm – 250µm ve +250µm olacak şekilde elenmiştir. Elek analizinin ardından, sepiyolitler hava geçirmeyen kaplarda saklanmıştır.

Hazırlanan hammadde ve ilaveler, yapılacak olan numuneler için karıştırılmıştır. Buna göre; toplam ağırlık 3 kg olmak üzere ağırlıkça % 20 oranında sepiyolit ilaveleri ile %80 Aşanlar kili karıştırılmıştır. Uygulanacak oranlara göre; 2400g kil ve 600g sepiyolit karıştırılarak toplam 3kg'lık karışımlar elde edilmiştir. Bu amaçla üç grup karışım elde edilmiştir. Her gruptan birer masse elde edilmesi amacıyla su ilavesi yapılmış ve su miktarının

belirlenmesi amacıyla üç grup için plastiklik testleri yapılmıştır. Bu testler için phepherorne plastiklik ölçüm tekniği kullanılmıştır.

**1. Grup:** Birinci grup için yapılan çalışmada; ağırlıkça % 20 oranında sepiyolitın Aşanlar kiline ilavesi ile elde edilecek masseden üretilecek çömlleklerin termal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu grupta kullanılan sepiyolitın tane boyu +250µm olarak belirlenmiş ve bu amaç için sepiyolit, halkalı değirmende öğütölüp ardından üst üste yerleştirilen 500µm, 250µm eleklerden geçirilmiş, 500µm altı ve 250µm üstü alınarak etüve konulup fazla nemi giderilmiştir. Kullanılacak olan Aşanlar kili de yine halkalı değirmende öğütölümüş, 500µm elekten geçirilmiş, elek altı alınmış, etüvde fazla nemi giderilmiş ve ardından ağırlıkça %20 sepiyolit, %80 kil olmak üzere karışım hazırlanmıştır (toplam ağırlık su hariç 3kg' dır - 2400g kil ve 600 g sepiyolit -). Yapılan phepherorne testi ile katılacak su ilavesi saptanmıştır. Bu grup için yapılan phepherorne testi sonucu, katılacak su oranı ağırlıkça ortalama %36 olarak bulunmuştur. Su oranının bulunmasının ardından karışıma yavaş yavaş su ilave edilerek çamur yoğrulmuş ve masse hazırlanarak hava almayacak şekilde kaplanarak dinlenmeye bırakılmıştır. Ve son olarak, böyle bir çamurdan yapılacak olan çömlleğin termal özelliklerinin iyileştirilmesi çalışılmıştır.

**2. Grup:** İkinci grup için yapılan çalışmada; ağırlıkça % 20 oranında sepiyolitın Aşanlar kiline ilavesi ile elde edilecek masseden üretilecek çömlleklerin termal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu grupta kullanılan sepiyolitın tane boyu +125 -250µm olarak belirlenmiş ve bu amaç için sepiyolit, halkalı değirmende öğütölüp ardından üst üste yerleştirilen 250µm, 125µm eleklerden geçirilmiş, 250µm altı ve 125µm üstü alınarak etüve konulup fazla nemi giderilmiştir. Kullanılacak olan Aşanlar kili de yine halkalı değirmende öğütölümüş, 500µm elekten geçirilmiş, elek altı alınmış etüvde fazla nemi giderilmiş ve ardından ağırlıkça %20 sepiyolit, %80 kil olmak üzere karışım hazırlanmıştır (toplam ağırlık su hariç 3kg' dır - 2400g kil ve 600 g sepiyolit -). Yapılan phepherorne testi ile katılacak su ilavesi saptanmıştır. Bu grup için yapılan phepherorne testi sonucu, katılacak su oranı ağırlıkça ortalama %34 olarak bulunmuştur. Su oranının bulunmasının ardından karışıma yavaş yavaş su ilave edilerek çamur yoğrulmuş ve masse hazırlanarak hava almayacak şekilde kaplanarak dinlenmeye bırakılmıştır. Son olarak, böyle bir çamurdan yapılacak olan çömlleğin termal özelliklerinin iyileştirilmesi çalışılmıştır.

**3. Grup:** Üçüncü grup için yapılan çalışmada; ağırlıkça % 20 oranında sepiyolit Aşanlar kiline ilavesi ile elde edilecek çömlüklerin termal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır . Bu grupta kullanılan sepiyolit tane boyu -125µm olarak belirlenmiş ve bu amaç için sepiyolit, halkalı değirmende öğütülüp ardından 125µm elekten geçirilmiş, 125µm altı alınarak etüve konulup fazla nemi giderilmiştir. Kullanılacak olan Aşanlar kili de yine halkalı değirmende öğütülmüş, 500µm elekten geçirilmiş, elek altı alınmış, etüvde fazla nemi giderilmiş ve ardından ağırlıkça %20 sepiyolit, %80 kil olmak üzere karışım hazırlanmıştır (toplam ağırlık su hariç 3kg' dır - 2400g kil ve 600 g sepiyolit -). Yapılan phepherorne testi ile katılacak su ilavesi saptanmıştır. Bu grup için yapılan phepherorne testi sonucu, katılacak su oranı ağırlıkça ortalama %33 olarak bulunmuştur. Su oranının bulunmasının ardından karışıma yavaş yavaş su ilave edilerek çamur yoğrulmuş ve masse hazırlanarak hava almayacak şekilde kaplanarak dinlenmeye bırakılmıştır. Ve, elde edilen çamurdan yapılacak olan çömlüğün termal özelliklerinin iyileştirilmesi çalışılmıştır.

#### **4.3. Masse Hazırlanması**

Yapılan çalışmalar sırasında, Aşanlar A.Ş.' den alınan kil ve ilave olarak da sepiyolit minerali kullanılmıştır. Bu minerallerden oluşturulan bir karışımdan çamur elde etmek amacı ile sırasıyla; öğütme, eleme, kurutma, belirlenen oranlarda karıştırma, phepherorne testi ve su ilavesi ile karıştırma işlemleri uygulanmıştır. Kullanılan minerallerden Aşanlar kilinin tane boyutu 500µm' nun altına indirilmiştir. Sepiyolit tane boyutu ise sırasıyla +250µm, +125 – 250µm ve -125µm olarak alınmıştır.

##### **4.3.1. Öğütme**

Öğütme işlemi Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Bölümü laboratuvarında, halkalı değirmende yapılmıştır. Her öğütme işlemi için yaklaşık olarak 300 – 400gr Aşanlar kili, öğütücünün haznesine konulmuştur. Hazne ağzı kapatıldıktan sonra kilit takılmış ve güvenli bir öğütme işlemi amacıyla öğütücü kapağı kapatılarak işlem yapılmıştır. Öğütme prosesi 30sn süreyle yapılmıştır. 500µm' luk elekten geçirilen kil poşetlere konulurken, elek üstü tekrar elenmek üzere öğütücüye ilave edilmiştir. Burada, homojen bir öğütme amaçlanmıştır. Aynı işlemler sepiyolit minerali için de tekrarlanmıştır. Fakat, sepiyolit öğütme süresi kilinkinde daha uzun tutularak 50 – 60sn' ye çıkartılmıştır. Bunun nedeni ise; sepiyolit daha dar elek aralıklarından geçirilecek olmasıdır.



### 4.3.2. Eleme

Eleme işlemi de yine Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendisliği Bölümü laboratuvarında yapılmıştır. Kullanılan elekler; kil için 500 $\mu$ m, sepiyolit için ise 125 $\mu$ m ve 250 $\mu$ m' luk eleklerdir. Eleme işlemi elle mekanik olarak yapılmış ve eleme sırasında elek gözeneklerinin tıkanmaması amacıyla özel bir çaba harcanarak, işlem yavaş ve kontrollü bir şekilde sürdürülmüştür. Eleklerin tıkanması halinde işlem durdurulmuş ve gözeneklerin tekrar açılması ile devam etmiştir. Elek kullanımı sonrası elekler, su ile yıkanarak etüvde kurutulmuş ve ardından basınçlı hava ile temizlenerek bir sonraki kullanım için hazır hale getirilmiştir.

### 4.3.3. Kurutma

Öğütülen ve elenen Aşanlar kili ile sepiyolit minerali, fazla nemlerinin giderilmesi amacıyla üniversite laboratuvarında bulunan etüvlere konularak kurutulmuştur. Kurutma işlemi minerallerin bir gün süreyle etüvde bekletilmesi şeklinde uygulanmıştır. Etüv sıcaklığı 100 °C' ye ayarlanmış ve sabitlenerek mineraller bir gün boyunca içinde kalmıştır. Çamurun yoğrulması sırasında katılacak su miktarının daha sağlıklı bir biçimde belirlenmesi açısından kurutma prosesi önemli bir adımdır. Bu amaçla yapılan kurutma işlemi sayesinde hammadde ve ilave mineralin, sahip oldukları fazla ya da başka bir deyişle yanıtıcı olabilecek nem miktarları giderilmiştir. Kurutma işlemi bu yönüyle genel proses içinde azımsanmayacak bir nitelikte önem arz etmektedir.

### 4.3.4. Karıştırma

Etüvde bir gün süreyle bekletilen mineraller karıştırılmak üzere tartılmışlardır. Yapılan bu çalışmada Aşanlar kiline %20 oranında sepiyolit ilavesi hedeflenmiştir. Toplam ağırlık 3kg olarak belirlenmiştir. Buna göre; 2400gr Aşanlar ve 600gr sepiyolit ilavesi kullanılması uygun olmuştur. Bu amaçla 3kg' lık bir karışım oluşturulmuştur. Geniş bir kap içerisine 2400gr kil konulmuş ve ardından 600gr sepiyolit ilave edilerek karıştırma işlemi yapılmıştır. Karıştırmanın homojen olması için, işlem uzun bir süre saat yönü ve tersinde devam etmiştir. Küçük bir kürek yardımıyla karışımın alt ve üst kısımları birbiri içerisinde karıştırılmıştır.

### 4.3.5. Phepherorne Testi

Karışıma eklenecek su miktarını belirlemek amacıyla phepherorne plastiklik testi yapılmıştır. Phepherorne testi için hassas terazide tartım yapılarak 400gr'lık karışım

hazırlanmıştır. Karışımda %20 sepiyolit ve %80 Aşanlar kili kullanılmıştır. Bu amaçla 320gr kil ve 80gr sepiyolit ilavesi tartılarak karışım hazır hale getirilmiştir. Karışıma yavaş yavaş yapılan su ilavesi ile ilk etapta karışımın belli bir plastiklik özelliği kazanması 115cl su ile sağlanmıştır. İşleme üç adımda devam edilmiş ve her adımda 10cl su ilavesi ile çalışılmıştır. Her adımda çamur homojen olarak yoğrularak phephercorne cihazının kalıbına sıkı bir şekilde doldurulmuştur. Sonra bir spatül yardımıyla üst yüzeyi düzelterek cihazın üstünden bir baskı yardımıyla alt bölümden silindir biçiminde çamur çıkartılmıştır. Çıkartılan çamur, yüksekliği sabit bir ağırlığın serbest bırakılmasıyla ezilmiş ve ezilme sonucu çamur silindirin aldığı son şekilde boyu ölçülmüştür. Bu bilgi raporda bir tablo şeklinde kaydedilmiştir. Daha sonra, ezilen silindirin iç bölümünden bir numune alınarak yaş ağırlığı tartılarak rapora geçilmiştir. Üç adımın ardından, ezilen silindirlerin her birinden alınan yaş numuneler etüve konularak bir gün süreyle bekletilmiştir. Bir gün sonra etüvden alınan numunelerin kuru ağırlıkları tartılmış ve yaş ağırlıktan kuru ağırlık çıkartılarak kuru ağırlığa bölünmüştür. Böylelikle, elde edilen küçülme miktarları kaydedilerek bilgisayara girilmiş ve hazır program sayesinde, hesaplanan değerler çizgisinde her bir grup için ayrı ayrı ilave edilecek su miktarları bulunmuştur. Yapılan bu test sonrası, daha önce yapılan kurutma işleminin ne kadar önemli olduğu daha iyi anlaşılmıştır.

#### **4.4. Numunelerin Hazırlanması**

Belirlenen sepiyolit ilave oranlarına uygun olarak hazırlanan çamur sırasıyla; şekillendirme, kurutma ve pişirme işlemlerine tabii tutulmuştur. İzlenen bu prosesle birer adet çömlek ve yine birer adet balık tavası hazırlanmıştır. Toplam üç güveç ve üç tava numunesi hazırlanmıştır.

##### **4.4.1. Numunelerin Şekillendirilmesi**

Güveç üretiminde elle şekillendirme, balık tavası üretimi için ise presle şekillendirme teknikleri kullanılmıştır. Elle yapılan şekillendirme işleminde torna tezgahları yer almaktadır. Bu tezgahlar elektrik ile çalışmakta ve bir pedal yardımı ile dönmesi ve durması sağlanmaktadır. Şekillendirme işlemi öncesi usta tarafından kullanılacak çamur, önce çift merdaneli bir çamur hazırlama makinesinden geçirilmiş ve cihaz ağızından silindir şeklinde alınarak kullanılmıştır. Üretilecek ürünün boyutlarına göre usta el alışkanlığı ve göz kararı kadar çamuru almış ve tornaya koymuştur. Pedal yardımı ile torna döndürülerek şekillendirme işlemine başlanmıştır. Bu işlem esnasında, usta gerek gördüğü miktarlarda su ilavesi yapar ve nihai ürün şekline gelene kadar bu işlem devam eder. Önce, çamura kaba olarak bir şekil

verilmiş, su ile ıslatılarak düzeltilmiştir. Nihai şekle yaklaşıncaya kadar bu işlem sürer, çamur ürün şeklini aldıktan sonra kıvrımlar oluşturulmuş ve ürünün iç bölümleri düzeltilmiştir. Yapılan bir göz kontrolünün ardından ürünün dış kısmı da ince, düzgün, kare veya dikdörtgen şeklinde bir alet yardımı ile düzeltilmiştir. Nihai şeklini almış olan ürün tezgahtan alınmadan önce, alt yüzeyinin tezgah ile temas ettiği yüzeyden bir misine yardımıyla ayrılmış ve torna bu işlemden sonra durdurularak ürün alınmıştır. Yapılan şekillendirme işlemi sırasında ürünlerin yüksekliği ve genişliği, usta tarafından tornaya dik olarak yerleştirilmiş sabit bir aparat ile sağlanmıştır.

Balık tavasının şekillendirilmesinde; elde şekillendirme tekniğinde olduğu gibi, çamur önce çamur hazırlama makinesinden geçirilerek silindir şeklinde alınmıştır. Alınan çamur miktarını usta belirlemiş ve aldığı çamuru presin alt bölümüne koyarak üstteki hareketli bölme aşağı indirmiştir. Çamur alt bölme yerleştirilirken, bu bölüm her preslemeden önce gaz yağı ile temizlenmekte ve böylelikle ürünün kalıptan kolayca ve temiz olarak alınmasını sağlamaktadır. Preslenen ürün dikkatli bir şekilde kalıptan çıkartılırken, etrafındaki fazlalık çamur temizlenmekte ve tekrar kullanılmak üzere bir bölmede biriktirilmiştir (biriken atıklar çamur hazırlama makinesinden tekrar geçirilmektedir). Çıkartılan ürün kontrol edildikten sonra kurumaya bırakılmıştır.

#### **4.4.2. Numunelerin Kurutulması**

Elle ve presle şekillendirilen ürünler uzun tahtalara dizilmiş ve ardından raflara dizilerek kurumaya bırakılmıştır. Kuruma süresi hava şartları sebebiyle 1.5 – 2 gün sürmüştür.

#### **4.4.3. Numunelerin Pişirilmesi**

Kuruyan ürünler kontrol edildikten sonra pişirme işlemine tabi tutulabilecek ürünler seçilmiş ve fırınlara dizilmiştir. Ürünler fırına bir usta tarafından dikkatli bir şekilde birbirlerine değmeyecek biçimde yerleştirilmiştir. Pişirme sıcaklığı 750 – 800 °C'dir.

#### **4.5. Su Emme Deneyi**

Su emme pişen ürünün açık gözeneklerine alabildiği su olarak tanımlanabilir. Su emmeyi etkileyen faktörler, ürünlerdeki malzemenin plastikiği ve pişme sıcaklığıdır. Pişme sıcaklığı arttıkça ürünün su emme oranı azalır. Ürünün su emme değeri söylenirken, hangi sıcaklıkta pişirildiğinin de belirtilmesi gerekir. Bu sıcaklık belirtilmezse tanımlama eksik yapılmış olur.

Formül olarak su emme değerinin hesaplanması şöyledir;

$$\% \text{ Su Emme} = [ (m_2 - m_1) / m_1 ] \times 100$$

$m_1$  : Kuru numune kütlesi, gr

$m_2$  : Su emmiş yaş numune kütlesi, gr.

#### 4.6. Porozite Tayini

Porozite tayininde, porozitesi ölçülecek malzeme etüvde kurutulur. Kuru tartımı alınır ve su içinde kaynatma işlemine tabii tutulur. İki saat su içinde kaynadıktan sonra numune, su içinde soğumaya bırakılır. Soğutma işleminden sonra bir kabın içindeki suya daldırılır ve tamamen su ile örtülmüş biçimde tartılır. Numuneler sudan çıkartılır ve beklemeksizin üzerindeki su damlacıkları nemli bir bezle silinir ve tartılır. Porozite miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$P = [ (m_3 - m_1) / (m_3 - m_2) ] \times 100$$

P : Porozite, %

$m_1$  : Deney numunesinin kuru ağırlığı, gr

$m_2$  : Su emmiş deney numunesinin su içindeki ağırlığı, gr

$m_3$  : Su emmiş deney numunesinin ağırlığı, gr.

#### 4.7. Renk Tayini

Hazırlanan çömlek numunelerinin şekillendirme, kurutma ve pişme sonrası renkleri birbiri ile kıyaslanmıştır. Renk tayininde tonların açılmaları veya koyulaşmaları gözlemlenmiştir.

#### 4.8. Termal Şok Direnci Tayini

Yapılan termal şok deneylerinde, standart boyutlara sahip numuneler dikkatli bir ısıtma sürecinden sonra ani olarak suda soğutulmuştur. Bu amaçla, hazırlanan numuneler 30 dakika boyunca ateş üzerinde bekletilmiştir. Bu esnada içlerinde bulunan suyun seviyesi geçen zamanla birlikte kaydedilmiştir. Ardından güveçler soğuk suya daldırılarak herhangi bir hatanın

oluşup oluşmadığına bakılmıştır. Bu yöntemin kullanılmasının nedeni, yiyecek pişirme amaçlı kullanılan güveçlerin pişme sırasında ve sonrasında zarar görüp görmeyeceğini belirlemektir.



## 5. BULGULAR

Hazırlanan çömlek numuneleri XRD, kimyasal analiz, phepercorne, porozite, su emme ve termal şok deneyleri yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

### 5.1. Birinci Grup Deney Sonuçları

Birinci grup için yapılan porozite, su emme ve renk tayini sonuçları Çizelge 5.1.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.1.1.** Aşanlar kiline %20 oranında +250 $\mu$ m tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.

Fiziksel Testler	Çömlek örneği
% Porozite	10.94
% Su Emme	5.57
Renk	Kiremit Kırmızısı

Aşanlar kiline %20 oranında +250 $\mu$ m tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile hazırlanan karışıma katılacak su miktarının belirlenmesi amacı ile phepercorne testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1.2.1., Çizelge 5.1.2.2. ve Çizelge 5.1.2.3.'te verilmiştir.

Bu deneylerdeki % ağırlık kayıpları aşağıdaki formül yardımıyla bulunmuştur.

$$\% \text{ Ağırlık Kaybı} = [ (\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Kuru Ağırlık} ] \times 100$$

**Çizelge 5.1.2.1.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği ( mm )	% Ağırlık Kaybı
A	29.10	33.69
B	26.80	34.70
C	29.90	34.27
D	29.80	0.3429
E	24.40	0.3474

**Çizelge 5.1.2.2.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	23.50	34.55
B	22.40	35.60
C	20.70	35.88
D	24.00	35.70
E	23.10	36.01

**Çizelge 5.1.2.3.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	21.20	36.26
B	21.10	36.40
C	20.80	38.40
D	18.60	40.12
E	21.10	43.10

Güveçlerin ateş üzerindeyken, içlerinde bulunan su seviyesindeki değişim Çizelge 5.1.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.1.3.** %20 oranında +250 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.

Süre (dakika)	Su Seviyesi (mm)
0	28
2	24
3.5	24
5	21
6.5	21
8	20
10	19
12	18
14	17
16	16
18	15
20	15
22	14
24	13
26	12
28	10
30	10



## 5.2. İkinci Grup Deney Sonuçları

İkinci grup için yapılan porozite, su emme ve renk tayini sonuçları Çizelge 5.2.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.1.** Aşanlar kiline %20 oranında +125µm -250µm tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.

Fiziksel Testler	Çömlek Örneği
% Porozite	11.64
% Su Emme	5.89
Renk	Kiremit Kırmızısı

Aşanlar kiline %20 oranında +125 -250µm tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile hazırlanan karışıma katılacak su miktarının belirlenmesi amacı ile phepherorne testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2.2.1., Çizelge 5.2.2.2. ve Çizelge 5.2.2.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.2.2.1.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	26.20	36.11
B	24.10	35.79
C	23.20	36.13
D	25.20	36.05
E	26.70	35.99

**Çizelge 5.2.2.2.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	20.10	37.99
B	19.40	36.78
C	21.30	37.60
D	19.20	37.16
E	21.40	40.39

**Çizelge 5.2.2.3.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	20.30	41.31
B	19.70	41.08
C	16.10	41.11
D	17.60	39.96
E	16.00	40.03

Güveçlerin ateş üzerindeyken, içlerinde bulunan su seviyesindeki değişim Çizelge 5.2.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.2.3.** %20 oranında +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.

Süre (dakika)	Su Seviyesi (mm)
0	28
2	23
3.5	22
5	20
6.5	20
8	19
10	18
12	16
14	14
16	13
18	12
20	10
22	10
24	9
26	8
28	5
30	4

### 5.3. Üçüncü Grup Deney Sonuçları

Üçüncü grup için yapılan porozite, su emme ve renk tayini sonuçları Çizelge 5.3.1.'de verilmiştir

**Çizelge 5.3.1.** Aşanlar kiline %20 oranında -125 $\mu$ m tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile elde edilen masseden hazırlanan çömlek numunesinin su emme ve porozite değerleri.

Fiziksel Testler	Çömlek Örneği
% Porozite	9.34
% Su Emme	4.66
Renk	Kiremit Kırmızısı

Aşanlar kiline %20 oranında -125 $\mu$ m tane boyutuna sahip sedimenter sepiyolit ilavesi ile hazırlanan karışıma katılacak su miktarının belirlenmesi amacı ile phepherorne testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3.2.1., Çizelge 5.3.2.2. ve Çizelge 5.3.2.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.3.2.1.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	24.10	35.98
B	25.40	35.77
C	25.20	36.06
D	26.50	35.74
E	25.80	35.35

**Çizelge 5.3.2.2.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl daha su eklenmesi sonrası elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	21.10	37.53
B	20.80	37.05
C	18.70	35.85
D	19.40	36.73
E	19.80	35.83

**Çizelge 5.3.2.3.** Kil ve sepiyolit karışımına 115cl su ilavesi ile başlanan testte, karışıma 10cl su eklenmesinden sonra tekrar 10cl daha su ilavesinin ardından elde edilen phepherorne testi sonuçları.

Numune Kodları	Numune Yüksekliği (mm)	% Ağırlık Kaybı
A	15.90	37.01
B	17.10	37.21
C	16.10	37.09
D	18.30	37.12
E	16.20	37.05

Güveçlerin ateş üzerindeki, içlerinde bulunan su seviyesindeki değişim Çizelge 5.3.3.'te verilmiştir.

**Çizelge 5.3.3.** %20 oranında -125 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilaveli çamur ile şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konularak ateşte bekletilmesi sonucu meydana gelen su seviyesinin değişimi.

Süre (dakika)	Su Seviyesi (mm)
0	30
2	24
3.5	24
5	22
6.5	20
8	19
10	19
12	17
14	15
16	14
18	13
20	11
22	10
24	9
26	8
28	6
30	5

#### 5.4 Kimyasal Analiz ve XRD Analizi

Aşanlar kili ve kullanılan sedimenter sepiyolit için yapılan kimyasal analizler sonucunda, Aşanlar kili içerisinde %59,29 SiO<sub>2</sub>, %14,66 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %9,12 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve % 2,16 TiO<sub>2</sub>, sedimenter sepiyolit içerisinde ise %21,58 SiO<sub>2</sub>, %0,52 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %0,26 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %17,71 CaO, %22,8 MgO, %0,07 Na<sub>2</sub>O ve %0,15 K<sub>2</sub>O saptanmıştır. Bu kimyasal analizler Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarlarında atomik adsorbsiyon yöntemi ile yapılmıştır.

Kullanılan sedimenter sepiyolit için yapılan XRD analiz sonuçları Ek 1’de verilmiştir. Buna göre, +250 $\mu$ m, +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m ve -125 $\mu$ m tane boyutlarındaki sepiyolit için yapılan analizlerde sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Kullanılan sepiyolit Dolomit içeriğinin fazla olduğu göze çarpmıştır. Böylece sepiyolit dolomitik olduğu ortaya çıkmıştır.

## 5.5 Daha Önce Yapılan Çalışmaların Sonuç ve Kritikleri

### 5.5.1 Sedimenter Sepiyolit ilavesi İle Terra Cotta Ürünlerin Termal Şok Dayanımının Arttırılması

Terra Cotta ürünlerin termal şok dayanımının arttırılması ile ilgili yapılan bu çalışmada, değişik oranlarda (%5, 10, 20, 30) sedimenter (kirli) sepiyolit ilavesi kullanılmıştır.

Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendiliği Bölümü laboratuvarlarında “Terra Cotta Ürünlerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması” hakkında yapılan dönem ödevi sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu araştırmalar “Terra Cotta Üretimi Mühendislik Çözümlenmeleri” dersi kapsamı altında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.5.1.1’de % 5 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Görülebileceği üzere, yapılan %5’lik sedimenter sepiyolit ilavesi ile çömlüklerin termal şok dayanımlarının arttığı ve böylelikle herhangi bir çatlamanın olmadığı saptanmıştır.

**Çizelge 5.5.1.1** %5 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [46].

Deney No	Kaynamaya Başlama Süresi(dakika)	İlk Kaynama Anında Çatlak Oluşumu	Ateşte Bekleme Süresince Çatlak Oluşumu (10dak.)	Soğuk suda çatlak Oluşumu
1	47	Yok	Yok	Yok
2	30	Yok	Yok	Yok
3	27	Yok	Yok	Yok
4	25	Yok	Yok	Yok
5	25	Yok	Yok	Yok

Çizelge 5.5.1.2’de % 10 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan %5’lik sedimenter sepiyolit ilavesi ile çömlleklerin termal şok dayanımlarının arttığı saptanmıştır. Bununla birlikte kaynama süresinin azaldığı gözlemlenmiştir.

**Çizelge 5.5.1.2** %10 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [23].

Deney No	Kaynamaya Başlama Süresi(dakika)	İlk Kaynama Anında Çatlak Oluşumu	Ateşte Bekleme Süresince Çatlak Oluşumu (10dk.)	Soğuk suda çatlak Oluşumu
1	30	Yok	Yok	Yok
2	28	Yok	Yok	Yok
3	27	Yok	Yok	Yok
4	25	Yok	Yok	Yok
5	24	Yok	Yok	Yok

Çizelge 5.5.1.3’de % 20 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Uygulanan %5’lik sedimenter sepiyolit ilavesi ile çömlleklerin termal şok dayanımlarının arttığı saptanmıştır. Ancak yapılan deneylerin ikisinde çatlak oluşumuna rastlanmıştır. Kaynama süresinin de düştüğü gözlenmiştir.

**Çizelge 5.5.1.3** %20 sedimenter sepiyolit katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [22].

Deney No	Kaynama Süresi (dk.)	Başlangıç Su Miktarı (cm)	Kaynama Sonu Su Miktarı (cm)	Kalan Su Miktarı (cm)	Son Gözlem
1	7.44	1.7	1.5	0.8	Çatlak
2	10.40	1.7	1.4	0.9	Çatlak
3	9.45	1.7	1.6	0.8	Hata Yok
4	8.25	1.7	1.5	0.8	Hata Yok
5	7.12	1.7	1.5	0.8	Hata Yok



Çizelge 5.5.1.4’de % 30 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan %5’lik sedimenter sepiyolit ilavesi ile çömlleklerin termal şok dayanımlarının arttığı ve böylelikle herhangi bir çatlamann olmadığı saptanmıştır. Kaynama süresinin yine düştüğü gözlenmiştir.

**Çizelge 5.5.1.4** %30 sedimenter sepiyolit katkıli güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [3].

Deney No	Kaynama Süresi (dk)	Su İçindeki Gözlem	Kalan Su Miktarı (%)	Son Gözlem
1	17	Hata Yok	10	Hata Yok
2	16	Hata Yok	15	Hata Yok
3	15	Hata Yok	25	Hata Yok
4	15	Hata Yok	25	Hata Yok
5	14	Hata Yok	20	Hata Yok

Genel bir değerlendirme yapıldığında, Kırıkk çömlleklerine ilave edilen sedimenter sepiyolit bu ürünlerin termal şok dayanımlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Bununla beraber, sepiyolit ilavesinin artmasıyla birlikte güveç örnekleri içerisindeki suyun kaynama süresi kısalmıştır. Buradan yola çıkılarak sepiyolit ilavesinin suyun kaynama süresini düşürdüğü söylenebilir. Bu da sepiyolitın ısı iletkenlik katsayısı ile ilgilidir.

### 5.5.2 Nodüler Sepiyolit ilavesi İle Terra Cotta Ürünlerin Termal Şok Dayanımının Arttırılması

Terra Cotta ürünlerin termal şok dayanımının arttırılması ile ilgili yapılan bu çalışmada, değişik oranlarda (%5, 10, 15, 20, 25, 35) nodüler (temiz) sepiyolit ilavesi kullanılmıştır.

Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Seramik Mühendiliği Bölümü laboratuvarlarında “Terra Cotta Ürünlerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması” hakkında yapılan araştırmanın sonuçları aşağıda verilmiştir.

#### 5.5.2.1. Kırıkk Çömlleklerine % 5 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.2.1.1’de % 5 nodüler sepiyolit katkıli güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir.

**Çizelge 5.5.2.1.1** %5 nodüler sepiyolit katkılı güveçler için yapılan ateşe dayanıklılık testi sonuçları[15].

Deney No	Kaynadıktan Sonra 10dk.	Soğurken 10dk.
1	Hata Yok	Hata Yok
2	Hata Yok	Hata Yok
3	Hata Yok	Hata Yok
4	Çatlama oldu (4.dk.)	Hata Yok
5	Hata Yok	Hata Yok

#### 5.5.2.2. Kırıkc Çömlerine % 10 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması

%10 nodüler sepiyolit ilavesi ile hazırlanan güveç örneklerine uygulanan testler sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir [8].

1. Bazı çömlerin taban kısmında büyük gözeneklerin meydana geldiği görülmüştür.
2. Yapılan nodüler sepiyolit ilavesi sonucu, pişme renginin açıldığı gözlemlenmiştir.
3. Güveç örneklerinde pişme küçülmesinin arttığı saptanmıştır.
4. Termal şok dayanım testi sonucunda, çömler ısı şoklara dayanım göstermiş ve çömlerde gözle görülebilecek bir çatlama olmamıştır.

#### 5.5.2.3. Kırıkc Çömlerine % 15 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması

%15 nodüler sepiyolit ilavesi ile hazırlanan güveç örneklerine uygulanan testler sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir [27].

1. Yapılan nodüler sepiyolit ilavesi sonucu, pişme renginin açıldığı gözlemlenmiştir.
2. Bazı çömlerin taban kısmında büyük gözeneklerin meydana geldiği görülmüştür.
3. Termal şok dayanım testi sonucunda, çömler ısı şoklara dayanım göstermiş ve çömlerde gözle görülebilecek bir çatlama olmamıştır.
4. Termal şok testi sırasında bünyenin su emme değerinin fazla olması sebebiyle çömlere su ilavesi yapılması gerekmiştir.

#### 5.5.2.4. Kırıkc Çömlerine % 20 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması

%20 nodüler sepiyolit ilavesi ile hazırlanan güveç örneklerine uygulanan testler

sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir [5].

1. Sepiyolitle zenginleştirilmiş Kınık çömlerinin ısı şok direncinin arttığı görülmüştür.
2. Normal şartlarda zenginleştirilmemiş Kınık çömlerinde, ısı şok direncinin düşük olmasından dolayı bu tür deneylerde kısa sürede çatlama ve kılcal çatlakların oluşumu gözlemlenmiştir.
3. Çatlak ve kılcal çatlak oluşumu ortadan kalkmıştır.

#### **5.5.2.5. Kınık Çömlerine % 35 Nodüler Sepiyolit İlavesi Uygulaması**

%35 nodüler sepiyolit ilavesi ile hazırlanan güveç örneklerine uygulanan testler sonrasında elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir [26].

1. Termal şok testi sonucunda çömler ısısal şoklara dayanım göstermiş, ilk beş testte herhangi bir çatlama göstermemiştir. Fakat altıncı denemede 15. dakika sonunda yüksek ateşte boş pişen çömlerde çatlama görülmüştür.
2. Termal şok testi sırasında bünyenin su emme değerinin fazla olması nedeniyle çömlere su ilavesi yapılması gerekmiştir.
3. Yapılan nodüler sepiyolit ilavesi sonucu, pişme renginin açıldığı gözlemlenmiştir.
4. Bazı çömlerin taban kısmında büyük gözeneklerin meydana geldiği görülmüştür.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, Kınık çömlerine ilave edilen sedimenter sepiyolit bu ürünlerin termal şok dayanımlarını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile birlikte, çoğu çömler üreticisi tarafından aranan bir gelişme sağlanmış olduğu düşünülmüştür. Böylelikle bu çalışma, katkılı Kınık çömlerinin sırlı olarak da denenmesine bir ön çalışma teşkil etmiştir.

#### **5.5.3 Pomza İlavesi İle Terra Cotta Ürünlerin Termal Şok Dayanımının Arttırılması**

##### **5.5.3.1. Kınık Çömlerine % 5 Pomza İlavesi Uygulaması**

Çizelge 5.5.3.1.1'de % 5 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucu güveç örneklerinde çatlak oluşumu ve çatlak büyümesi gözlenmiştir. %5'lik pomza ilavesinin çömlerin termal şok dayanımını düşürdüğü saptanmıştır.

**Çizelge 5.5.3.1.1** %5 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [9].

Deney No	Kaynama Süresi (dk)	10dk Bekleme Süresi	İlk Kullanılan Su Miktarı (cm)	Kaynama Anındaki Su Miktarı (cm)	10dk Beklemeden Sonra (cm)
1	8.5	Çatlak Büyümesi	2.3	1.8	0.9
2	6.15	Çatlak Büyümesi	1.9	1.7	1.1
3	10.15	Çatlak Oluşumu	2.2	1.8	1.1
4	12.05	Çatlak Büyümesi	2.6	2.3	1.4
5	11.45	Çatlak Oluşumu	2.5	2.2	1.6

#### 5.5.3.2. Kırık Çömlerine % 10 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.2’de % 10 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda pomza ilavesi sonucu çömlük örneklerinde herhangi bir hata gözlenmemiştir. Daha önce yukarıda belirtilen %5’lik pomza ilavesi ile hazırlanan çömlüklerde oluşan çatlaklar muhtemelen hammadde hazırlama, şekillendirme, kurutma veya pişirme prosesleri sırasında meydana gelen bir hatadan kaynaklanabilir. Çünkü yalnızca %5’lik bir artış ile hataların ortadan kaldırılması dikkat çekmektedir.

**Çizelge 5.5.3.1.2** %10 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [13].

	Kaynadıktan Sonra 10dk.	Soğurken 15dk.
1	Çatlama Yok	Çatlama Yok
2	Çatlama Yok	Çatlama Yok
3	Çatlama Yok	Çatlama Yok
4	Çatlama Yok	Çatlama Yok
5	Çatlama Yok	Çatlama Yok

### 5.5.3.3. Kırıkc Çömlleklerine % 15 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.3'de % 15 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan çalışma sonrasında çömlleklerde herhangi bir hataya rastlanmamıştır.

**Çizelge 5.5.3.1.3** %15 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [50]

Deney No	Kaynama Süresi	10dk. Bekleme	İlk Konulan Su Miktarı (cm)	Kaynama Anında Su Miktarı (cm)	10dk. Beklemeden Sonra (cm)
1	08.40	Çatlama Yok	2.1	1.6	0.8
2	06.05	Çatlama Yok	1.6	1.4	0.8
3	09.45	Çatlama Yok	1.9	1.5	0.9
4	11.50	Çatlama Yok	2.2	1.9	1.2
5	11.35	Çatlama Yok	2.1	1.8	1.3

### 5.5.3.4. Kırıkc Çömlleklerine % 20 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.4'de % 20 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Uygulanan %20'lik pomza ilavesi sonucu çömllek örneklerinde çatlağa rastlanmamıştır. Bu da çömlleklerin termal şok dayanımlarını arttırdığını göstermektedir.

**Çizelge 5.5.3.1.4** %20 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [29].

Deney No	Kaynama Süresi (dk)	Bekleme Süresi (dk)	Sonuç
1	17.15	10	Çatlak Yok
2	18.25	10	Çatlak Yok
3	19.13	10	Çatlak Yok
4	20.25	10	Çatlak Yok
5	21.15	10	Çatlak Yok

### 5.5.3.5. Kırık Çömlüklerine % 25 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.5’de % 25 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan termal şok dayanım testi sonucunda çömlüklerde çatlağa rastlanmamıştır. Yapılan %25’lik pomza ilavesi çömlük örneklerinin termal şok dirençlerini arttırmıştır.

**Çizelge 5.5.3.1.5** %25 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [34].

Deney No	Ocağa Konulduğu Saat	Kaynamaya Başladığı Saat	Bekleme Süresi (dk)	Sonuç
1	14:30	14:56	10	Çatlak Yok
2	15:22	15:45	10	Çatlak Yok
3	16:11	16:30	10	Çatlak Yok
4	17:57	18:10	10	Çatlak Yok
5	18:36	18:46	10	Çatlak Yok

### 5.5.3.6. Kırık Çömlüklerine % 30 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.6’de % 30 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Yapılan ilave sonucu çömlüklerde termal şok dayanımı artmıştır.

**Çizelge 5.5.3.1.6** %30 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [32].

Deney No	Kaynamaya Başlama Süresi (dk)	İlk Kaynama Anında Çatlak Oluşumu	Ateşte Bekleme Süresince Çatlak Oluşumu (10dk)	Soğuk Suda Çatlak Oluşumu
1	26	Yok	Yok	Yok
2	24	Yok	Yok	Yok
3	23	Yok	Yok	Yok
4	18	Yok	Yok	Yok
5	18	Yok	Yok	Yok

#### 5.5.3.7. Kırıkcı Çömlerine % 35 Pomza İlavesi Uygulaması

Çizelge 5.5.3.1.7'de % 35 pomza katkılı güveçler üzerinde yapılan termal şok direnç tayini sonucu elde edilen sonuçlar verilmiştir. Hazırlanan numunelerde herhangi bir çatlama meydana gelmemiştir.

**Çizelge 5.5.3.1.7** %35 pomza katkılı güveçler için yapılan termal şok dayanım testi sonuçları [21].

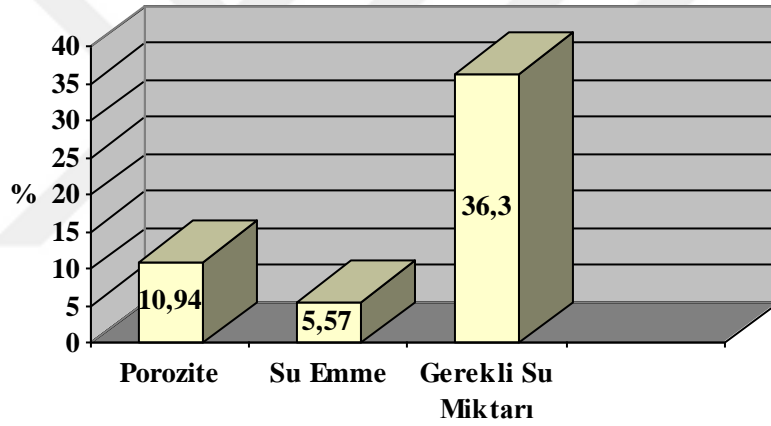
Deney No	İlk Buharlaşma Süresi (dk)	İlk Su Miktarı (cm)	Son Su Miktarı (cm)	Bekleme Süresi (dk)	Kurutma Süresi (dk)	Çatlak Oluşumu
1	17.25	2.4	1.5	10	15	Yok
2	15.00	2.4	1.7	10	15	Yok
3	14.40	2.4	1.8	10	15	Yok
4	12.30	2.4	1.3	20	15	Yok
5	11.35	2.4	1.5	20	15	Yok
6	9.45	2.4	1.6	20	15	Yok

## 6. SONUÇLAR

### 6.1. Birinci Gruptaki Sonuçlar

Birinci gruptaki çalışmada, Kınık Köyü işletmecileri tarafından kullanılan Aşanlar kiline %20 oranında, 250µm elek üstü sepiyolit ilave edilmiş ve bu ilave sonucu meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Birinci grup için yapılan deneylerin sonuçları grafik şeklinde aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

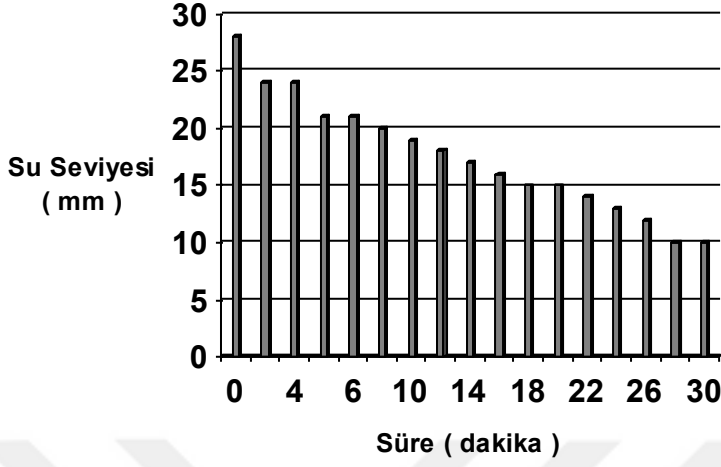
Şekil 6.1.1.'de, Aşanlar kiline %20 oranında +250µm tane boyutlu sedimenter sepiyolit ilavesi sonucu elde edilen porozite, su emme ve çamur hazırlamada gerekli olan su miktarı % olarak belirtilmiştir.



**Şekil 6.1.1.** Aşanlar kiline %20 oranında, +250µm tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve pherpercorne testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.

Şekil 6.1.2.'de, Aşanlar kiline %20 oranında, +250µm tane boyutlu sepiyolit ilavesi ile elde edilen çamurla şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konulduktan sonra ateş üzerinde bekletilmesi sonucu su seviyesindeki azalma miktarı görülmektedir. Birinci grup için yapılan bu testte, su seviyesi 30 dakika sonra 10mm'ye kadar düşmüştür.





**Şekil 6.1.2.** %20 +250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeyken içindeki su seviyesinin zamana bağlı değişimini gösteren grafik.

Şekil 6.1.3.'te, üretilen güveç için yapılan termal şok direnci testi sonrası güvecin bir fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta görüldüğü üzere, %20 oranında +250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kili ile hazırlanmış olan bu güveçte, herhangi bir çatlama veya kırılma görülmemiştir. Isınma sonucu yalnızca su ortamdan buharlaşarak uzaklaşmış ve çömleğe herhangi bir zarar gelmemiştir. Bu da sepiyolit ilavesinin çömlüklerin termal şok dayanımını iyileştirici özellikte olduğunu göstermektedir.

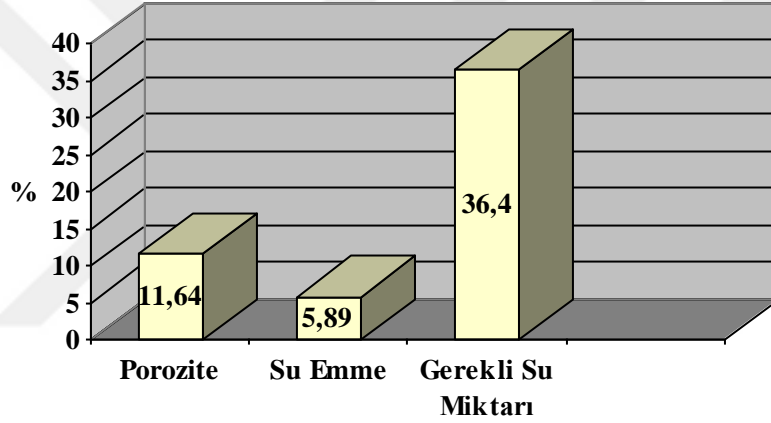


**Şekil 6.1.3.** Termal şok testi sonrası.

## 6.2. İkinci Gruptaki Sonuçlar

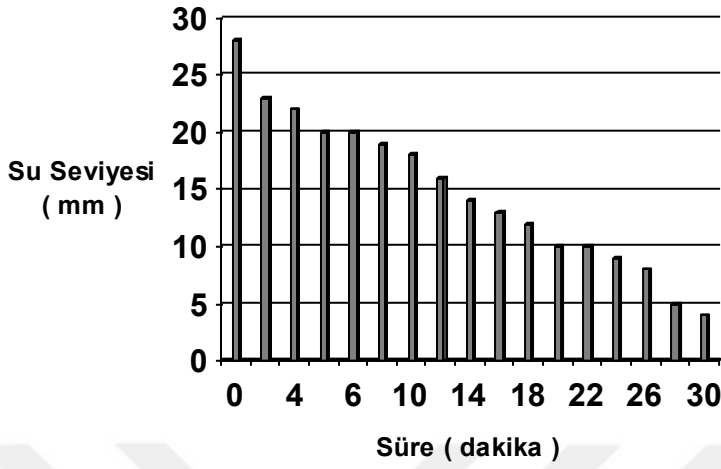
İkinci gruptaki çalışmada, Kınık Köyü işletmecileri tarafından kullanılan Aşanlar kiline %20 oranında, +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m tane boyutunda sepiyolit ilave edilmiş ve bu ilave sonucu meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. İkinci grup için yapılan deneylerin sonuçları grafik şeklinde aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Şekil 6.2.1.'de, Aşanlar kiline %20 oranında +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m elek altı tane boyutlu sedimenter sepiyolit ilavesi sonucu elde edilen porozite, su emme ve çamur hazırlamada gerekli olan su miktarı % olarak belirtilmiştir.



**Şekil 6.2.1.** Aşanlar kiline %20 oranında, +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m elek altı tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve phephercorne testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.

Şekil 6.2.2.'de, Aşanlar kiline %20 oranında, +125 $\mu$ m -250 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilavesi ile elde edilen çamurla şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konulduktan sonra ateş üzerinde bekletilmesi sonucu su seviyesindeki azalma miktarı görülmektedir. İkinci grup için yapılan bu testte, su seviyesi 30 dakika sonra 4mm'ye kadar düşmüştür.



**Şekil 6.2.2.** %20 +125µm -250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeyken içindeki su seviyesinin zamana bağlı değişimini gösteren grafik.

Şekil 6.2.3.'te, üretilen güveç için yapılan termal şok direnci testi sonrası güvecin bir fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta görüldüğü üzere, %20 oranında +125µm -250µm tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kili ile hazırlanmış olan bu güveçte, herhangi bir çatlama veya kırılma görülmemiştir. Isınma sonucu yalnızca su ortamdan buharlaşarak uzaklaşmış ve çömleğe herhangi bir zarar gelmemiştir. Bu da sepiyolit ilavesinin çömlüklerin termal şok dayanımını iyileştirici özellikte olduğunu göstermektedir.

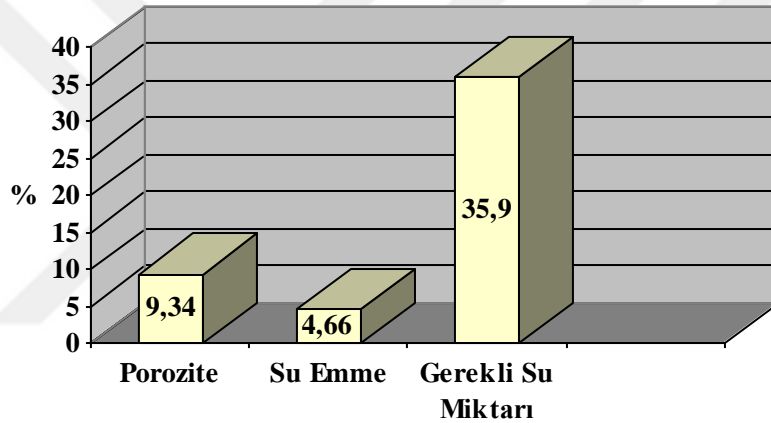


**Şekil 6.2.3.** Termal şok testi sonrası.

### 6.3. Üçüncü Gruptaki Sonuçlar

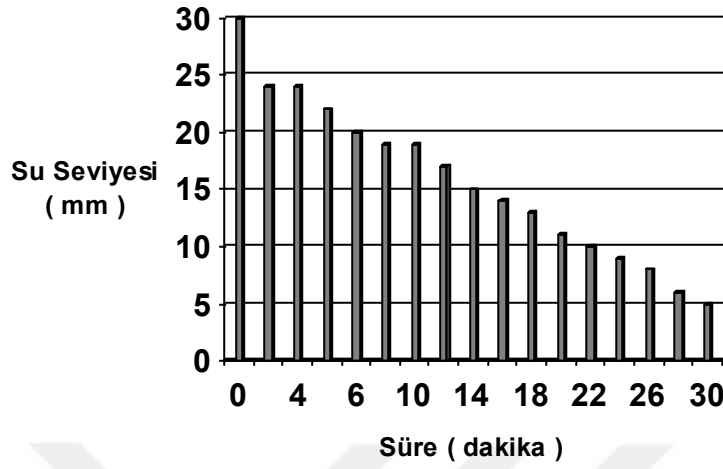
Üçüncü gruptaki çalışmada, Kınık Köyü işletmecileri tarafından kullanılan Aşanlar kiline %20 oranında, -125 $\mu$ m sepiyolit ilave edilmiş ve bu ilave sonucu meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Üçüncü grup için yapılan deneylerin sonuçları grafik şeklinde aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Şekil 6.3.1.'de, Aşanlar kiline %20 oranında -125 $\mu$ m tane boyutlu sedimenter sepiyolit ilavesi sonucu elde edilen porozite, su emme ve çamur hazırlamada gerekli olan su miktarı % olarak belirtilmiştir.



**Şekil 6.3.1.** Aşanlar kiline %20 oranında, -125 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilavesi sonrası yapılan porozite, su emme ve phephercome testi sonuçlarının diyagramatik gösterilimi.

Şekil 6.3.2.'de, Aşanlar kiline %20 oranında, -125 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilavesi ile elde edilen çamurla şekillendirilip pişirilen güvecin, içine su konulduktan sonra ateş üzerinde bekletilmesi sonucu su seviyesindeki azalma miktarı görülmektedir. Üçüncü grup için yapılan bu testte, su seviyesi 30 dakika sonra 5mm'ye kadar düşmüştür.



**Şekil 6.3.2.** %20 -125 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kilinden üretilen güveç örneğinin, ocak üzerindeki su seviyesinin zamana bağlı değişiminin gösterildiği grafik.

Şekil 6.3.3.'te, üretilen güveç için yapılan termal şok direnci testi sonrası güvecin bir fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta görüldüğü üzere, %20 oranında 125 $\mu$ m elek altı tane boyutlu sepiyolit ilaveli Aşanlar kili ile hazırlanmış olan bu güveçte, herhangi bir çatlama veya kırılma görülmemiştir. Isınma sonucu yalnızca su ortamdan buharlaşarak uzaklaşmış ve çömleğe herhangi bir zarar gelmemiştir. Bu da sepiyolit ilavesinin çömlerinin termal şok dayanımını iyileştirici özellikte olduğunu göstermektedir.

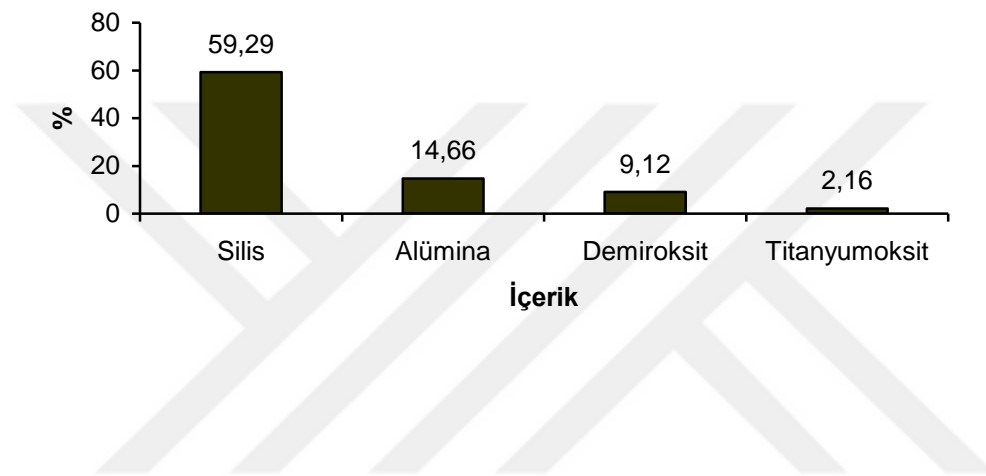


**Şekil 6.3.3.** Termal şok testi sonrası.

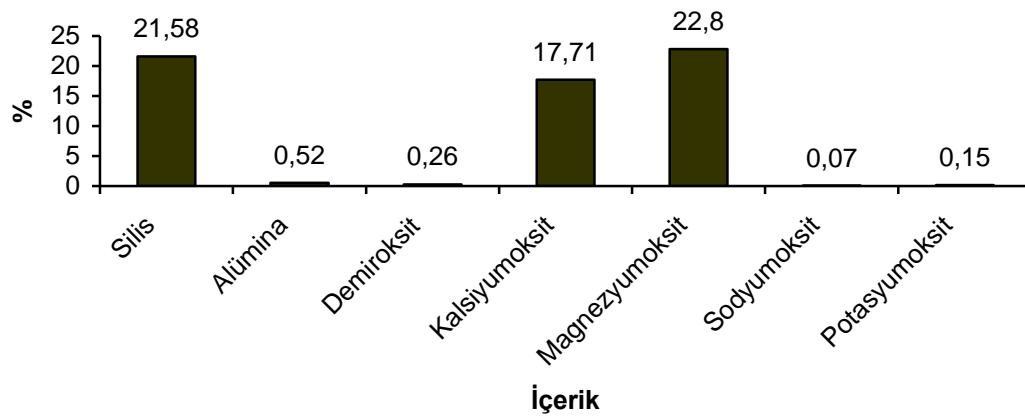
#### 6.4 Kimyasal Analiz Sonuçları

Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarlarında atomik adsorbsiyon metodu ile yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.4.1 ve Çizelge 6.4.2’de grafik halinde gösterilmiştir. Bu analizler Aşanlar kili ve sedimenter sepiyolit için ayrı ayrı yapılmıştır.

**Çizelge 6.4.1** Aşanlar kilinin kimyasal analiz sonuçları.



**Çizelge 6.4.2** Sedimenter sepiyolitinin kimyasal analiz sonuçları.



Bu kimyasal analizler Kütahya Porselen Ar-Ge laboratuvarlarında atomik adsorbsiyon yöntemi ile yapılmıştır. Görüldüğü üzere Aşanlar kili ve sedimenter sepiyolit silisçe zengindir. Sedimenter sepiyolit içerisinde çok az miktarda  $Al_2O_3$  bulunmakta, bunun yerine daha çok

kalsiyum ve magnezyum oksitleri yer almaktadır. Demir miktarı da çok azdır. Aşanlar kilinde ise demir miktarı azımsanmayacak miktarda fazladır. .

### 6.5. Genel Değerlendirme

**Sonuçlar İncelendiğinde;** Sepiyolitın yüzey alanı, absorpsiyon ve su emme özelliklerinden faydalanılarak, çömlek ve diğer seramik bünyelerde de alternatif ve/veya ilave maddesi olarak kullanılabileceği görülmüştür. Yapılan deneylere göre, değişik tane boyutlarında Aşanlar kiline ilave edilen sepiyolitın, hazırlanan güveçlerde termal şok dirençlerini iyileştirdiği saptanmıştır. Güveçlerde çıplak gözle herhangi bir kırılma veya çatlama rastlanmaması bu sonuca varılmasına neden olmuştur.

1. grupta, Aşanlar kiline %20 oranında +250µm tane boyutunda sepiyolit ilavesi çalışılmış ve gerek şekillendirme gerekse de kurutma işlemleri sonrası bünyede negatif etkiler görülmemiştir. 750-800°C’ de pişirilen güveçler pişme sonrası kontrol edilmiş ve herhangi bir pişme hatası not edilmemiştir. Bu prosesler sonrası yapılan termal şok direnci testi sonucunda da çatlama veya kırıklara rastlanmamıştır. Fakat, pişme sonrası çömlek üzerinde beyaz noktalar görülmüştür. Bu noktalar sepiyolit mineralinin tane boyutunun büyük olmasından kaynaklanmıştır. Yapılan diğer deneylerde 250µm elek altı tane boyutlu sepiyolit kullanıldığı için, bu noktalar 250µm’lik sepiyolit ilaveli çömlekteki kadar göze çarpmamıştır.

2. grupta, Aşanlar kiline %20 oranında +125µm, -250µm tane boyutunda sepiyolit ilavesi çalışılmış ve gerek şekillendirme gerekse de kurutma işlemleri sonrası bünyede negatif etkiler görülmemiştir. 750-800°C’ de pişirilen güveçler pişme sonrası kontrol edilmiş ve tabanında ufak bir çatlak tespit edilmiştir ancak, onun dışında herhangi bir pişme hatası not edilmemiştir. Bu prosesler sonrası yapılan termal şok direnci testi sonucunda da çatlama veya kırıklara rastlanmamıştır. Bunlara ek olarak, pişme sonrası çömleğin iç yüzeyinde yer yer koyu lekeler rastlanmıştır.

3. grupta, Aşanlar kiline %20 oranında -125µm tane boyutunda sepiyolit ilavesi çalışılmış ve gerek şekillendirme gerekse de kurutma işlemleri sonrası bünyede negatif etkiler görülmemiştir. 750-800°C’ de pişirilen güveçler pişme sonrası kontrol edilmiş ve herhangi bir pişme hatası not edilmemiştir. Bu prosesler sonrası yapılan termal şok direnci testi sonucunda da çatlama veya kırıklara rastlanmamıştır.

Yapılan testler ve gözlemler sonucu; -125µm tane boyutlu sepiyolit katkılı Aşanlar kilinden yapılan güveç, diğerlerine göre daha iyi özellikler sağlamıştır diyebiliriz. Doğal olarak,

yapılan çalışmanın endüstriyel boyutta kullanılabilirliği açısından, sepiyolitın 125 $\mu$ m elek altına geçirilmesi sorun yaratabilir.

+125 $\mu$ m -250 $\mu$ m tane boyutlu sepiyolitın kullanımı da çömlerlerin termal özelliklerini iyileştirmekte fakat, lekelenmelere veya küçük çatlaklara sebep olabilmektedir. Burada yalnızca sepiyolitın tane boyutu değil aynı zamanda kullanılan kilin de tane boyutu önemlidir. Yapılan deney ve testlerde kullanılan kilin tane boyu 500 $\mu$ m'nun altındadır ve bu da 125 $\mu$ m'lik sepiyolitın endüstriyel olarak kullanımında karşılaştığı problem ile karşılaşabilir. Testler laboratuvar koşullarında uygulanmış, yalnızca şekillendirme, kurutma ve pişirme prosesleri Kınık Köyü işletmecileri tarafından bizzat yapılmıştır. Tüm bunlar göz önünde tutularak değerlendirme yapılmalıdır.

Elde edilen porozite ve su emme değerlerine bakıldığında, ilave edilen sedimentler sepiyolitın tane boyu azaldıkça porozite ve su emme miktarlarının da arttığı saptanmıştır. Ancak, -125 $\mu$ m tane boyutuna sahip sepiyolit ilavesiyle üretilen çömlek örneğinde porozite ve su emme değerleri farklılık göstermiştir. Bu çömleğin porozite ve su emme miktarları diğerlerine nazaran daha düşüktür. Bu durum, sepiyolitın -125 $\mu$ m tane boyutuna elenmesi sırasında elek altında diğer ilavelere göre daha dar tane boyut aralığına sahip olmasıyla açıklanabilir. Böylelikle, taneler arasında daha az boşluk oluştuğu ve bu sayede daha az su emdiği söylenebilir.

## **6.6 Çömlerlerin Termal Şok Dayanımını İyileştirme Amacıyla Yapılan Önceki Çalışmaların Sonuçları**

Çizelge 6.6.1'de Önceki çalışmaların karşılaştırılması verilmiştir. Görüldüğü üzere; nodüler sepiyolit ilavesi uygulanan güveç örnekleri içinde %5 ve %35 oranında yapılan ilaveler sonucu çömlerlerde çatlak oluşumu ve büyümesi saptanmıştır. Sedimentler sepiyolit ilavesi uygulanan çömlek örneklerinde ise, %20'lik ilave sonucu güveçte çatlak meydana gelmiştir. Ancak bu çatlak daha fazla büyümemiştir. Bu durum da malzemenin ısı iletkenliği ile ilgilidir. Aynı durum %5 pomza ilavesi kullanımı sonucu da kendini göstermiştir.



**Çizelge 6.6.1** Daha önce yapılan çalışmaların karşılaştırılması.

<b>İLAVELER</b>	<b>İlave Miktarları (%)</b>	<b>İlk Kaynama Anında Çatlak Oluşumu</b>	<b>Ateşte Bekleme Süresince Çatlak Oluşumu ve/veya Büyümesi</b>	<b>Soğuk Suda Çatlak Oluşumu ve/veya Büyümesi</b>
<b>Sedimenter Sepiyolit</b>	5-10-20-30	%20 İlavede Çatlak Oluşumu Var	Az (%20 katkılı çömlekte)	Az (%20 katkılı çömlekte)
<b>Nodüler Sepiyolit</b>	5-10-15-20-35	%5 İlavede Çatlak Oluşumu Var	%35 İlavede Çatlak Büyümesi Var	%35 İlavede Çatlak Büyümesi Var
<b>Pomza</b>	5-10-15-20-25-30-35	%5 İlavede Çatlak Oluşumu Var	Az (%5 katkılı çömlekte)	Az (%5 katkılı çömlekte)

Yapılan araştırmalarda, termal şok dirençleri gözlenmiş ve yalnızca bu konu hakkında yorumlar yapılmıştır. Çatlak oluşumu dışında herhangi bir ek bilgi verilmemiştir. Çömleklerde çatlak oluşumu dışında aynı zamanda su emme, porozite, renk tayini ve lekelenme gibi fiziksel özelliklerin de gözlemlenmesi gerekmektedir. Uygulanan deneylerde, örneğin pomza ilavesinde, çatlak oluşumu yanında çömlek renginde de diğer ilavelere göre daha koyu bir nihai ürün rengi ortaya çıkmıştır. Bu amaçla, yapılan çalışma içerisinde yalnızca termal şok direnci değil aynı zamanda çömleklerin fiziksel özelliklerinin de göz önünde bulundurulduğu bir başka çalışma da yapılabilir.

## 7. ÖNERİLER

1. Sepiyolitli kilden üretilen çömlleklerin ekonomik analizi yapılmalıdır.
2. Sepiyolitin sahip olduğu gözenekli yapısı nedeniyle yalnızca çömllek değil aynı zamanda diğer bir seramik ürünü olan seramik filtrelerde de kullanımı araştırılmalıdır.
3. Termal özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla yalnızca sepiyolit ilavesi ile kalınmamalı, diğer alternatif minerallerle de çalışılmalıdır.
4. Değişik oranda sepiyolit içerikli çömlleklerin pişme davranışları incelenmelidir.
5. Yapılan bu çalışmanın laboratuvar koşullarında yapıldığı unutulmamalı ve endüstriyel olarak da çalışmalar hızlandırılmalı.
6. Sır uygulanan çömlleklerin de termal şok dayanımları üzerinde bir araştırma yapılmalıdır.
7. Daha önce yapılan çalışmalarda yalnızca termal şok direnci incelenmiştir. Bu amaçla termal şok direncinin yanında çömlleklerin diğer fiziksel özellikleri de göz önüne alınarak ek bir çalışma yapılmalıdır.

### KAYNAKLAR DİZİNİ

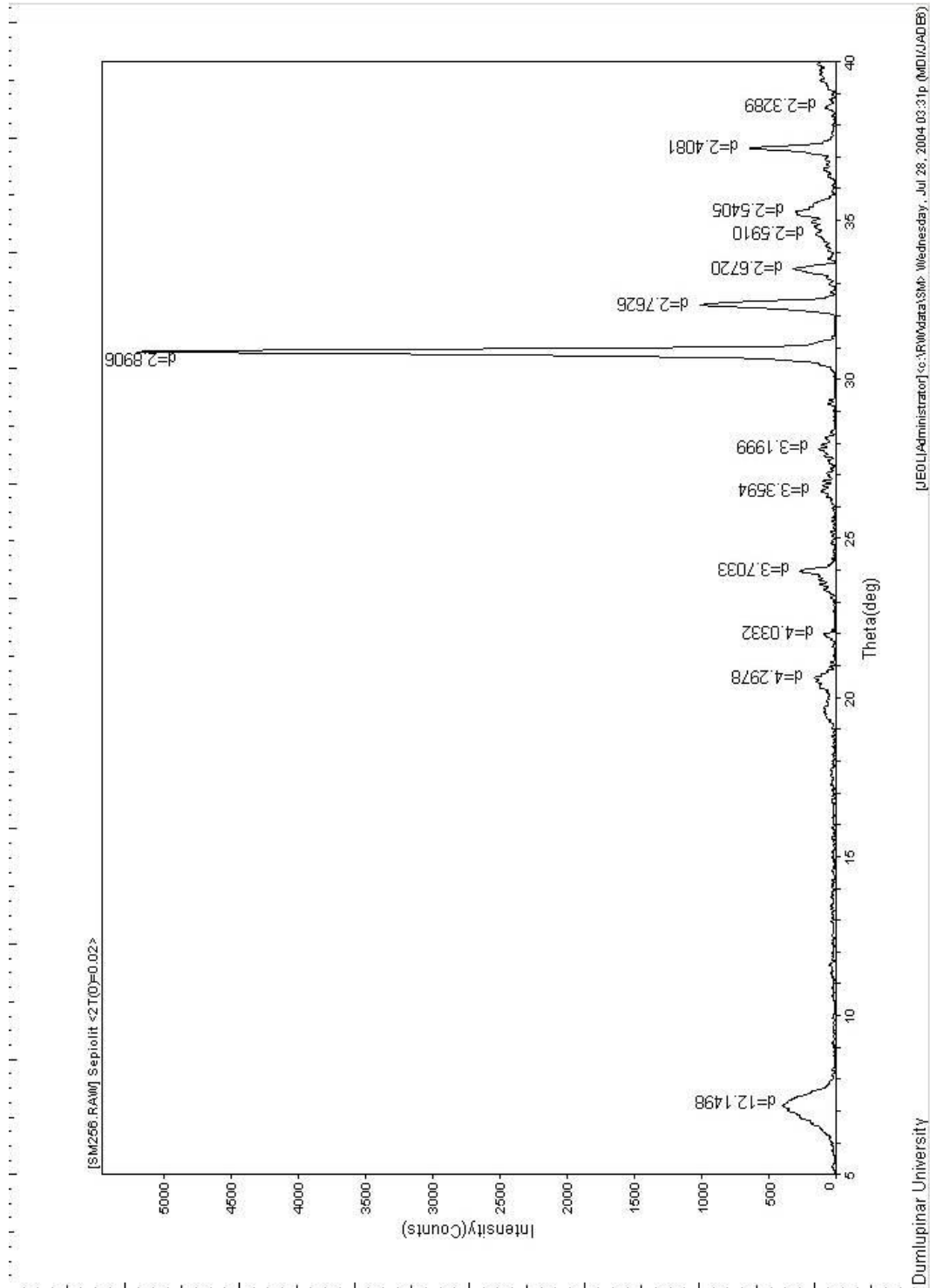
- [1] Abdüsselamoğlu, M.Ş., 1982, Tortul kayaç petrografisi, 19 s., İTÜ, İstanbul.
- [2] Alvarez, A., 1984, Sepiolite Properties and Uses, In: A. Singer and E. Galan, eds. PAlygorskite – Sepiolite Occurences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier, Amsterdam, p.p: 253 – 287.
- [3] Aras, M., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Dönem Ödevi, 36 s., Kütahya.
- [4] Arık, H., Kadir, S., Sarıtaş, S., 1995, Sepiyolitın endüstriyel uygulamalarının araştırılması (Ara Rapor), MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1 – 9 s.
- [5] Ataş, M.M., & Civelek M., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Raporu, 6 s., Kütahya.
- [6] Baykara, T. Ve Göktaş, A., 1987, Sepiyolit: Seramik malzeme olarak sinterlenme davranımı ve fiziksel özellikleri, III. Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara, 167 s.
- [7] Baykul, M.C., Işık, İ., Sağdıç, F., Akan, T., 1997, ÇKTM ile sepiyolitın ısıl iletkenlik katsayısının belirlenmesi ve bakır – sepiyolit yüzeyinin termal görüntüsü: VIII. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 187 – 194, Kütahya.
- [8] Cengiz, D., & Çakan, Ö., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Raporu, 10 s., Kütahya.
- [9] Çakıroğlu, İ., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 37 s., Kütahya.
- [10] Çınar, M., 1998, Anyonik reaktiflerin sepiyolit tarafından adsorplanma mekanizması: İTÜ Fen. Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 128 s., (yayınlanmamış), İstanbul.
- [11] Çoban, F. Ve Ece, I., 1990, Eskişehir bölgesindeki tabakalı ve yumrulu sepiyolit yataklarının oluşumu, Eskişehir III. Uluslar arası Lületaş “Beyaz Altın” Kongresi, 6 s., Eskişehir.
- [12] Erdinç, M.E., 2004, Kınık (Pazaryeri- Bilecik) Çömlekçiliğinin Sorunları, Kilinin Karakterizasyonu, Çömleklerine B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> İçerikli Transparant ve Renkli Sır Uygulaması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Yüksek Lisans Tezi, 3 s. (yayınlanmamış), Kütahya.
- [13] Gün, E.Y., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 22 s., Kütahya.

- [14] ITIT, 1993, Utilization of sepiolitic and Mg-bearing clays in Turkey, MTA / Turkey-GRIN Japan joint research Project final report, ITIT Project No: 90-1-5, MTA Kütüphane No: 400 (U890), 150 – 314 s.
- [15] Işık, D., & İşlek, A., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Raporu, 12 s., Kütahya.
- [16] Işık, İ., 1995, Kil Teknolojisi: DPÜ Yüksek Lisans ders notları, 15 s., (yayınlanmamış), Kütahya.
- [17] Işık, İ., 1995, Lületaşı (Meerschaum) atıklarının pipo filtresi olarak kullanılabilirliği ve aktif karbon filtre ile karşılaştırılması, Endüstriyel Hammaddeler sempozyumu, İzmir, 247 – 255 s.
- [18] Işık, İ., 1996, Kil ve Kil Minerali Tanımı: AIPEA ve CMS terminaloji komitelerinin ortak raporu ( çeviri ), “Seramik Dünyası” dergisi, s. Temmuz – Ağustos 1996, syf. 15.
- [19] Işık, İ., 1997, Genel Jeoloji:, DPÜ lisans ders notları, 60 s. (yayınlanmamış), Kütahya.
- [20] Jones, B.F., and Galan, E., 1988, Hydrous Phyllosilicates (exclusive of micas) In: S.W. Bailey ( Editor ), Sepiolite and Palygorskite. Reviews in Mineralogy,19. Mineralogical Society of America, p.p.: 631 – 667.
- [21] Kabar, M., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 27 s., Kütahya.
- [22] Kırçalı, H., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Dönem Ödevi, 29 s., Kütahya.
- [23] Mercan, E., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Dönem Ödevi, 23 s., Kütahya.
- [24] Meydan Larousse Ansiklopedisi, 1990, Çömlekçiliğin Tarihçesi, 3. Cilt, Sayfa 302-305.
- [25] Murray, H.H., 1996, Common Clay: Industrial Minerals and Rocks, 6. Edition (Senior editor carr, D.D.), p.p.: 247 – 248, SMME, USA.
- [26] Orhun, C., & Şahin B., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Raporu, Kütahya.
- [27] Özcan, M., & Tunçbalta, D., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Raporu, Kütahya.

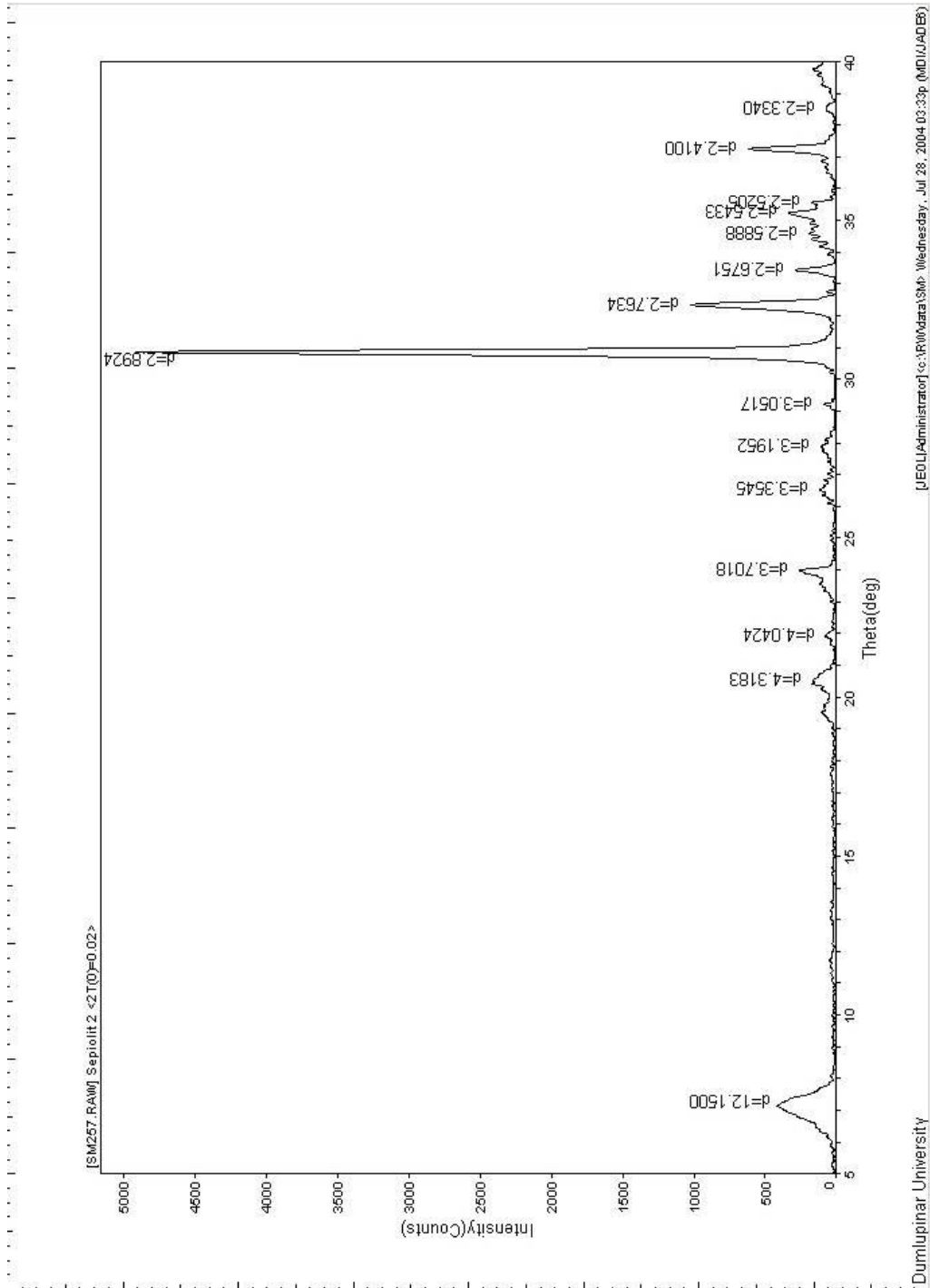
- [28] Sabah, E., 1998, Katyonik reaktiflerin sepiyolit tarafından adsorplanma mekanizması, İTÜ Fen Bil. Ens. Doktora Tezi, İstanbul.
- [29] Sarıhan, A.R., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 43 s., Kütahya.
- [30] Sarıiz, K., and Işık, İ., 1995, Meerschaumfrom Eskişehir province, Turkey: GEMS & GEMOLOGY, Spring 1995, p. 42 – 51.
- [31] Sarıiz, K., ve Nuhoglu, İ., 1992, Endüstriyel hammadde yatakları ve madenciliği: Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: 63, Eskişehir, 452 s., 105 s.
- [32] Sınır A.R., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 28 s., Kütahya.
- [33] Tomura, S., 1990, Applications of sepiolite Now and In Future, Government Industrial Research Institute, Nagoya, 25 – 150 s.
- [34] Uysal, S., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 26 s., Kütahya.
- [35] Uz, V., 1999, Sivrihisar Yenidoğan (Eskişehir) sepiyolitleri kullanılarak ince karo imalat olanaklarının araştırılması: DPÜ Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, s. 1 – 11, 24.
- [36] [www.biltek.tubitak.gov.tr](http://www.biltek.tubitak.gov.tr)
- [37] [www.burakdemir333.sitemynet.com](http://www.burakdemir333.sitemynet.com)
- [38] [www.designophy.wiliw.com](http://www.designophy.wiliw.com)
- [39] [www.dpt.gov.tr](http://www.dpt.gov.tr)
- [40] [www.geocities.com](http://www.geocities.com)
- [41] [www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr)
- [42] [www.katpaguta.org](http://www.katpaguta.org)
- [43] [www.lycos.co.uk](http://www.lycos.co.uk)
- [44] [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr)
- [45] [www.ozgurpolitika.org](http://www.ozgurpolitika.org)

- [46] Yarız, D., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 2 Dersi Dönem Ödevi, 24 s., Kütahya.
- [47] Yaşar, S., Çömlek Ustası, Kişisel Görüşme, Nisan 2002.
- [48] Yenişol, M., 1992, Yenidoğan (Sivrihisar) sepiyolit yatağının jeolojisi, mineralojisi ve oluşumu, MTA Dergisi 114, s. 71 – 84.
- [49] Yıldız, M.H., 1997, Sivrihisar (Eskişehir) sepiyolitlerinin seramik bünyelerde kullanım olanaklarının araştırılması: DPÜ Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), 59s., Kütahya.
- [50] Yırtıcı, Ö., 2004, Bilecik Pazaryeri Kınık Çömleklerinin Termal Şok Dayanımının Arttırılması, DPÜ Seramik Müh. Böl., Mühendislik Çözümleri 1 Dersi Dönem Ödevi, 23 s., Kütahya.

**Ek.1.** 250 $\mu$ m elek üstü tane boyutlu sedimenter sepiyolitın XRD sonuç grafiği.



**Ek.2.** 125 $\mu$ m elek üstü - 250 $\mu$ m elek altı tane boyutlu sedimenter sepiyolitın XRD sonuç grafiği.





**Ek.3.** 125 $\mu$ m elek altı tane boyutlu sedimenter sepiyolitın XRD sonuç grafiği.

