

TALK VE WOLLASTONİT İLAVELERİNİN DUVAR  
KAROSU BÜNYESİNE ETKİLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI

Serhan Haner

Yüksek Lisans Tezi

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs-2009

TALK VE WOLLASTONİT İLAVELERİNİN DUVAR KAROSU BÜNYESİNE  
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Serhan HANER

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali CEYLAN

Mayıs – 2009

## KABUL ve ONAY SAYFASI

Serhan HANER'in Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığı "Talk ve Wollastonit İlavelerinin Duvar Karosu Bünyesine Etkilerinin Araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

27 / 05 / 2009

Üye :

Üye :

Üye :

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Atalay KÜÇÜKBURSA  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TALK VE WOLLASTONİT İLAVELERİNİN DUVAR KAROSU BÜNYESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Serhan HANER

Seramik Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2009

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ali CEYLAN

### **ÖZET**

Bu çalışmada, duvar karosu bünyesinin, belirli oranlarda (ağırlıkça %5-10-15) talk ve wollastonit ilavesi ile fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle Altın Seramik Anonim Şirketi Karo Fabrikası'ndan duvar karosu granül massesi temin edilmiştir. Çalışmalarda kullanılacak talk ve wollastonit öğütüldükten sonra reçetelere uygun toz karışımlar hazırlanmıştır. Şekillendirmeye hazır granüller 200×200 mm ölçülerindeki çelik kalıplar içinde, 165 bar basınç altında, tek eksenli hidrolik pres ile şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numuneler ilk olarak oda sıcaklığında 3 saat, daha sonra etüvde 85°C sıcaklıkta 21 saat kurutulduktan sonra işletme şartlarına uygun olarak 1130°C'de 34 dakika süre ile sinterlenmiştir. Sinterlenmiş numunelerin su emme ve pişme mukavemetlerinin TS EN 14411'e uygun olduğu görülmüştür. Duvar karosu granülü, talk ve wollastonitin x-ışını floresans analizleri, tane boyut analizleri ve nem tayinleri, reçetelere göre hazırlanmış tozların termogravimetrik ve diferansiyel termal analizleri, sinterlenmiş numunelerin pişme küçülmesi, he piknometresi ile yoğunluk, kristallografik faz yapısının belirlenmesi için x-ışını difraksiyonu ve mikroyapının belirlenmesi için taramalı elektron mikroskobu analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Duvar Karosu, Talk, Wollastonit

## **RESEARCH FOR THE EFFECTS OF TALC AND WOLLASTONITE ADDITIONS ON WALL-TILE MASSE**

Serhan HANER

Ceramic Engineering, M. S. Thesis, 2009

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Ali CEYLAN

### **SUMMARY**

Aim on this scientific work is to develop physical properties of wall tile by adding determined proportion of wollastonite and talc (5-10-15% as weight). For this purpose, wall tile granule mass was obtained from Altın Seramik A.Ş. Tile Fabric. After wollastonite and talc were grinded, powder composition was prepared according to prescription. Prepared granules were shaped in 200×200 mm steel mold under 165 bar pressure with unique eclipse hydraulic press. Shaped items were dried at room temperature for 3 hours then at 85 °C for 21 hours in drying oven. Dried samples were sintered at 1130 °C for 34 minutes suitable with company conditions. Sintered samples water absorption and firing resistances were examined to prove being in the quality of TS EN 14411 standard. In this scientific work, x-beam fluorescence analysis on wall tile granules, talc and wollastonite, granule dimension analysis, humidity appointment analysis, thermo gravimetric and differential thermal analysis on prepared powder according to prescription, firing behavior of sintered samples, density with He pycnometer, x-beam diffraction analysis to determine crystallographic phase structure, and scanning electron microscope analysis to determine microstructure were made.

**Keywords:** Talc, Wall tile, Wollastonite

## TEŞEKKÜR

Öncelikle, yüksek lisans tezi çalışmalarında fikir ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali CEYLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği bölümü laboratuvar sorumlusu Bahri YILDIRIM'a, Dumlupınar Üniversitesi Seramik Mühendisliği Bölümündeki hocalarıma, Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümündeki hocalarıma, Altın Seramik Arge departmanında çalışanlara teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan meslektaşlarım Muhterem KOÇ ve Ali İMARETLİ'ye teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serhan HANER

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. DUVAR KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEMEL HAMMADDELER.....	3
2.1. Kil ve Kil Mineralleri .....	3
2.1.1. Kil Minerallerinin sınıflandırılması.....	4
2.1.1.1. Kaolinit grubu .....	5
2.1.1.2. Montmorillonit (Smektit) grubu .....	7
2.1.1.3. İllit grubu .....	8
2.1.1.4. Karışık tabakalılar.....	9
2.1.1.5. Atapulgit grubu.....	10
2.2. Kuvars.....	10
2.3. Feldspat.....	13
2.3.1. Alkali feldspatlar .....	13
2.3.1.1. Potasyumlu feldspatlar.....	13
2.3.2. Plajyoklaslar .....	14
2.3.2.1. Sodyumlu feldspatlar .....	14
2.3.2.2. Kalsiyumlu feldspatlar .....	14
2.4. Dolomit .....	16
2.5. Kalsit.....	16
2.5.1. Organik kireçtaşları .....	16
2.5.2. Kimyasal kireçtaşları .....	17
2.5.3. Klastik kireçtaşları.....	17
3. DUVAR KAROSU ÜRETİM SÜREÇLERİ .....	19
3.1. Hammadde Hazırlama .....	19
3.1.1. Çamur hazırlamadaki genel aşamalar.....	19
3.1.1.1. Ayıklama.....	19
3.1.1.2. Ufalama.....	19
3.1.1.3. Tane büyüklüğüne göre ayırma .....	19
3.1.1.4. Karıştırma .....	20

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.2. Bilyalı değirmenler .....	20
3.1.3. Püskürtmeli kurutucu (spray dryer) .....	21
3.2. Şekillendirme .....	22
3.2.1. Presleme ile şekillendirme .....	22
3.3. Kurutma .....	23
3.4. Sırlama .....	23
3.5. Pişirme .....	24
4. TALK .....	25
4.1. Talkın Tanımı ve Sınıflandırılması .....	25
4.2. Talkın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	26
4.3. Talkın Kullanım Alanları ve Özellikleri .....	27
4.4. Ülkemizde Bulunan Talk Yatakları .....	28
4.5. Üretim .....	28
5. WOLLASTONİT .....	29
5.1. Wollastonitin Tanımı ve Sınıflandırılması .....	29
5.2. Wollastonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	29
5.3. Wollastonitin Kullanım Alanları ve Özellikleri .....	30
6. MALZEME VE YÖNTEM .....	31
6.1. Malzeme .....	31
6.2. Yöntem .....	34
6.2.1. Talk ve wollastonit içeren toz karışımların hazırlanması .....	34
6.2.2. Granül hazırlama .....	35
6.2.3. Şekillendirme .....	35
6.2.4. Kurutma .....	35
6.2.5. Pişirme .....	35
6.3. Deneyle Uygulanan Testler ve Analizler .....	35
6.3.1. Tane boyut analizi .....	35
6.3.2. Termogravimetrik ve diferansiyel termal analiz (TG-DTA) .....	35
6.3.3. Pişme küçülmesi testi .....	36
6.3.4. Ham mukavemet ve pişme mukavemeti testi .....	36
6.3.5. Yoğunluk testi .....	37
6.3.6. Su emme testi .....	37
6.3.7. Kimyasal analiz .....	37
6.3.8. X-ışını difraksiyon analizi (XRD) .....	37
6.3.9. Mikro Yapı Analizi .....	38



## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
7. TALK VE WOLLASTONİT İLE İLGİLİ DENEY SONUÇLARI.....	39
7.1. Termogravimetrik-Diferansiyel Termal Analiz (TG-DTA) Sonuçları .....	39
7.2. Ham Mukavemet ve Pişme Mukavemeti, Yoğunluk, Pişme Küçülmesi ve Su Emme Sonuçları .....	42
7.3. X-Işını Difraksiyon Analizi (XRD) Sonuçları .....	46
7.3.1. Standart duvar karosu bünyesinin mineralojik analizi .....	46
7.3.2. Talk ilaveli pişirilmiş bünyelerin mineralojik analizleri .....	47
7.3.3. Wollastonit ilaveli pişirilmiş bünyelerin mineralojik analizleri .....	48
7.4. Mikroyapı Değişimlerinin İncelenmesi .....	50
7.4.1. Standart duvar karosu bünyesi SEM sonuçları.....	50
7.4.2. %15 Talk ilaveli duvar karosu bünyesinin SEM sonuçları .....	53
7.4.3. %15 Wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin SEM sonuçları .....	55
8. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	57
8.1 Sonuçlar .....	57
8.2 Öneriler .....	57
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	59

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kaolinit levhaların şematik görünüşleri.....	7
2.2. Montmorillonit levhaların şematik görünüşleri.....	8
2.3. İllit yapısı.....	9
2.4. 1 atmosfer basınçta silikanın kararlı fazları (Yeniden yapılanma içeren dönüşümler).	12
2.5. 1 atmosfer basınçta silikanın yarı kararlı fazları (Yer değişimli dönüşümler).....	12
2.6. Feldspatlar (Taraflı kesim ticari feldspatların bileşimini göstermekte).....	14
3.1. Bilyalı öğütücü şeması.....	20
3.2. Bilyalı öğütücüde dönme hızına bağlı olarak bilyaların hareketi.....	21
6.1. Duvar karosu granülünün tane boyut dağılımı analizi.....	32
6.2. Talk tane boyut dağılımı analizi.....	32
6.3. Wollastonit tane boyut dağılımı analizi.....	33
6.4. OHAUS MB45 marka ve model nem tayini cihazı.....	34
7.1. Standart granül masse TG-DTA termogramları.....	39
7.2. Talk ilaveli (%5) bünyenin TG-DTA termogramları.....	40
7.3. Talk ilaveli (%10) bünyenin TG-DTA termogramları.....	40
7.4. Talk ilaveli (%15) bünyenin TG-DTA termogramları.....	41
7.5. Wollastonit ilaveli (%5) bünyenin TG-DTA termogramları.....	41
7.6. Wollastonit ilaveli (%10) bünyenin TG-DTA termogramları.....	42
7.7. Wollastonit ilaveli (%15) bünyenin TG-DTA termogramları.....	42
7.8. Bünyelerle ilgili reçete-ham mukavemet ilişkisi.....	43
7.9. Bünyelerle ilgili reçete-pişme mukavemeti ilişkisi.....	44
7.10. Bünyelerle ilgili reçete-yoğunluk ilişkisi.....	44
7.11. Bünyelerle ilgili reçete-su emme ilişkisi.....	45
7.12. Bünyelerle ilgili reçete-pişme küçülmesi ilişkisi.....	45
7.13. Standart Reçeteye ait XRD paterni.....	46
7.14. T1 reçetesine ait XRD paterni.....	47
7.15. T2 reçetesine ait XRD paterni.....	48
7.16. T3 reçetesine ait XRD paterni.....	48
7.17. W1 reçetesine ait XRD paterni.....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7.18. W2 reçetesine ait XRD paterni. ....	49
7.19. W3 reçetesine ait XRD paterni. ....	50
7.20. Standart duvar karosu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	51
7.21. Standart duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	51
7.22. Standart duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.....	52
7.23. %15 talk ilaveli duvar karosu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	53
7.24. %15 talk ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	53
7.25. %15 talk ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.....	54
7.26. %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	55
7.27. %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü. ....	55
7.28. %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Kil mineralleri .....	6
2.2. Plajyoklasların oluşturduğu izomorf seri. ....	14
2.3. Feldspatların fiziksel özellikleri .....	15
2.4. Organik kireçtaşlarının en önemlileri; .....	17
4.1. Talkın ticari çeşitleri. ....	26
6.1. Çalışmalarda kullanılan duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin kimyasal analiz sonuçları (% ağırlıkça).....	31
6.2. Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin nem tayini sonuçları. ....	33
6.3. Talk ve wollastonit içeren reçeteler (%ağırlıkça). ....	34
7.1. Standart duvar karosu bünyesi, talk ve wollastonitle hazırlanmış duvar karosu bünyelerine ait su emme sonuçları. ....	43
7.2. Standart duvar karosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu. ....	52
7.3. %15 talk katkılı duvar karosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu.....	54
7.4. %15 wollastonit katkılı duvar karosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu.....	56

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
XRF	X-ışını floresans
XRD	X-ışınları kırınımı
TGA	Termogravimetrik analiz
DTA	Diferansiyel termal analiz
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
EDX	Enerji saçınımlı x-ışını spektrometresi

## 1. GİRİŞ

Seramik ürünlerin üretiminde hammadde seçimi, reçete tasarımı, bileşenlerin değiştirilmesi veya modifiye edilmesinde her bir bileşenin karışımında aldığı rol önemlidir. Ürün maliyetinin yaklaşık %20'si, reçetede kullanılan hammaddelere ve bu hammaddelerin reçetede ki oranına bağlıdır. Ürünün sır ve massesini oluşturan bileşim ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, rekabet ortamında ürünün kalitesinden ödün vermeden hammadde maliyetlerini düşürmek oldukça zordur. Karo üretiminde hızlı pişirim seramik reçetelerinde istenen özelliklerden biri normal sıcaklıklarda kısa sürede bir ya da birden fazla kararlı faz oluşumunu sağlamak diğeri ise düşük ısıl genleşme, yüksek ısıl şok direnci göstermesidir.

Türkiye'de seramik sanayiinde ilk yatırımlar özel kesim tarafından gerçekleştirilmiştir. 1942 yılında İstanbul'da küçük bir tesiste seramik sofa ve süs eşyası üretilmeye başlanmış, 1958 yılında yine İstanbul'da 100 ton kapasiteli seramik sofa ve süs eşyası üreten küçük bir fabrika kurulmuştur. 1956 yılında ise Çanakkale Seramik tarafından Çanakkale Çan'da ilk modern seramik tesisi yatırımına başlanmıştır. Yer ve duvar karesi üretilen tesis 1960 yılında faaliyete geçmiştir. Türk seramik kaplama malzemeleri sektörü, özellikle 1990 yılından sonra yaptığı büyük yatırım atağı ile bugün dünya seramik karo üretiminde önemli bir konuma gelmiştir.

Talkın ısı ile genleşme özelliğinin çok az olması banyo ve mutfak seramiklerinde, elektrik sobalarının plakalarında kullanılmasını sağlamaktadır. Seramik sanayinde kullanılacak talkta fiziksel ve kimyasal yapı bakımından homojenlik istenir. Ayrıca, tane iriliği ve dağılımı ile pişirme rengi de önemlidir. Bileşiminde manganez ve demir istenmeyen safsızlıklardır. %0,5 CaO, demir oksit %1,5 ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %4'ten fazla olmamalıdır. Ülkemizde iyi kalitede 482,736 ton talk rezervi (görünür+muhtemel) bulunmaktadır [1]. Elektro-seramik ve sırlamada kullanılan talk saf magnezyum silikattır. Ayrıca kloritsiz kompakt talkta (steatit) kullanılabilir. Talk, yumuşaklığı, izolasyon, elektrik direnci, kimyasal tutarlılığı, ısıya dayanımı, yağ absorplaması, kuvvetli kaplama özellikleri nedeniyle seramik, kağıt, tarım ilaçları, boya, lastik, kozmetik, döküm-lastik gibi sanayi dallarında kullanılmaktadır. Üretim ve tüketim alanları sınırlı olan talkın ülkemizde özellikle son yıllarda tüketimi giderek artmıştır. Endüstride talk kullanımının en büyük avantajı opaklık ve poroziteyi iyileştirmesi ile birlikte pürüzsüzlük sağlamasıdır [2].

Wollastonitin ana kullanım alanı seramik sanayisidir. Seramik malzemelerin üretiminde feldspat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddeler yerine veya seramik mamulün belirli özelliklerinin düzenlenebilmesinde wollastonit kullanılmaktadır.

Wollastonit başka madenlerin yerini alıcı olarak diğer malzemelere oranla daha büyük bir potansiyele sahiptir. Wollastonit kullanıldığında seramik ürünün gerek plastik halde, gerekse kurutulmuş halde iken dayanımı çok yüksektir. Wollastonit ayrıca kurumayı hızlandırır, nemlilik genişlemelerini asgariye indirir. Hamurdaki miktarı arttıkça fırınlama sürecinde kısıalma söz konusu olduğundan yakıtta da tasarruf sağlar [3].

Türkiye’de Balıkesir, Çanakkale ve Bursa’da wollastonit oluşumları bilinmektedir. Kontakt metamorfizma etkisi ile oluşmuş düzensiz yataklar teşkil etmesi dolayısıyla wollastonit için görünür rezerv verilmesi çoğunlukla mümkün olamamaktadır. MTA Genel Müdürlüğü kayıtlarına göre, Türkiye’de wollastonit madeni yaklaşık 1 milyon 600 bin ton rezerve sahiptir [4].

## 2. DUVAR KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEMEL HAMMADDELER

### 2.1 Kil ve Kil Mineralleri

Kil her zaman insan yaşamında önemli bir rol oynamıştır. Kil kendisine has özelliklerinden dolayı, yazılı insan tarihinin öncesinden günümüze kadar ki zaman sürecinde insanoğluna çok yönlü yararlı bir malzeme olmuştur. Yeryüzünün en yaygın materyallerinden biri olmasına rağmen kili bütünü ile tanımlamak kolay değildir. Kil;

1. Kolloidal veya kolloidal partikül boyutuna yakın bir boyuta,
2. Kil minerali için gerekli bir bileşime; başlıca sulu alüminyum silikatlar,
3. Nemli olduğu zaman da hemen hemen bir plastisiteye sahiptir [5].

Plastiklik killerin en önemli özelliklerinden biridir. Killer özlü seramik hammaddeleridir. Özlü seramik hammaddeleri su ile yoğrulabilen, kolayca şekil verilebilen, kurduklarında ise şekillerini muhafaza edebilen hammaddelerdir [6]. Çok plastik olan killere şişen kil (özlü kil) denir. Düşük derecede plastik olan killere ise zayıf kil (özsüz kil) denir. Killerin plastikliğini etkileyen faktörler; kil minerallerinin tipi, parça boyutu, tane şekli, organik madde, çözünür tuzları, iyon adsorbsiyonu, kil dışı minerallerin miktarı ve tipi, killerin kuru ve ham dayanımlarıdır. Plastiklik ve ham dayanım birbirine yakın kavramlardır. Kuru dayanım mevcut ince tane oranına, tanelerin şekline, kil fraksiyonun hidrasyon derecesine, mamul üretim metoduna ve kurutma oranına bağlıdır [7].

Kil partiküllerinin en üst boyutları Wentworth skalasında 1/256 milimetre veya 4 mikron kadar verilir. Son çalışmalar kil boyutunun 2 mikron kadar olduğunu göstermiştir. Böylece 2 mikron, kil partikül boyutunun yaklaşık üst sınırı olarak açığa çıkar [5].

Kil kelimesi tane boyu ölçüsü, petrografik ve mineralojik bakımdan üç farklı anlam taşımaktadır. Tane boyu olarak 2 ile 0,2 mikron boyutundaki partiküller, petrografik olarak kohezif topraklar, kohezyonlu malzeme veya çok ince taneli sedimanter kayalar, mineralojik olarak da bir mineral grubu anlamlarında kullanılmaktadır [8].

Killerin çoğu, kil olmayan mineraller ve organik maddelerin bir karışımını kapsar. Kil genel bir terim olarak kil, şeyl ve kilimsi toprağı kapsayan ince taneli, toprağımsı materyallere uygulanır [5].

Kilin ana kayası jeolojik devirlerde oluşmuş bulunan feldispatlardır. Feldispatların asidik ortamda bozunması sonucu oluşan kaolenin rüzgar, su vs. gibi doğal şartların etkisi ile bulunduğu ortamdan taşınıp arazi içerisindeki çukurlara dolup, buralarda zamanla çökmesi



ile kil yatakları oluşur. Killerin oluşumu hipojenik ve epijenik etkenler tarafından gerçekleşir.

Hipojenik etkenler: Bunlar yer altında ısı ve kimyasal reaktiflerin etkisi ile oluşan ayrışmalardır. Başlıca kimyasal reaktifler karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve kükürtdioksit ( $\text{SO}_2$ ) gazları olup, ısının yardımı ile ana kayalara etki yaparak dönüşümü sağlarlar.

Epijenik etkenler: Yeryüzünde suların, havanın, kar, yağmur, buzul gibi koşulların oluşturduğu değişimlerdir. Kayalarda meydana gelen ayrışma reaksiyonları oldukça karmaşıktır [9,10].

Çoğu kil daha önceki mevcut kayaların bir kalıntısı olarak oluşur. Kil bozmuş kayacın yerinde kalabilir veya taşınarak sedimentler gibi depolanır. Kile ya bozuşmanın yıkıcı etkisi ile oluşmuş olarak ya da bir diğer bakış açısından da yapıcı prosesler yolu ile oluşmuş gibi bakılabilir. Kristalin kayaç petrolojisi üzerine ilk çalışmalar kili petrolojik çöp olarak göz önüne alır. Sedimantolojistlere ve aynı şekilde ekonomik jeologlara göre, kaolinit ve montmorillonit yatakları saflık açısından (yüksek kaliteli) kayaların aristokratları olarak görülürler [5].

### 2.1.1 Kil Minerallerinin sınıflandırılması

Killer gerçekte bir mineralin veya maddenin son derece küçük mineral grubunun üyelerinden meydana gelirler (Çizelge 2.1). Bir kil kümesinin bir kristal maddeye benzememesine rağmen, yine de x-ışınları difraksiyonu ve elektron mikroskobu onun basitçe mineral olduğunu ortaya koyar. Muhtemelen birkaç nadir kil minerali dışında onların tümü monoklinik veya triklinik kristal sistemlerine aittirler. Onların büyümesi ise ya saç örgüsü gibi ya da çubuğumsudur. Kil mineralleri atomların katları veya tabakalarında meydana gelmiştir ve bir yumurta sandığındaki yumurtalar gibi paketlenmişlerdir.

Kil minerallerinin çoğunda bu tabakalar iki tiptedir. Birincisi çok yakın şekilde paketlenmiş oksijen ve hidroksillerden meydana gelmiştir ve onlar içinde Al, Mg, Fe atomları gömülüdür. Alüminyumun varlığı halinde, muhtemel pozisyonlardan sadece 2/3'si yapıdaki dengeyi sağlar ve  $\text{Al}_2(\text{OH})_6$  formülüne sahiptir, gibsit yapısı olarak bilinir. Magnezyum mevcudiyetinde bütün pozisyonlar doldurulur ve formül  $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$  (Brusit yapısı)'dır. İkinci temel tabaka silis, oksijen ve hidroksil tarafından oluşturulur ve  $\text{Si}_4\text{O}_6(\text{OH})_4$  genel formülüne sahiptir. Bu silis, tetrahedral tabaka olarak isimlendirilebilir.

Kil mineralleri mikalar ile çok yakın ilişkilidirler. Kil mineral yapılarının determinasyonu muskovit, biyotit ve vermikülitle yapılan karşılaştırmalar sonucunda

başarılmıştır. Kristal yapısı ve bileşim esasları üzerinde bir düzineden daha fazla kil minerali tanımlanmıştır [5]. Kil minerallerinin Grim ve Bates'e göre sınıflandırılması aşağıda verilmektedir [11].

\*Grim'e göre killerin sınıflandırılması

A- İki tabakalı olanlar: (birim kristal hücresi bir silika tetraederi ve bir alümina oktaederinden oluşanlar)

1. Eş boyutlu kaolinit grubu: Kaolinit, dikit, nakrit
2. Bir yönde uzamış şekiller: Halloysit grubu

B- Üç tabakalı olanlar

- 1- Genişleyen kristal yapıları olanlar
  - a) Eş boyutlu montmorillonit grubu: Montmorillonit, savkonit, vermikülit
  - b) Bir yönde uzamış montmorillonit grubu: Nontronit, saponit, hektorit
- 2- Genişlemeyen kristal yapıları olanlar: Klorit grubu

C- Düzenli, karışık tabakada olanlar: Klorit grubu

D- Zincir yapıları olanlar: Atapulgit, sepiyolit, paligorskit

\*R. L. Bates'e göre killerin sınıflandırılması

- 1- Kaolinit grubu: Kaolinit, dikit, nakrit, halloysit
- 2- Montmorillonit grubu
- 3- İllit grubu
- 4- Karışık tabaka
- 5- Atapulgit grubu

### **2.1.1.1 Kaolinit grubu**

Bu grubun birkaç minerali içerisinde kaolinitin kendisi başlıca ekonomik öneme sahiptir. Onun temel yapısı, gibsit tabakasını ve silis tetrahedral tabakasını kapsayan, a ve b eksen düzlemlerine paralel sayısız kafes şekilli iki tabakadan meydana gelir (Şekil 2.1).

Kaolinit artan su kapsamı ile genişlemez. Kaolinitin formülü;  $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ 'dir. Elektron mikroskobu kaolinit mevcudiyetini ketenimsi partiküller gibi veya hegzagonal hatlar ile çevrili öz şekilli yassı kristaller olarak gösterir. Şeyl ve kil içerisindeki egemen mineral olmamasına rağmen, yaygındır. Ender olarak ayrışma, hidrotermal ve sedimanter

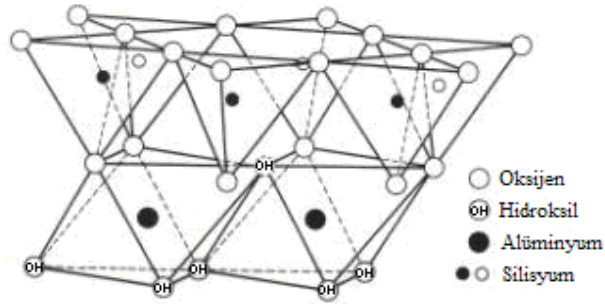
prosesler ile oluşturulan saf beyaz kaolinit derişimleri kağıt, seramik ve refrakterler için yüksek derecede kil (kaolen) kaynağıdır [5].

Bu grubun oluşabilmesi için gerekli ana jeokimyasal ve fiziksel şartlar;

1. Hümit ve tropikal ortam: Yeterli suyun bulunduğu bir ortamdır. Su  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  iyonlarını ortamdaki uzaklaştırırken  $\text{Al}^{3+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonlarını ortamda bırakır.
2. Geçirgen kayaçların varlığı: Bu kayaçlar ortamı drene etmeye müsaade ederler, bu da ayrışmayı hızlandırır. Aynı zamanda alkalilerin hareketliliğini de artırır.
3. Bir eğimin varlığı: Hareketli iyonların tahliyesine izin verir.
4. Ortamın pH'ı asidik olmalıdır. Çünkü kaolen grubu mineraller bazik şartlarda dengede değildir [12].

**Çizelge 2.1** Kil mineralleri.

Grup	Bileşim	Kök eni	Oluşum Yeri
<b>A. Kaolinit</b>			
1. Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	H, A	Çini kilinde, topraklarda, yan kayaçlarda ve alt killerde
2. Dikit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	H	Yan kayaçlarda YD
3. Nakrit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	H	Yan kayaçlarda YD
4. Anoksit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	A	Topraklarda YD
5. Halloysit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	H, A	Topraklarda
6. Endellit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	A	Topraklarda
<b>B. Montmorillonit</b>			
1. Montmorillonit	$(\text{Na}, \text{Ca})_{0,3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$	H, A	Topraklarda, Bentonitlerde
2. Nontronit	$[\text{Na}_2\text{Ca}]\text{Fe}[\text{Si}_{22}\text{Al}_{20}\text{O}(\text{OH})_{12}]$	H	Yan kayaçlarda
3. Saponit	$[\text{Na}_2]\text{Mg}_{18}\text{Si}_{22}\text{Al}_2\text{O}_{60}(\text{OH})_{12}$	H	Damarlarda
4. Baydellit	$[\text{Na}_2]\text{Al}_{13}\text{Si}_{19}\text{Al}_5\text{O}_{60}(\text{OH})_{12}$	H	Damarlarda
5. Hektorit	$[\text{Na}_2]\text{Li}_2\text{Mg}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{60}(\text{OH})_{12}$	A	Salbantta
<b>C. Hidromikalar</b>			
İllit	$(\text{OH})_4\text{K}_2(\text{Si}_6\text{Al}_2)\text{Al}_4\text{O}_{20}$	A	Topraklarda, denizel killerde ve alt killerde
<b>D. Diğerleri</b>			
1. Palangorit (Atapulgit)	$\text{Mg}_5\text{Si}_8(\text{OH})_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	A	Lekeci kili
2. Sepiyolit	$\text{Mg}_6\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	-	
3. Allofan	$\text{Al} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	A	Killerde, topraklarda
A= Kimyasal ve fiziksel ayrışma; H= Hidrotermal; YD= Yaygın değil			



**Şekil 2.1** Kaolinit levhaların şematik görünümü [13].

### 2.1.1.2 Montmorillonit (Smektit) grubu

Montmorillonit grubu mineralleri kaolinite benzemezler ve düzensiz şekilli veya çubuğumsu şekilli partiküller halinde bulunmaya eğilimlidirler. Şekil 2.2’de montmorillonit yapısı görülmektedir. Kaolinitten birkaç diğer özellikle de ayrılırlar.

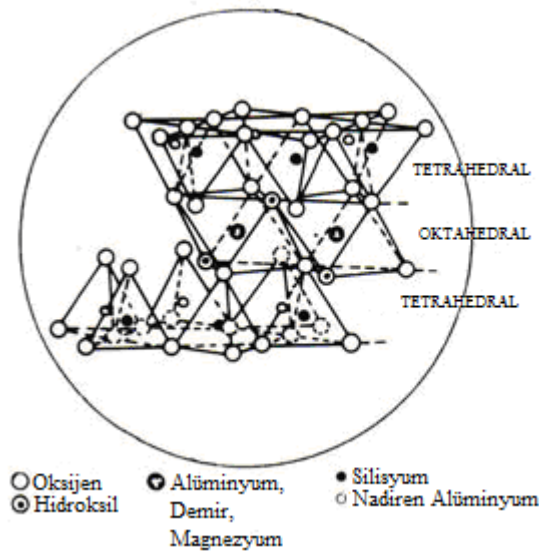
1. Üçüncü gipsit tabakası bir sandviç gibi silis tabakalarınca kuşatıldığından temel yapısı iki tabaka kapsamaz.
2. Magnezyum, gipsit tabakalarında alüminyumun yerini alabilir.
3. Her üç tabaka birimi komşusuna C yönünde su ile gevşek bir biçimde bağlanmışlardır ve bu suyun miktarı önemli ölçüde değişebilir. Sonuçta C boyutu sabit değildir ve montmorillonitin genişleyen kafes yapısına sahip olduğu söylenir.
4. Birimler arasında, suya ilave olarak kalsiyum, sodyum veya potasyumun iyonları olabilir; montmorillonitin herhangi bir kil mineralinden daha çok iyon değişimi gösterdiği bilinir. Montmorillonitin genel formülü  $Al_4Si_8O_{20}OnH_2O(OH)_4$ ’dür.

Montmorillonit Paleozoik kil ve şeyllerinde yoktur, fakat Mesozoik ve daha genç sedimanlarda bulunur. Başlıca bileşeni bentonitin kabaran tipidir ve belirgin adsorban kildir. Bu iki materyal ekonomik öneme sahiptirler [5].

Montmorillonit çok çeşitli ortamlarda (deniz suyu, kıtalar, vs.) oluşabilir.  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Si^{4+}$  içeren kayaların hepsi ana kayaç olabilir. Fakat mafik ve intermediatik magmatik kayaçlar en idealdir.

Smektitlerin oluşması için gerekli şartlar;

1. Kuru ve çöl iklimi (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 [12].



Şekil 2.2 Montmorillonit levhaların şematik görünümü [14].

### 2.1.1.3 İllit grubu

İllit, mika gibi olan kil mineralleri için genel bir terimdir. Elektron mikroskopunda küçük, zayıfça belirgin pullar, ince parçalar bazen de düzensiz gruplar halindeki agregatlar gibi görünürler. Onun temel yapısı montmorillonitinkine benzeyen ve silis tetrahedral tabakalarında silis yerine alüminyum geçmesi ile ve aradaki tabakada demir ve magnezyumun üçlü tabaka paketidir (Şekil 2.3). Birim sıklıca K atomları ile bağlanmıştır ve kafes yapısı genişmez. İllitin genel formülü  $(Al_4Fe_4Mg_4Mg_6)O_{20}(OH)_4Ky(Si_{8-y}Al_y)$ 'dir. İllitte, y 1.0 ile 1.5'dur, halbuki muskovitte y 2.0'dır. Bu durumda illitin biraz daha az potasyum kapsadığı açıktır. İllit, killer içerisinde çok fazla bulunan mineraldir ve şekilde egemen olan kil çeşididir.

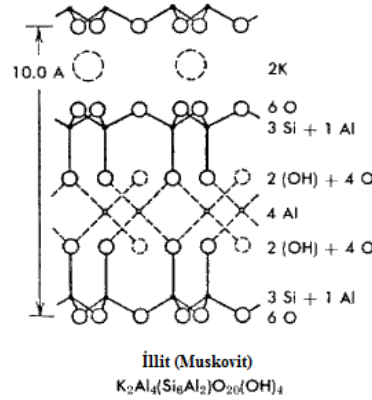
İllit potasyumun çoğunu kristal paketinden kaybettiği zaman kafese su girebilir ve kafes genişleme kapasitesi kazanabilir [5].

Bu grup pek çok farklı yolla oluşabilir.

- Bir çözültiden, bir çökelti olarak otojenik olarak oluşabilir.
- Detritik bir mineral olarak mika veya feldspatların ayrışması ile oluşabilir.
- Ya deniz suyundan veya diyajenez esnasında smektit oluşabilir.

İllit grubu için gerekli şartlar;

- Ortamdaki alkalilerin bir kısmını uzaklaştıran fakat  $K^+$  iyonlarını bırakan bir sıcaklık ve hümid iklim. Özellikle  $Mg^{2+}$  iyonları bu grup için uygun iyonlar değildir. Aynı zamanda tropikal iklim de bu grup kil mineralleri için uygun iklim değildir.
- Drenaj tam olarak iyi olmalıdır, fakat çok aşırı olmamalıdır.
- $K^+$  iyonlarının stabilitesi için ortamın pH'ı 7'den büyük olmalıdır.
- Eğim ortalama olmalıdır [12].



**Şekil 2.3** İllit yapısı [15].

#### **2.1.1.4 Karışık tabakalılar**

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

- Ana kayaç mafik ve intermediate bileşiminde olmalıdır (andezit, bazalt, andezitik ve bazaltik tüfler).
- İklim kuru ve arid olmalıdır.
- pH tam olarak bazik olmalıdır [12].

### **2.1.1.5 Atapulgit grubu**

Plakamsı yaygın kil minerallerine ek olarak atapulgit az kristalize iyi belirlenmiş lifli şekillerdedir. Killer içerisinde ekonomik öneme sahip olanlardan birisi atapulgittir. Onun kristal yapısı tabakalı tipin yerine amfibol ve pirokseninkine benzeyen zincir tipidir. Atapulgit bir sulu magnezyum silikattır ve onun başlıca bileşeni bazı adsorban killerdir [5].

## **2.2 Kuvars**

Kristal kuvars yüzyıllardan beri çok istenilen bir mineral olmuştur. M.Ö.2000 yılından daha önce, Mısırlılar kuvarısı muhteşem sanat eserlerine çevirdiler ve bazısını altın, gümüş ve mineraller ile kapladılar. Kuvars yarı kıymetli taş olarak kişisel süs eşyası biçiminde veya çeşitleri özellikle yontarak biçim verme için aranır ve istenir [5].

Kuvars, magmatik ve metamorfik tortul kayaların çoğunun esas bileşenidir. Magmatik kökenli olursa kuvars, metamorfik kökenli olursa kuvarsit adını alır. Pütürlü kayalar ve yanardağ kökenli kayalarda da kendini gösterir. Tortul kayalarda kumtaşı halinde görülür. Silisli kayaların çatlaklarında ve hidrotermal damarlarda kuvarısın otomorf kristalleri oluşur [16]. Kuvars kristali granit, gnays gibi ana kayaların içinde bulunabildiği gibi, bazıları da tek başına, tanecik yapısında olarak damarlar şeklinde diğer mineraller ile karışmış olarak bulunur [17,18].

Ana kayalar içindeki kuvars tek başına dış etkenlerden etkilenmediği halde, ana kayanın doğa etkileri ile bozulması sonucu, açıkta kalan kuvars sularla yıkanıp sürüklenerek, başka bölgelerde tek başına çökebilir. Bu çökme işlemi çoğu zamanda ham kaolin ile birlikte olur ve bu olay kaolin içindeki “serbest kuvarısı” oluşturur [18].

Kuvars yeryüzünün incelenmiş kısmının %25’ini oluşturur. Oksijenden sonra dünyada en çok rastlanan silisyumun bir bileşimidir [19]. Kimyasal formülü  $SiO_2$  olup, mol ağırlığı 60, sertlik derecesi Mohs’a göre 7, özgül ağırlığı  $2,65 \text{ gr/cm}^3$ ’tür. Kuvarısın kristal yüzeyleri cam cilalı, kırılan yüzeyleri ise yağ cilalıdır. Camsı ve yağimsi parlaklık gösteren kuvars genellikle renksiz ve beyazdır, ancak içerdiği yabancı maddelere bağlı olarak değişik renkler gösterir. İçerdikleri renkler kuvars türlerinin tanımlanmasında kullanılır. Kuvarısın rengi beyaz (süt kuvars), mor (ametist), pembe kuvars, duman renkli füme gibi çeşitli renklerde olabilir. Saydam ve yarı saydamdırlar. Saf kuvars yapısında %46.75 Si, %53.25 oranında  $O_2$  bulunur. Hekzagonal sistemde kristalleşir. Çoğu asit ve bazlardan etkilenmez. Hidroflorik asitte çözünür. İskelet yapısını oluşturarak malzemeyi deformasyona karşı korur[20,21].

Bir seramik yapının kil gibi plastik ve dolgu özelliği olan hammaddeler yanında kuvars gibi plastik olmayan ve yapıyı yüksek sıcaklıklarda ayakta tutacak hammaddeye gereksinimi vardır. Kuvars, yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliğini düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir [22]. Kuvars iri taneli ve kriptokristalin olmak üzere iki grupta incelenebilir. İri taneli kuvarslar renklerine göre çeşitli adlar alırlar; bunlar kaya kristali, ametist, mavi kuvars, pembe kuvars, dumanlı kuvars, opal, diyatomit, kuvars kumu, kuvarsit, sileks, flint taşıdır [19].

Seramik hammaddesi olarak kullanılan kuvarsin ısı davranışının üretim aşamalarında önemle takip edilmesi gerekmektedir. Çünkü saf kuvars ısıtılmaya başlandığında çeşitli modifikasyonları oluşur. Saf silikanın bir atmosfer basınçta kuvars, tridimit ve kristobalit olmak üzere üç temel sıcaklık polimorfu vardır. Bütün silika polimorfları hücre yapıları silisyum atomunun dört oksijen atomun ortasında bulunduğu tetrahedralardan oluşmaktadır. Tetrahedralar köşe atomlarından birbirlerine bağlanarak sürekli yapıyı oluştururlar. Şekil 2.4'de silikanın bir atmosfer basınçta yeniden yapılanma içeren dönüşümleri görülmektedir. Oda sıcaklığında silikanın kararlı formu alfa-kuvars'dır. Alfa-kuvars 573°C'de beta-kuvars'a, beta-kuvars 870°C'de beta-tridimit'e ve beta-tridimit 1470°C'de beta-kristobalite dönüşmektedir. Isıl işleme devam edildiğinde silika 1713°C'nin üzerinde eriyerek sıvı hale dönüşür. Bu dönüşümler çift yönlüdür. Soğuma esnasında beta-kristobalitin beta-tridimite beta-tridimitin beta-kuvarsa ve beta-kuvarsin da  $\alpha$ -kuvarsa dönüşebileceği gibi şekil 2.5'de görüldüğü gibi beta-kristobalit doğrudan düşük sıcaklık formu olan alfa-kristobalite de dönüşür [23,24].





bilinir. Wesleyen Üniversitesi fizikçisi W.G.Cady, 1921'de radyo elektrik titreşimlerini meydana getiren osilatörde, radyo devrelerini kontrol etmede çok ince bir kristal kuvars levhasının kullanılabildiğini buldu. Bu keşif modern kristal kuvars uygulamasının başlangıcı oldu [5].

## 2.3 Feldspat

Magmatik küllerin %60'ını kapsayan, onların isimlendirilmesi ve sınıflandırılmasında rol oynayan esas bileşimi potasyum, sodyum, alüminyum silikat ya da bunların bileşimi olan bir endüstriyel hammadDEDİR [5]. Şekil 2.6'da genel ilişkiler gösterilmiştir. Feldspatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından 2 gruba ayrılırlar.

- Alkali feldspatlar
- Kalko-sodik feldspatlar (plajyoklaslar)

### 2.3.1 Alkali feldspatlar

Ortoklaz	$KAlSi_3O_8$
Sonidin	$KAlSi_3O_8$
Mikroclin	$KAlSi_3O_8$
Anortoz	$NaAlSi_3O_8$
Albit	$NaAlSi_3O_8$

#### 2.3.1.1 Potasyumlu feldspatlar

Doğada, potasyumlu feldspatlar primer olarak magmadan oluşur. Granit, siyanit, trakit gibi magma kayalarında gnays gibi kristalleşmiş şistlerde ve grovak, arkoz gibi çöken kayalarda bulunur.

Bu mineraller arasında kristallografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük çaplı bir kation olan  $K^+$  un bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik,  $Na^+$  bakımından zengin olanlar triklinikdir.

Alkali feldspatlarda K ile Na feldspatlar arasında katı çözelti oluşum alanları çok dar olup, K yerine belirli ölçülerde ve bazı fiziki şartlarda Na alabilir. Tabiatta K-feldspatlar çoğunlukla Na-feldspatlarla birlikte ve daha tali olarak da Ca-feldspatlarla birlikte bulunur. Bu grup içerisinde gerek oluşum gerekse seramik sektörü için en önemli olan ortoklastır [3].

## 2.3.2 Plajyoklaslar

### 2.3.2.1 Sodyumlu feldspatlar

Sodyumlu feldspat özellikle disten, gabro, diabloz, bazalt gibi kayaların ana minerali olarak yer alır.

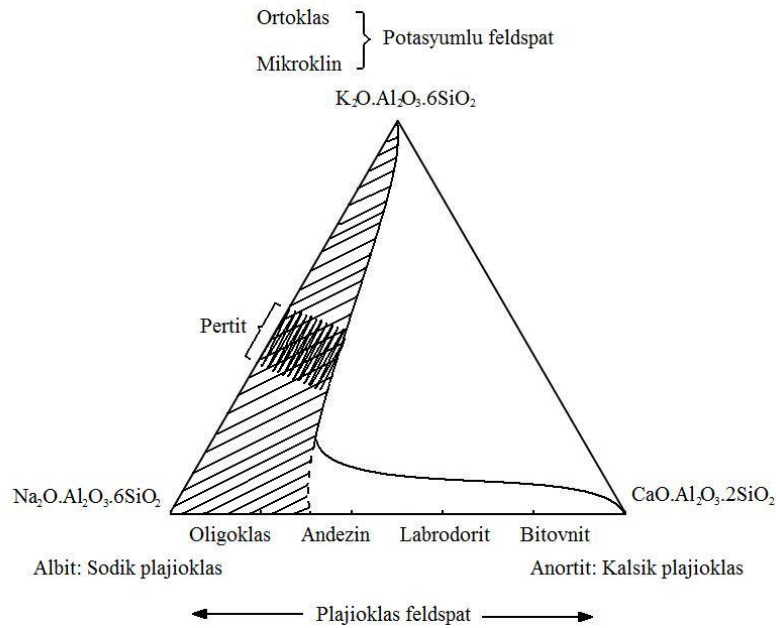
Sodyumlu feldspatlardan, plajyoklas grubunun kalsiyum içermeyen üyesi albittir. Doğada albit, K-feldspat ile katı çözelti oluşturmayıp ancak bir miktar K-feldspat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddesi yönünden önemi çok fazladır.

### 2.3.2.2 Kalsiyumlu feldspatlar

Kalsiyumlu feldspatların Na ve Ca miktarlarına göre oluşturdukları izomorf seri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir [3].

**Çizelge 2.2** Plajyoklasların oluşturduğu izomorf seri [26].

		% Anortit Miktarı
Albit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	0-10
Oligoklas	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	10-30
Andezin	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	30-50
Labradorit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	50-70
Bitovnit	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	70-90
Anortit	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	90-100



**Şekil 2.6** Feldspatlar (Taralı kesim ticari feldspatların bileşimini göstermekte).

Ortoklas, monoklinik sistemde kristallenmesi ile mikroklinden ayrılır, mikroklin ve diğer feldspatlar triklinikdir. Potasyumlu feldspat ve albit çok yaygın bir biçimde pertitik iç büyümelidir. Diğer yandan albit ve anortit keyfi olarak isimlendirilmiş her biri bir diğerine görülemeyecek şekilde geçen mineral çeşitleri gösteren plajyoklas feldspatlarda izomorf serinin uç üyeleridirler [5].

Feldspatlar  $\text{SiO}_4$  köşeli iskeletlerdeki 4 oksijenin paylaşılması ile oluşmuş, üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. Bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısı yerine alüminyum gelmiş olup, elektriksel denge bileşiği sodyum, potasyum veya kalsiyum ilavesi ile sağlanmıştır. Feldspatların fiziksel özellikleri Çizelge 2.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 2.3** Feldspatların fiziksel özellikleri.

Feldspat Minerali Adı	Formülü	Yoğunluğu $\text{gr/cm}^3$	Mohs Sertliği	Rengi
<b>Ortoklaz</b>	$\text{K}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{6SiO}_2$	2.57	6	Beyaz, gri
<b>Albit</b>	$\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{6SiO}_2$	2.62	6	Beyaz, gri
<b>Anortit</b>	$\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{6SiO}_2$	2.76	6	Beyaz, gri

Feldspatlar beyaz, açık pembe, pembemsi-beyaz, sarımtrak, gri-beyaz ve bazen de yeşilimsi renkte olur. Camsı parlaklıkta, özgül ağırlığı 2,56 ile 2,77  $\text{gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. Sertlik derecesi Mohs skalasında göre 6'dır. Doğada sodyum, kalsiyum ve potasyumlu feldspatların yanı sıra baryumlu feldspatlar da bulunmaktadır. Ancak doğadaki miktarları çok azdır ve %2 Ba içermektedirler. Baryumlu feldspatlar hyalofan ve selsiyondur.

Feldspatlar, genellikle seramik ve porselen (sofra eşyası, elektro porselen, sağlık gereçleri, karo fayans ve karo seramik imalinde), cam (kristal ve optik, levha pencere camı, renkli cam ve sofras eşyası yapımında) sanayi ile bağlama özelliği, sertliği ve beyaz rengi nedeniyle aşındırıcı olarak ta kullanılabilir. Özellikle sabunun aşınmasını önlemek ve sıklığını muhafaza etmek için feldspat kullanılır. Ayrıca ark karakteristiğini artırdığı için potasyum kaynağı olarak kaynak çubuklarının kaplanmasında kullanılır. Feldspatlar, tuğla, lastik, plastik imalinde dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadır.

Plajyoklaslar potasyumlu feldspatlara oranla daha az kullanım alanı bulur. Albit, mikroklin gibi aynı amaçlarla bu endüstride kullanım alanı bulur. Labrador kendine has özelliği ile süs taşı olarak kullanılır. Amazon taşı da parlatılarak süs taşı olarak kullanılır.

## 2.4 Dolomit

Genellikle magnezyumca zengin kireçtaşlarında oluşur. Magnezyum içeren altere bazik magmatik kayalarda, dolomitik kayalar ya da kireçtaşlarında bulunan damar ve boşluklarda, hidrotermal damar tipi cevherleşmelerde daha ziyade galenit ve sfalerit çevresinde gang minerali olarak bulunur [26].

Kimyasal formülü  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 'dir. Yapısında %56  $\text{CaCO}_3$  ve %44  $\text{MgCO}_3$  bulunur. Doğada büyük kayaçlar halinde bulunan bir mineraldir. Renksiz, beyaz, bej, sarımsı ve kahverengi tonlarda oluşabilen dolomitler, bazen içerdikleri bazı safsızlıklar nedeniyle başka renklerde olup, özgül ağırlığı  $2,85 \text{ gr/cm}^3$ , sertliği Mohs skalasına göre 3,5-4'tür. Ticari saflıktaki dolomitin ergime noktası  $1925\text{-}2485^\circ\text{C}$  arasında değişir [27].

Demir çelik endüstrisinde, cam endüstrisinde, inşaatlarda dekoratif kaplamalar için çimento, sönmemiş kireç, cam ve soda üretiminde refrakter tuğla yapımında cüruf yapıcı olarak demir ve diğeri metallere ergitilmesinde kullanılır. Dolomit aynı zamanda potansiyel bir magnezyum kaynağıdır [28].

## 2.5 Kalsit

Yeraltı sularında travertenler şeklinde, deniz ya da tatlı sularda ise kimyasal, organik veya mekanik çökme sonucu kalker yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kalker üç ana grup altında toplanabilmektedir.

Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, kırıntılı ve kimyasal materyaller içermektedir.

### 2.5.1 Organik kireçtaşları

Pek çok bitki ve hayvanın içerdikleri  $\text{CaCO}_3$ ; organizmalar öldükten sonra kireçtaşını oluşturmak üzere çökebilmektedir.

**Çizelge 2.4** Organik kireçtaşlarının en önemlileri;

<i>Resifal Kireçtaşları</i>	<i>Biyohermal Kireçtaşları</i>
(Kabuk) Konkoidal Kireçtaşları Mercan Kireçtaşları Algli Kireçtaşları Krinodial Kireçtaşları	Biyostromal Kireçtaşları
Foraminifer Kireçtaşları	Bazısı Biyostromal, bazıları Pelajik Kireçtaşları

Pelajik kireçtaşları ile az çok eşanlı olan tebeşir, şist, kretasenin beyaz renkli ve ince taneli kireçtaşlarını temsil etmektedir. Tebeşire diğer jeolojik yaşlarda da (tersiyer) rastlanabilmektedir.

### 2.5.2 Kimyasal kireçtaşları

Kimyasal kireçtaşlarının üç ana tipi vardır.

- Bir evaporit ardalanmasına bağlı kireçtaşları (genelde dolomitler)
- Oolitik ve pisolitik kireçtaşları
- Kalk tüfler

### 2.5.3 Klastik kireçtaşları

Mekanik olarak çökelen karbonat kayaçları daha önce oluşan kireçtaşları ya da organik kireçtaşlarının parçalarının oluşturduğu depolanmalardır. Bazı araştırmacılar oolitik kireçtaşlarını da bu gruba almaktadırlar. Bunların sınıflandırılması sedimanter kayaçlar için kullanılan tane boyu ölçğine bağlıdır.

- Kalsirudit 2 mm ve yukarısı
- Kalkarenit 1/16 mm - 2 mm
- Kalsilitit 1/16 mm den küçük [29].

Triklirik yapıda olan kalsitin sertliği 3, yoğunluğu 2,72 gr/cm<sup>3</sup>'tür. Rengi çoğunlukla beyaz, bazen gri, kırmızı, yeşil, mavi ve sarıdır [30,31].

Kalsitin en önemli kullanım alanı, çimento ve kireç yapımıdır. 900°C dolayında ısıtılırsa  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  reaksiyonuna göre (sönmemiş kireç) CaO meydana gelir. CaO

su ile karıştırılırsa şişer, ısı verir ve sertleşerek sönmüş kireç meydana gelir. Saf kalsit mikronize edilerek boya, plastik ve kağıt endüstrisi dallarında dolgu olarak kullanılır. Kalsit, boyutlandırılmış kireçtaşı ve mermer olarak hem yapı taşı hem de dekoratif amaçlı dış kaplamalarda, ayrıca cilalanmış traverten veya levhalar halinde ve genellikle iç hacimlerde süs ve dekorasyon amaçları için yararlanılır [32].

### 3. DUVAR KAROSU ÜRETİM SÜREÇLERİ

#### 3.1 Hammadde Hazırlama

Seramikte kullanılan endüstriyel hammaddeler kuru ve yaş olarak işlem görürler. Bütün bileşenlerin uygun tane büyüklüğüne sahip olmaları gerekir. Bunu sağlamak için ufalama, kırma ve öğütme işlemleri yapılır.

Seramik hammaddeleri doğada değişik tane iriliğindedir. Bu hammaddeler yapılacak üretim yöntemine göre tane boyutu küçültme işlemlerine tabi tutulur. Genellikle 6 mm'den büyük parça veren işleme kırma, 6 mm'den küçük tane verenlere de parçalanma, hammaddeyi toz haline getirmeye de öğütme denir [33].

Çamur hazırlama yönteminin seçimi ve seçilen bu yöntemin uygulanmasında oluşacak hatalar, sonuçta üretilen ürünün kalitesini olumsuz olarak etkiler. Çünkü hazırlamada yapılan hatalar, genellikle kuruma ve pişme sonunda ortaya çıkarlar [17].

#### 3.1.1 Çamur hazırlamadaki genel aşamalar

##### 3.1.1.1 Ayıklama

Hammadde içindeki zararlı etki yapabilecek, plastikliği bozabilecek maddelerin ayrılması gerekir. Bu işlem daha ocakta, hammadde damarının bulunduğu yerde yapılabildiği gibi, çıkan hammaddenin sonradan taş ayıklayıcı valslerden geçirilmesi ile de yapılabilir. Seramik hammaddelerine uygulanan en bilinen ayırma yöntemi, kaoline uygulanan ayıklama işlemidir.

##### 3.1.1.2 Ufalama

Ocaktan çıkan iri, kaba ve sert hammadde parçalarının belli bir tane büyüklüğüne gelinceye kadar, çeşitli makineler ile kırılması ile yapılır. Özsüz seramik hammaddeleri, çoğunlukla basınçla ezildikleri zaman gevrek olduklarından kırılabilirler. Bu kırma işlemlerinde en büyük rolü, o hammaddenin kristal yapısı ve sertliği oynar.

##### 3.1.1.3 Tane büyüklüğüne göre ayırma

Bu işlem ile çeşitli tane büyüklükleri bir sınır içinde toplanır. Özsüz seramik hammaddeleri genellikle ufalama makinelerinden elde edilen tane büyüklüğü veya eleklerden elde edilen tane büyüklüğü ile kullanırlar. Plastik hammaddelerin tane büyüklüğüne göre ayrılması çeşitli yöntem ve makineler ile yapılır.

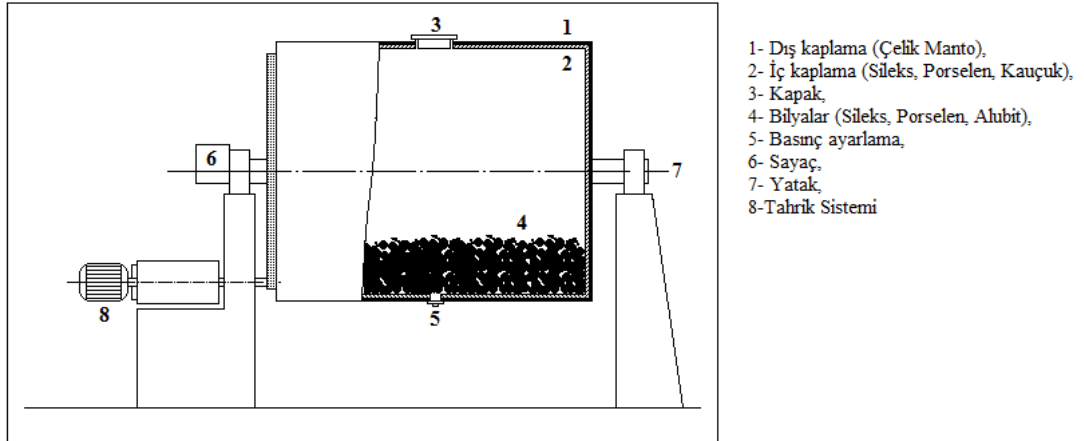


### 3.1.1.4 Karıştırma

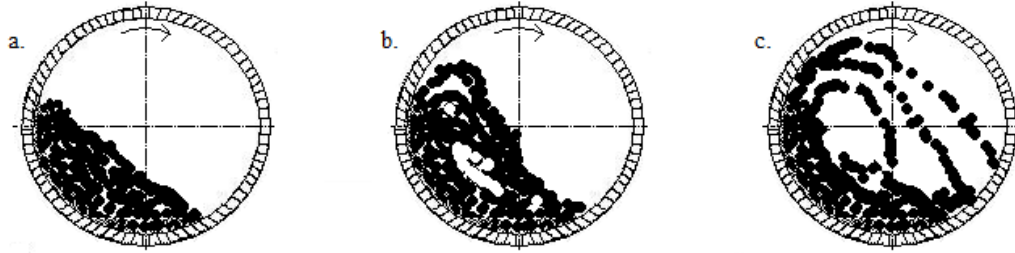
Bu aşamada elde edilmesi istenilen çamurun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin homojen dağılımlı olması istenir. Karıştırma, çamur hazırlama işleminin son bölümü oluşturur. Şekillendirmede kullanılacak olan çamurun homojenliği, üretilen ürünlerde kuruma ve pişme sonrası oluşabilecek problemleri büyük ölçüde engelleyebilir.

### 3.1.2 Bilyalı değirmenler

Öğütme işleminin verimli bir biçimde yapılabilmesi için bilyalı öğütücülerin uygun şekilde çalıştırılması gerekir. Bu öğütücüler Şekil 3.1’de görüldüğü gibi silindirik şekilde olup, iç tarafları sileks, porselen, alümina, steatit veya kauçuk kaplı, dış kısımları ise metal mantodan oluşur. İki uçta bulunan yataklar vasıtasıyla desteklenir. Tahrik ya bir diş ya da kayış sistemi ile gerçekleşir. Değirmen kapak kısmı üst tarafa gelecek şekilde durdurularak doldurulur ve kapatılır. Öğütme bittikten sonra kapak açılır, yerine delikli bir kapak takılır ve ağız aşağı gelecek şekilde çevrilir. Başka bir bağlantıyla içeriye hava verilerek boşaltma işlemi hızlandırılır. Devir sayısı, bilya büyüklüğü, dağılımı ve miktarı ile süspansiyon miktarı öğünmeyi etkileyen başlıca parametrelerdir [34].



Şekil 3.1 Bilyalı öğütücü şeması.



Şekil 3.2 Bilyalı öğütücüde dönme hızına bağlı olarak bilyaların hareketi.

a- Kaskad b- Kaskad+Katarakt c- Katarakt

Dönme esnasında bilyalara, yer çekimi kuvvetlerinden kaynaklanan ağırlık kuvveti ve uygulanan döndürme etkisinden kaynaklanan merkezkaç kuvveti etki eder. Merkezkaç kuvvetinin yerçekimi kuvvetinden daha büyük olması yani öğütücünün çok hızlı döndürülmesi durumunda bilyalar ve masse değirmenin kenarına yapışık bir vaziyette döner ve öğütme olmaz. Bu devir sayısı kritik devir sayısı olarak tanımlanır ve şu şekilde hesaplanır:

$$n_{\text{krit}} = 42,4 \sqrt{D} \quad n_{\text{krit}} = \text{Kritik devir sayısı, devir / dak.}$$

D = Değirmenin iç çapı, m cinsinden

Sulu öğütmelerde verimli devir sayısı kritik devir sayısının yaklaşık olarak %60 dolaylarındadır, yani  $n = 25 \sqrt{D}$  şeklindedir. Bu durumda bilyalar belirli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra düşerler ve öğünmeyi hem sürtünme hem de çarpma (kaskad+katarakt) etkisi gerçekleştirilirler. Devir sayısı düşük olursa bilyalar yeteri kadar yukarı çıkmadan sadece geriye doğru kayma (Katarakt) veya yüksek olursa sadece düşme (Kaskad) davranışı gösterirler. Çeşitli uygulamalarla öğünmenin en iyi hangi etkinin altında gerçekleşeceği göz önünde tutularak uygun devir sayısı tespit edilir [34].

### 3.1.3 Püskürtmeli kurutucu (spray dryer)

Çamur halindeki masseyi granül masse haline getirmek için kullanılan bir kurutucudur. Filter pres, kurutma ve toz haline getirme gibi üç ayrı ana işlemi bir seferde sağlar. Sistem; alt kısmı aşağıya doğru daralan koni şeklindeki silindirik bir gövdeden masse çamuru pompası, sıcak hava jeneratörü, basınçlı çamuru taşıyan paslanmaz boru ve püskürtme sistemi toz tutucu siklonlardan oluşur. Su oranı %35-40 olan masse çamuru havuzlardan pompa yardımıyla emilerek kurutucu içine paslanmaz boru yardımıyla taşınır.

Basınçlı çamur kurutucu gövdesi içerisinde yukarıya doğru püskürtülürken aynı anda sıcak hava da aşağı doğru üflenir. Sıcak hava ile karşılaşan çamur granül şeklini alır. Püskürtme nozullarının miktarını spray dryer kapasitesi ve büyüklüğü belirler. Spray dryer iç sıcaklığı 450-500°C gibi bir sıcaklık aralığına sahiptir. Bu sıcaklıkta 1-2 sn içerisinde çamurun suyu %5-6 oranında neme sahip olacak şekilde buharlaşır ve 1-2 mm boyutlarında, içleri boş granüller elde edilir. Spray dryer çıkışında bu granüller pres silolarına taşınarak stoklanır[35].

### 3.2 Şekillendirme

Seramik ürünlerin şekillendirilmesinde birden fazla şekillendirme yöntemi kullanılmaktadır. İstenilen ürün için uygun yöntemin seçimi, büyük ölçüde ürünün şekli ve boyutuna, boyutsal toleransına, ürün sayısına ve seçilen ilk yatırım maliyetine bağlıdır. Genelde seramiklerin şekillendirilmesinde presle şekillendirme, plastik şekillendirme ve dökümle şekillendirme yöntemleri kullanılmaktadır.

#### 3.2.1 Presleme ile şekillendirme

Presleme yöntemi ile şekillendirmede tozlar ve granül malzemeler sert kalıp veya esnek kalıp içerisinde aynı anda sıkıştırılır ve şekillendirilir.

- a) Yaş Presleme İle Şekillendirme: Bu yöntemde özel alçıdan imal edilmiş içine hava hortumları döşenmiş kalıplar kullanılmaktadır. Vakum presten çıkmış sucuklarda, üretilecek parçanın formuna yakın dilimler harfler vasıtasıyla kesilerek hazırlanır ve alçı kalıp üzerine yerleştirilerek hidrolik presleme yolu ile hamura şekil verilir. Kalıptan alınan ürünler rötuşlanıp, kurutularak bisküvi fırınına verilmektedir.
- b) Kuru Presleme İle Şekillendirme: Seramiğin sertleştirilmiş metal kalıplar içerisinde sıkıştırılarak preslenmesi kuru pres olarak adlandırılır. Bu yöntem genellikle kalınlığı 0,5 mm'den fazla olan düzgün yüzeyli parçaların şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Kuru preslemede kullanılan basınç 20-100 MPa arasında değişir.
- c) İzostatik Presleme: İzostatik presleme ile, kuru presleme ile kolayca preslenemeyen kompleks şekilli ve yüksek miktarlardaki parçaların üretimi yapılmaktadır. Bu sistemde 3,8 MN'luk hidrolik presler kullanılmaktadır. Pistonlar yatay istikamette çalışmaktadır ve kalıplar metal olup üzerleri poliüretan ile kaplıdır. Ayrıca polivinil klorür (PVC) ve silikonize kauçuktan üretilen kalıplarda mevcuttur.

Kalıp parçası ile membran arasında hidrolik yağ bulunmaktadır. Hidrolik yağın basıncı, esnek membran sayesinde ürünün her tarafına eşit basınç uygulamakta ve ürün pişme esnasında deforme olmamaktadır. Preslenmiş parçanın yüzey düzgünlüğü iyi değildir ve ön işlem gerekmektedir.

### 3.3 Kurutma

Pişme öncesinde üründe kalan su uzaklaşmazsa pişirim sırasında porlardaki suyun ısınmasıyla aniden oluşan aşırı hacim genişlemesi ürünün çatlamasına ve parçalanmasına sebep olabilir. Ürün kütlesi ve çamurun plastiklik özelliği kurutma zamanını zorlayan unsurlardandır. Plastik özellikli çamurlar bünyesindeki suyu kolay atamazlar ve hızlı kurutma ile bünyedeki suyun ani genişlemesinden dolayı üründe çatlama meydana gelebilir. Belli bir kuruma çekmesine sahip olan her ürün için üründe çeşitli hatalara sebebiyet verecek bir kritik kurutma hızı söz konusudur. Kalın ve oldukça düşük gerginliğe sahip ürünler kurutulacağı zaman kurutma ürünü içinde meydana gelebilecek farklı bölgelerde, farklı miktardaki sıvı içeriği olayı çok fazla olmayacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Ürünü nemli bir hava içinde ısıtmak ürünün kurutmadan önce yüzey buharlaşmasını durdurur ve sıvının viskozitesini düşürür. Kurutma havasının nemi azaltıldığında kurutma işlemi sıvı konsantrasyon gradyanında herhangi bir artış olmadan gerçekleştirilebilir. Havanın nemi, havanın sıcaklığı ve hava akımının yönü kurutmayı etkileyen faktörler olarak değerlendirilebilir.

### 3.4 Sırlama

Öğütülmüş uygun bileşimli seramik hammaddelerden elde edilen ve seramik bünye üzerinde pişme neticesinde cam yapıya benzer bir yapı oluşturabilen karışımlara ve söz konusu tabakaya sır denir.

Sırlama mamule göre değişik teknikler uygulanarak yapılır. Belirleyici kriterler mamulün geometrik yapısı, sırlanacak yüzey miktarı ve bünyenin durumudur.

Uygulanan başlıca teknikler şöyledir.

- Daldırma ile sırlama
- Püskürtme ile sırlama
- Spray sırlama tekniği
- Perde akıtma metoduyla sırlama
- Elektrostatik sırlama

### 3.5 Pişirme

Şekillendirilmiş ham seramik bünyeler suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimine ve niteliklerine göre 700-2000°C arasında en az bir defa pişirilirlir. Seramik üretiminde pişirme en önemli süreç olup iyi ürün elde edebilmek için pişme hızı denetlenmeli, fırında uygun bir sıcaklık dağılımı olmalı, pişme süresi iyi seçilmeli ve soğutma kontrol altında tutulmalıdır [36].

## 4. TALK

### 4.1 Talkın Tanımı ve Sınıflandırılması

Talk minerali bir hidro-magnezyum silikattır. Bileşimi  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 'dur. Talk yumuşaklığı, yağlı dokunma hissi, inci gibi parlak ve yeşilimsi beyaz rengi ile bilinir. Talk mükemmel bazal klivaja sahiptir.

Saf mineralin büyük miktarda bulunması nadirdir. Genelde talk terimi kullanımı farklı uygulamalar için söz konusudur. Talk magnezyum silikatlı bileşiklerin değişik kayaçlarda tanımıdır [31].

Talk doğada bulunan en yumuşak minerallerden biridir. Tırnakla kolayca çizilir ve sertliği 1'dir. Talk, magnezyum, silis ve oksijenden oluşmuş sulu bir silikattır. Teorik olarak %63,5  $\text{SiO}_2$ , %31,7  $\text{MgO}$  ve %4,8  $\text{H}_2\text{O}$  içerir. Bu kompozisyon içinde sınırlı miktarlarda izomorf maddeler bulunabilir. Bunlar, çok az miktarlarda alüminyum, demir, mangan ve titanyumdur ve bunların bileşimine bağlı olarak da talk; beyaz, yeşil, gri renklerde bulunabilir ancak ezildiğinde çok parlak beyaz renkteki bir toza dönüşür. Talkın yoğunluğu  $2,6-2,8 \text{ gr/cm}^3$  arasındadır. Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır ancak ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır ve asitlerle bozulmaz.

Talkın ticari olanları genellikle teorik saflıktan oldukça farklılıklar gösterir. Bu tür ürünler, saf talk minerali olduğu gibi talk ve talkın parajenezinde bulunan dolomit, kalsit, kuvars, diyopsit, serpantin, magnetit, pirit, tremolit-aktinolit ve mika gibi minerallerin değişik oranlarda karışımı halinde olabilirler. Ticari talkın çeşitleri Çizelge 4.1'de verilmiştir[2].

Çizelge 4.1 Talkın ticari çeşitleri.

Talk Çeşitleri	Açıklama
<b>Sabuntaşı</b>	En az %50 talk minerali içerir. Elektriğe ve asitlere karşı dirençli, ısıya karşı dayanıklıdır.
<b>Steatit</b>	Bu terim yüksek saflıktaki masif talklar için kullanılır.
<b>Profillit</b>	Fiziksel özellikleri talka çok benzer ancak kimyasal bileşiminde Mg yerine Al içeren bir sulu alüminyum silikattır.
<b>Asbestin</b>	Saf talk minerali kristal özelliklerinde nadiren lifsi görünümündedir. Asbestin ise daha ziyade levha, ince tabaka veya mikaya benzer şekillerdedir.
<b>Fransız Tebeşiri</b>	Yumuşaktır, talkın masif bir çeşidi olup, boya ve kurşunkalem yapımında kullanılır.
<b>Rensseleerit</b>	Bileşimi talka çok benzer ise de yağlı ve yumuşak özelliği olmayan bir mineraldir.
<b>Lava</b>	Lava terimi ticarete sık sık blok talkları veya blok talklarından yapılan en son ürünleri ifade etmekte kullanılır.
<b>Wonderstone</b>	Güney Afrika Cumhuriyeti'nde bulunan bir masif Profillit olup, rutil ve karbonlu bileşikler içeren kriptokristalen profillittir.

#### 4.2 Talkın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Talk doğada bulunan en yumuşak minerallerden biridir. Tırnakla kolayca çizilir ve sertliği Mohs skalasına göre 1'dir. Talk hidrofobik, kimyasal olarak inert, organofilik, tabakalı ve düşük elektriksel ve yüksek termal iletkenliğe sahiptir [36]. Kristal sistemi monokliniklidir. Talk, magnezyum, silis ve oksijenden oluşmuş sulu bir silikattır. Kimyasal formülü  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ 'dir. Teorik olarak %63,5  $SiO_2$ , %31,7  $MgO$  ve %4,8  $H_2O$  içerir. Bu kompozisyon içinde sınırlı miktarlarda izomorf maddeler bulunabilir. Bunlar, çok az miktarlarda alüminyum, demir, mangan ve titanyumdur ve bunların bileşimine bağlı olarak da yumru şeklindeki talk; gri veya yeşilimsi olsa bile ezildiğinde çok parlak beyaz renkteki bir toza dönüşür. Kristaline nadiren rastlanır. Genellikle kütle halindedir. Talkın yoğunluğu 2,6–2,8  $g/cm^3$  arasındadır. Ateşe dayanıklıdır. Ergime derecesi 1500°C'dir. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır ve asitlerle bozulmaz. Kokusuzdur [37,38].

Talk ince kesitte renksizdir. Kayaçlarda özşekilli kristallerine hiçbir zaman rastlanmaz. (001) yüzeyine göre çok iyi dilinime sahiptir. Dilinim levhaları kolay eğilebilir ancak elastik değildir. Metamorfizma koşullarının yükselmesi ile talk, manyezit, kumingtonit veya olivine dönüşebilir. Atmosferik koşullar altında oldukça duraylıdır. Ancak bozunmanın ileri evrelerinde manyezit ve kalsedona dönüşebilir [2].

### 4.3 Talkın Kullanım Alanları ve Özellikleri

Talk ülkemizde başlıca lastik sanayi, seramik sanayi ve tarım ilaçları yapımında kullanılmaktadır. Ülkemizde son yıllarda, talkın tüketim alanı artmıştır. Özellikle seramik ve kozmetik sanayinde giderek artan bir talep söz konusudur.

**Seramik Sanayi:** Talkın ısı ile genleşme özelliğinin çok az olması banyo ve mutfak seramiklerinde, elektrik sobalarının plakalarında kullanılmasını sağlamaktadır. Seramik sanayinde kullanılacak talkta fiziksel ve kimyasal yapı bakımından homojenlik istenir. Ayrıca, tane iriliği ve dağılımı ile pişirme rengi de önemlidir. Bileşiminde manganez ve demir istenmeyen safsızlıklardır. Maksimum %0,5 CaO, demir oksit %1,5 ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %4'ten fazla olmamalıdır. Elektro-seramik ve sırlamada kullanılan talk saf magnezyum silikattır. Ayrıca kloritsiz kompakt talkta (steatit) kullanılabilir.

**Boya Sanayi:** Lifli ve dilinimli talklar, yağ absorblama özelliğinden dolayı boya ve yağ sanayinde kullanılmaktadır. Boya sanayinde kullanılan talk öğütüldüğünde son derece beyaz ve tenörü yüksek olmalıdır (%98,5). Ayrıca 325 mesh'lik (0,044 mm) elekten geçebilmelidir. Talk lifi boya taneciklerinin birbirine ve yüzeye kenetlenmesini sağlar. Ağır boya materyallerinin çökmesini önleyip, boyanın daha homojen olmasını sağlar.

**Çatı Kaplamasında:** Bu iş için genellikle kalitesiz talklar kullanılır. Bu yüzden hammaddede beyazlık ve saflık aranmamaktadır. Aranılan özellikler tane boyu ve dağılımı ile yağ emme özelliğidir. Talk, çatı yapımında erimiş asfaltı stabil duruma getirdiği için yangın ve hava koşullarına karşı yüksek bir koruma sağlar. Talk ayrıca, yapım ve yerleştirme sırasında çakılların birbirlerine yapışmasını önler.

**Kağıt Sanayi:** Talk, yumuşaklığı, tane boyu, mürekkep emme ve suda erime özelliği nedeni ile kağıt sanayinde kullanılmaktadır. Ancak kullanılacak talkta CaCO<sub>3</sub> oranı %2-5'ten fazla olmamalı ve başka mineral içermemelidir [2].

**Kozmetik ve Farmakoloji:** Talk, kimyasal saflığı ve kayganlığı nedeniyle kozmetik ürünleri ile ilaç üretiminde kullanılmaktadır. Bu sanayide kullanılan talkta aranılan özellikler, içerdiği lifsi yapı ve içerisindeki sert mineraller ile arsenik ve demir miktarlarının düşük olmasıdır.

Talk bunlardan başka hayvan yemi üretiminde, gübre üretiminde, heykeltraşlıkta, kaplama sektöründe, sabun yapımında, elektrik anahtarlarında izolatör olarak da kullanılmaktadır [2].



#### 4.4 Ülkemizde Bulunan Talk Yatakları

Türkiye'deki talk yatakları, metamorfizma sonucu ya da hidrotermal ayrışma ile bazik ve ultrabazik kayalarda oluşmuştur. Ülkemizde her kalitede talkın varlığı bilinmekte ancak saf olmayan talklar çeşitli yöntemlerle temizlenerek yüksek saflık elde edilmeye çalışılmaktadır.

Ülkemizde bilinen talk yatakları Aydın, Balıkesir, Bolu, Eskişehir, Sakarya ve Sivas illerinde bulunmaktadır [2].

#### 4.5 Üretim

Dünyada ve yurdumuzda talk üretimi hem açık hem de kapalı işletmeler şeklinde yürütülmektedir. Ancak kaliteli talk yatakları damarları boyunca galeri açılarak talk üretimi yapıldığı da bilinmektedir. Geleneksel patlatma metotları da kullanılarak yapılan kazı işlemleri ile çıkarılan hammadde, kalifiye işçiler tarafından kaba bir ayırma tabi tutularak stoklanıp parça cevher olarak satılır. Ya da ileri talk ürünler (mikronize veya ultra mikronize) eldesi yoluna gidilir.

Dünyada parça cevherin işlenerek ileri talk ürünleri elde edilmesinde; köpük flotasyonu, sedimentasyon, hidrosiklondan geçirme, hava ve yağ manyetik ayırma, santrifüj boylaması, sprej kurutma ve yağ öğütme teknikleri uygulanmaktadır. Talkta aranan özellik çok beyazlık olduğundan hiçbir şekilde rengi bozulmamalıdır. Özel isteklere karşı bazı kırıcı ve öğütücüler kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin katı dolgusu ve kaplama sanayisinde 5 mikrondan daha ince tane boyu istendiğinde mikronize öğütme usulü kullanılmalıdır.

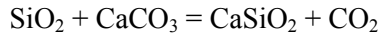
Kozmetik sanayinde kullanıma uygun talklar, öğütmeden sonra kumaştan elenerek boyutlanmaktadır. Talklar genellikle kuru öğütme metodu ile ayıklanır. Fakat kuru ve yağ metot beraber uygulanabilir [2].

## 5. WOLLASTONİT

### 5.1 Wollastonitin Tanımı ve Sınıflandırılması

İngiliz kimyacı Wollaston tarafından bulunmuştur. Kontak metamorfik kireçtaşları içinde diopsit, tramolit, epidot ve kalsitle beraber bulunur [31].

Skarnlar, magmadan kireçtaşlarına silikat, alüminyum, demir ve manganez transferi ile oluşmuştur. Meydana gelen reaksiyon skarn zonlarından, silikat ya da magmadan, silikat ve kireçtaşından kalsitin gelişi ile gerçekleşir. Kısaca aşağıda verilen denklem ile oluşum tanımlanır.



Kuvars ve kalsit, düşük sıcaklıkta (450-600°C) wollastoniti oluşturur. Wollastonit formasyonu ile, CO<sub>2</sub> yayılımından dolayı basınç yükselir, böylece reaksiyonun devam edebilmesi için yüksek sıcaklık ihtiyacı daha da artar. Bu sırada, CO<sub>2</sub> gazının doğal kırık ve çatlak zonlarına kaçma eğiliminden dolayı basınç azalır. Bu basınç düşüşü ile reaksiyon düşük sıcaklıklarda devam eder. Fakat basınç yükseldiğinde reaksiyon sıcaklığı birdenbire artmaz. Tersine reaksiyon ve kalsit oluşumu gerçekleşir.

Wollastonitin oluşum itibari ile kristal sistemleri farklılık gösteren iki adet polimorfu vardır. Kalsiyum metasilikatın mevcut iki polimorfu; düşük sıcaklık oluşumlu wollastonit ve yüksek sıcaklık oluşumlu pseudo wollastonit (bourgeoisite)'dir.

Düşük sıcaklık polimorf oluşumlarının birbiriyle yakından ilgili iki tipi vardır. Bunlar mineralojik olarak, triklinik kristal sistemli olup monoklinik kristal sistemli olanı da parawollastonit olarak bilinmektedir.

Monoklinik sistemde oluşan parawollastonitin wollastonite dönüşümü mümkündür. Wollastonit oluşumları, çoğunlukla triklinik sistemlidir. İki wollastonit tipi de bazen benzer koşullar altında kristalleşerek bir arada oluşum gösterirler.

İri yapraklı kütleler halinde oluşan wollastonit arasına iyi bir kristal yapı gösterir. Genellikle iğne uçlu gibi sivri görümlü ya da küçük parçacıklar içinde lifli bir yapıda gözlenir [33].

### 5.2 Wollastonitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kimyasal formülü CaSiO<sub>3</sub>, kimyasal bileşimi %51,7 SiO<sub>2</sub>, % 48,3 CaO'tir. Beyaz, gri, pembemsi, sarımsı, kahverengimsi renkte olanları vardır ve yarı saydamdır. Ultraviyole

ışınlar altında sarı, portakal, mavi, yeşil, pembe, renk alır. Çizgi rengi beyazdır. Mohs skalasına göre sertliği 4.5-5, yoğunluğu 2,8-2,9 gr/cm<sup>3</sup>'tür. HCl içinde çözünür ve eridiği zaman beyaz camsı bir kürecik oluşturur [31]. Saf wollastonit için ergime derecesi genel olarak 1540°C civarındadır. Termal genleşme katsayısı düşüktür ve termal şok direnci yüksektir [39].

### **5.3 Wollastonitin Kullanım Alanları ve Özellikleri**

Wollastonitin ana kullanım alanı seramik sanayisidir. Seramik malzeme üretiminde feldspat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddeler yerine veya seramik mamulün belirli özelliklerinin düzenlenebilmesinde wollastonit kullanılmaktadır. Bu sanayide wollastonit sıhhi tesisat ve çinilerde çatlamayı, sıkıştırmayı, kırılmayı ve mamuller üzerindeki ısı genleşmesini önlemesi bakımından aranan bir katkı maddesidir.

Wollastonit başka madenlerin yerini alıcı olarak diğer malzemelere oranla daha büyük bir potansiyele sahiptir. Wollastonit kullanıldığında seramik ürünün gerek plastik halde, gerekse kurutulmuş halde iken dayanımı çok yüksektir. Wollastonit ayrıca kurumayı hızlandırır, nemlilik genişlemelerini asgariye indirir. Hamurdaki miktarı arttıkça fırınlama sürecinde kısalma söz konusu olduğundan yakıtta da tasarruf sağlar.

Ayrıca cam, boya ve plastik sanayisinde, aşındırıcı olarak, mineral yünü eldesinde, kaplama ve tarım işlerinde, elektrik izolatörleri ile abrazif disk imalinde, ateşe dayanıklı (refrakter) mamul üretiminde, yapışkanlarda ve sulayıcılarda kullanılır [40].

## 6. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada talk ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ) ve wollastonit ( $CaSiO_3$ ), Altın Çini ve Seramik Sanayi Anonim Şirketi duvar karosu bünyesine, laboratuvar şartlarında %5, %10, %15 oranlarında ilave edilerek, nihai ürünün fiziksel özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

### 6.1 Malzeme

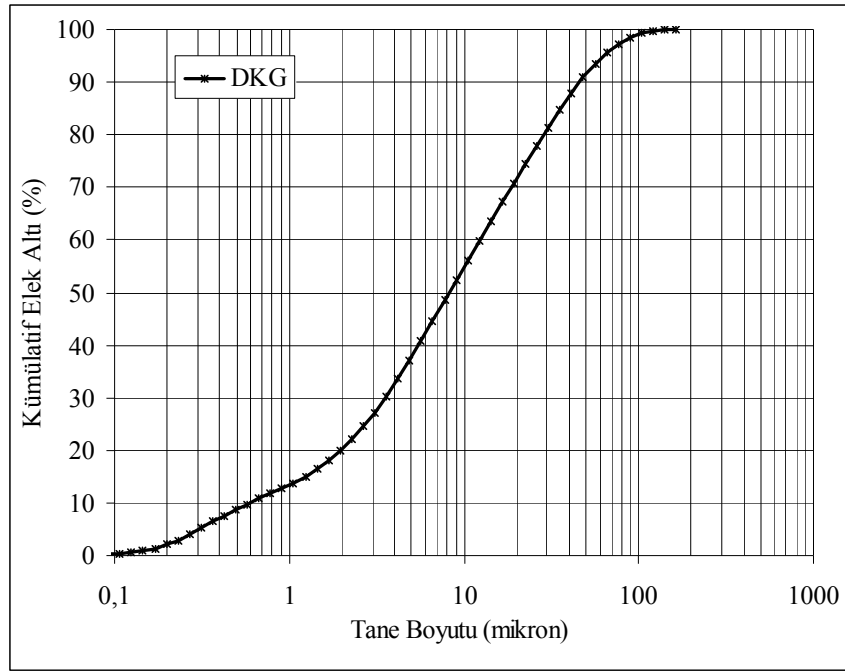
Deneylerde kullanılan duvar karosu granül massesi Altın Seramik A.Ş.'den temin edilmiştir. Altın Seramik A.Ş. duvar karosu granül massesi pegmatit, dolomit, kalsit, albit, kuvars ve dört farklı kilden oluşmaktadır. Duvar karosu granül massesinin, talkın ve wollastonitin kimyasal analizleri DPÜ Seramik Mühendisliği laboratuvarında Spektra X-lab 2000 marka ve model XRF cihazı ile yapılmıştır. Duvar karosu granül massesinin, talk ve wollastonitin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

**Çizelge 6.1** Çalışmalarda kullanılan duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin kimyasal analiz sonuçları (% ağırlıkça)

Oksitler	Duvar Karosu Granül Masse	Talk	Wollastonit
Na <sub>2</sub> O	1,02	1,27	2,20
MgO	1,353	17,21	1,039
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,78	0,012	0,017
SiO <sub>2</sub>	58,03	38,07	51,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1025	0,0122	0,0472
SO <sub>3</sub>	0,2175	0,2276	0,1088
K <sub>2</sub> O	1,831	0,0051	0,011
CaO	8,151	1,877	44,31
TiO <sub>2</sub>	0,7671	0,0013	0,0211
MnO	0,0259	0,0730	0,0559
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,226	3,379	0,4102
*KK	7,496	37,8628	0,7698

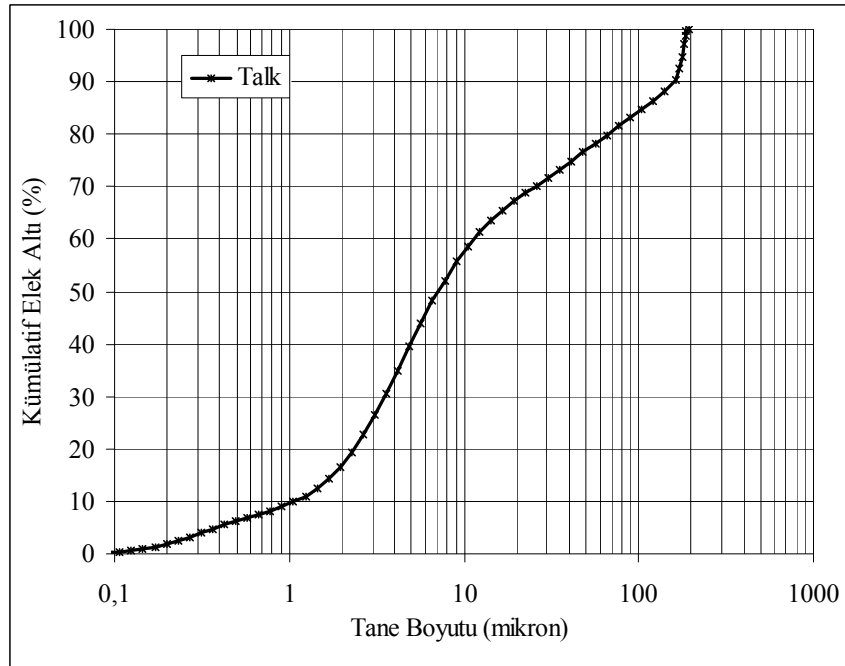
\*KK: Kızdırma Kaybı

Çalışmada kullanılan talk ve wollastonit halkalı öğütücüde 2'şer dakika öğütülmüştür. Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin boyut analizi Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Malvern Particle Sizer cihazı ile yapılmıştır. Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin tane boyut dağılımı analizi sonuçları sırasıyla Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3'de verilmiştir.

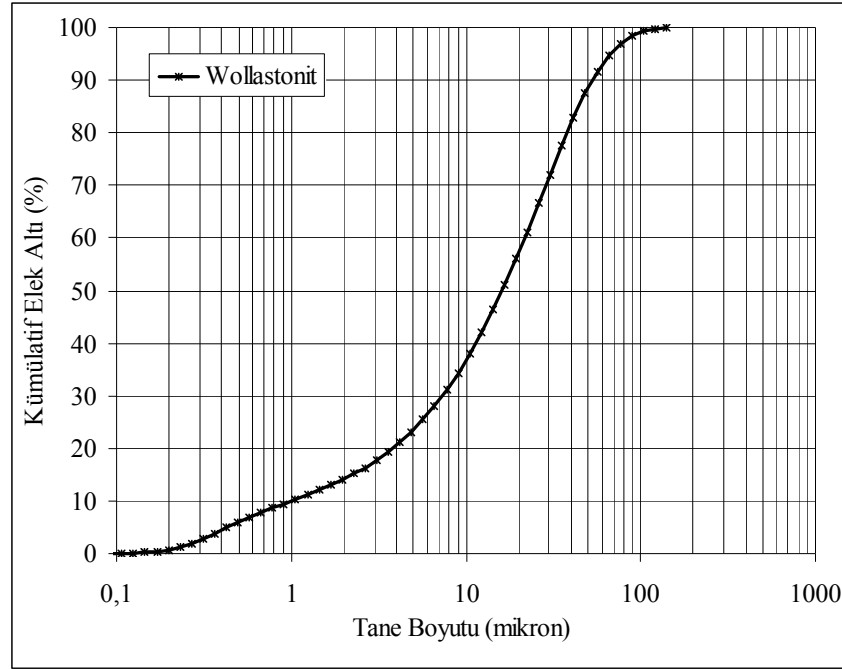


Şekil 6.1 Duvar kerosu granülünün tane boyut dağılımı analizi.

Duvar kerosu granül massesinin ortalama tane boyutuna bakıldığında,  $d(50)=8 \mu\text{m}$  olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.2 Talk tane boyut dağılımı analizi.



**Şekil 6.3** Wollastonit tane boyut dağılımı analizi.

Halkalı öğütücüde öğütülmüş talk ve wollastonitin tane boyut analizi neticesinde, talkın ortalama tane boyutunun  $d(50)=7 \mu\text{m}$  ve wollastonitin ortalama tane boyutunun  $d(50)=16 \mu\text{m}$  olduğu tespit edilmiştir.

Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonit nem tayini yapılmıştır. Nem tayini için OHAUS MB45 (Şekil 6.4) marka ve model cihaza 3'er gram tozlardan beslenmiştir. Nem tayini sonuçları Çizelge 6.2'de görülmektedir.

**Çizelge 6.2** Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonitin nem tayini sonuçları.

Malzeme	Nem Miktarı(%Ağırlıkça)
Duvar Karosu Granül Masse	4,89
Talk	1,01
Wollastonit	0,12

Duvar karosu granül masse, talk ve wollastonit tozlarının tartımı yapılarak Memmert marka etüve  $105\pm 5^\circ\text{C}$ 'de 3 saat sürede kurutulmuştur. Kurutma işleminin tamamlandığını görmek için tozlar tekrar tartılmıştır. Tozları etüve koymadan önceki tartımdan, kurutma işleminden sonraki tartım değeri çıkarılmıştır. Bu fark, nem tayini cihazının verdiği sonuçla kıyaslanmış ve tozların tamamen kuruduğu gözlenmiştir.



Şekil 6.4 OHAUS MB45 marka ve model nem tayini cihazı.

Çalışmalarda kullanılan reçeteler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.3 Talk ve wollastonit içeren reçeteler (%ağırlıkça).

Başlangıç Malzemeleri	Deneme Reçeteleri (%ağırlıkça)					
	T1	T2	T3	W1	W2	W3
<i>*DKG</i>	95	90	85	95	90	85
<i>Talk</i>	5	10	15	-	-	-
<i>Wollastonit</i>	-	-	-	5	10	15

*\*DKG Duvar Karosu Granül*

## 6.2 Yöntem

### 6.2.1 Talk ve wollastonit içeren toz karışımların hazırlanması

Deneylerde kullanılan tozların bilyalı değirmende karıştırma ve ufalama işlemi esnasında dış çepere yapışmaması ve homojen dağılım göstermesi için Memmert marka etüvde  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de 3 saat sürede tamamen kurutulmuştur. Standart bünye ve sonra sırasıyla deneme reçetelerinin değirmenlere 300 gram şarj miktarına göre tartımları yapılmıştır. Standart bünye ve reçeteye uygun hazırlanmış tozlar alümina bilyeli porselen değirmenlerde 70-80 devir/dk dönme hızıyla 30 dk karıştırma ve ufalama işlemine tabi tutulmuştur.

### **6.2.2 Granül hazırlama**

Standart bünye ve reçetelere bağımlı hazırlanmış değirmenlerden çıkartılan kuru tozları, şekillendirme nemi olan %5-6 neme ulaştırmak için püskürtme metodu kullanılmıştır. Numunelerin granül haline gelebilmesi için 500 µm'lik elekten geçirilmiştir. Homojen nem dağılımını sağlamak için numuneler naylon poşetlere alınarak 24 saat bekletilmiştir.

### **6.2.3 Şekillendirme**

Hazırlanan granüllerdeki nem oranının uygun şekillendirme nemine ulaşıldığını görmek için nem tayini yapılmış ve istenilen %5-6 oranında olduğu tespit edilmiştir. Granüllerin pişme sıcaklığına kadarki ısıl davranışlarının belirlenmesi için termogravimetrik ve diferansiyel termal analizleri yapılmıştır. Şekillendirmeye hazır granüller 200×200×5 mm ölçülerindeki çelik kalıplar içinde, 165 bar basınç altında, tek eksenli hidrolik el presi ile preslenmiştir.

### **6.2.4 Kurutma**

Şekillendirilen numuneler ham boyut ölçümleri yapıldıktan sonra ilk olarak oda sıcaklığında 3 saat daha sonra etüvde 85°C sıcaklıkta 21 saat kurutulmuştur.

### **6.2.5 Pişirme**

Numunelerin pişme işlemi Altın Seramik A.Ş. Karo Fabrikasının işletme şartlarına uygun olarak 1130°C'de 34 dakikada gerçekleştirilmiştir.

## **6.3 Deneylerde Uygulanan Testler ve Analizler**

### **6.3.1 Tane boyut analizi**

Altın Seramik A.Ş. Karo Fabrikasından temin edilmiş olan duvar karosu granül massesinin, halkalı öğütücüde ikişer dakika öğütülmüş wollastonit ve Kütahya Domaniç bölgesi talkının tane boyut dağılımını tespit etmek için Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Malvern Particle Sizer cihazı kullanılmıştır.

### **6.3.2 Termogravimetrik ve diferansiyel termal analiz (TG-DTA)**

Bu analiz tekniği ile reçetelere göre hazırlanmış bünyelerin pişme sıcaklığına kadarki kütle kayıpları ile oluşan ve ısının absorblanması veya açığa çıkması sonucu oluşan



termogramlar yorumlanmıştır. DPÜ Seramik Mühendisliği laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Diamond marka TG-DTA cihazı kullanılmıştır.

### 6.3.3 Pişme küçülmesi testi

El presinde hazırlanan 200×200×5 mm boyutundaki numuneler 3 saat oda sıcaklığında daha sonra 85°C'lik etüvde 21 saat bekletildikten sonra kumpas yardımı ile boyutları ölçülmüştür. Elde edilen boyut değerleri kaydedildikten sonra numuneler işletme fırınında 1130°C'de 34 dakikada bisküvi pişirimine tabi tutulmuşlardır. Pişen numunelerin boyutları kumpas ile ölçülerek aşağıdaki formüle göre yerleştirilmiş ve pişme küçülmeleri hesaplanmıştır.

$$\%PK = [ (KB - PB) / KB ] \times 100$$

Burada;

PK: Pişme Küçülmesi

PB: Pişme Boyutu

KB: Kuru Boyut

### 6.3.4 Ham mukavemet ve pişme mukavemeti testi

El presinde preslenerek şekillendirilen 200×200×5 mm boyutundaki numunelerden ham mukavemet testleri için üçer adet numune seçilmiştir. Bu numunelerin kalınlık ve boyut ölçümleri yapıldıktan sonra mukavemet cihazı üzerinde TS EN ISO 10545-4 standardına göre mesnetlere göre simetrik olacak şekilde ve mesnetler ile yükleme parçası numunenin her iki tarafından aynı miktarda taşacak şekilde yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırılarak numune üzerine sabit hızla kuvvet uygulanarak kırma işlemi tamamlanmıştır. Kırma anında cihazdaki değer okunmuş ve mukavemet formülünde yerine konularak mukavemet değerleri hesaplanmıştır.

$$M = (3 \cdot p \cdot L) / (2 \cdot b \cdot h^2)$$

Burada;

M: Mukavemet (N/mm<sup>2</sup>)

p: Kırılma Kuvveti (N)

L: Mesnetler Arası Mesafe (mm)

b: Karo Geniřliđi (mm)

h: Karo Kalınlığı (mm)

İşletme şartlarında (1130°C’de 34 dk) pişirilen numunelerden de üçer adet alınıp, ham mukavemetlerin bakılmasında uygulanan işlemler yapılarak pişme mukavemeti değerleri hesaplanmıştır.

### 6.3.5 Yoğunluk testi

İşletme şartlarında pişirilmiş numunelerin yoğunluk ölçümleri DPÜ Seramik Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Quantachrome marka He piknometresi kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm Arşimet’in akışkan hareketi prensibi ve Boyle Kanunu üzerine kuruludur. Pişirilmiş numunelerden bir parça alınıp hücre içine konmuştur. Hücreye yerleştirilen numunenin yüzeyi, sistemden kuru bir gazın geçirilmesi ile temizlendikten sonra referans hücre gaz ile doldurulur. Bir valf yardımıyla gazın ölçüm haznesine genleşmesi sağlanır. Sonuçta malzemenin yoğunluğunu elde ederiz.

### 6.3.6.Su emme testi

Su emme değeri, pişmiş bünyenin gözeneklerine alabildiği su miktarıdır. Pişmiş olan numunelerden üçer adet alınıp kuru tartım yapıldıktan sonra 4 saat kaynatılmıştır. Sudan çıkartılan numuneler, üzerlerindeki parlaklık tam olarak gitmeyecek şekilde kurulanmış ve yaş tartımları yapılmıştır. Bu tartım değerleri su emme formülünde yerine konularak su emme değerleri hesaplanmıştır.

$$\%SE = [ (m_2 - m_1) / m_1 ] \times 100$$

Burada;

SE: Su emme

m<sub>1</sub>: Kuru tartım

m<sub>2</sub>: Yaş tartım

### 6.3.7 Kimyasal analiz

Bu çalışmada kullanılan duvar karosu granül massesinin, talkın ve wollastonitin kimyasal kompozisyonlarını belirlemek için DPÜ Seramik Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Spektro X-Lab 2000 marka ve model XRF cihazı kullanılmıştır.

### 6.3.8 X-ışını difraksiyon analizi (XRD)

Piştirme sonrası elde edilmiş duvar karosu bünyesinde ve talk ile wollastonit ilavesi sonucu duvar karosu bünyelerinde meydana gelmiş olan faz değişimlerini tespit etmek amacıyla numunelere XRD analizi yapılmıştır. Tüm XRD analizleri DPÜ Seramik

Mühendisliği laboratuvarında bulunan C/30kv/15mA'lık Rigaku Miniflex marka cihazla 2°'den 70°'e kadar 2θ aralığında dakikada 5° artacak şekilde yapılmıştır.

### **6.3.9 Mikro Yapı Analizi**

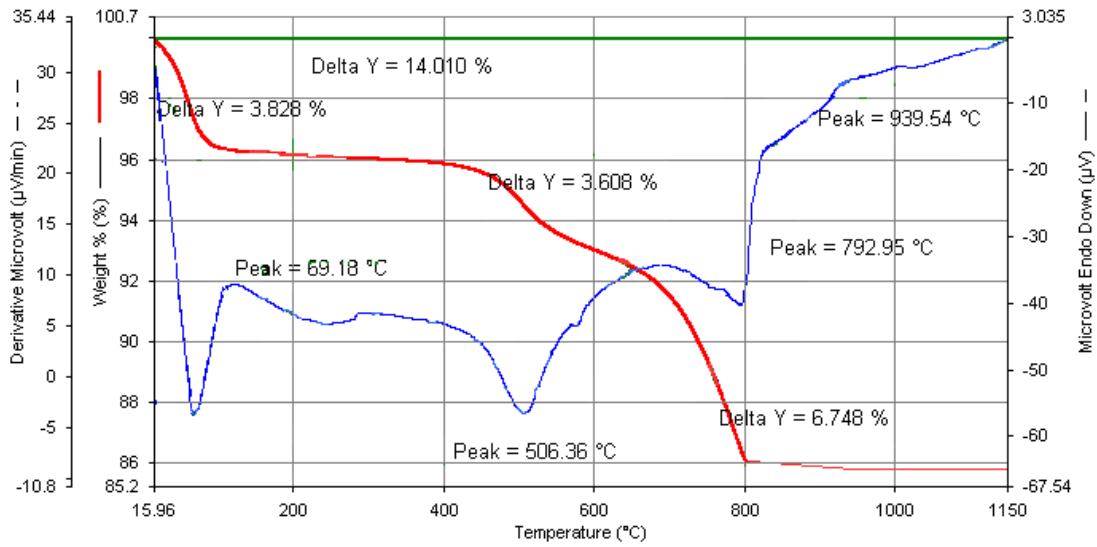
Sinterleme sonrasında elde edilen duvar karosu bünyesi, talk ve wollastonit ilaveli duvar karosu bünyelerinde meydana gelen faz veya faz değişimlerini incelemek amacıyla mikro yapı analizi gerçekleştirilmiştir. Mikro yapı analizleri A.Ü. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği laboratuvarında Zeiss Evo 50 marka ve model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. Ayrıca bu numunelerin taramalı elektron mikroskobuna bağlı olan Bruker axs marka x-ışını spektrometresi (EDX) yardımı ile kimyasal analizlerine bakılmıştır.

## 7. TALK VE WOLLASTONİT İLE İLGİLİ DENEY SONUÇLARI

### 7.1 Termogravimetrik-Diferansiyel Termal Analiz (TG-DTA) Sonuçları

Şekil 7.1-7.7’de fabrikadan temin edilmiş standart fayans granül massenin, talk ve wollastonit ile hazırlanmış altı farklı reçetenin TG-DTA termogramları görülmektedir.

Şekil 7.1’de standart duvar karosu bünyesinin TG-DTA termogramları görülmektedir.

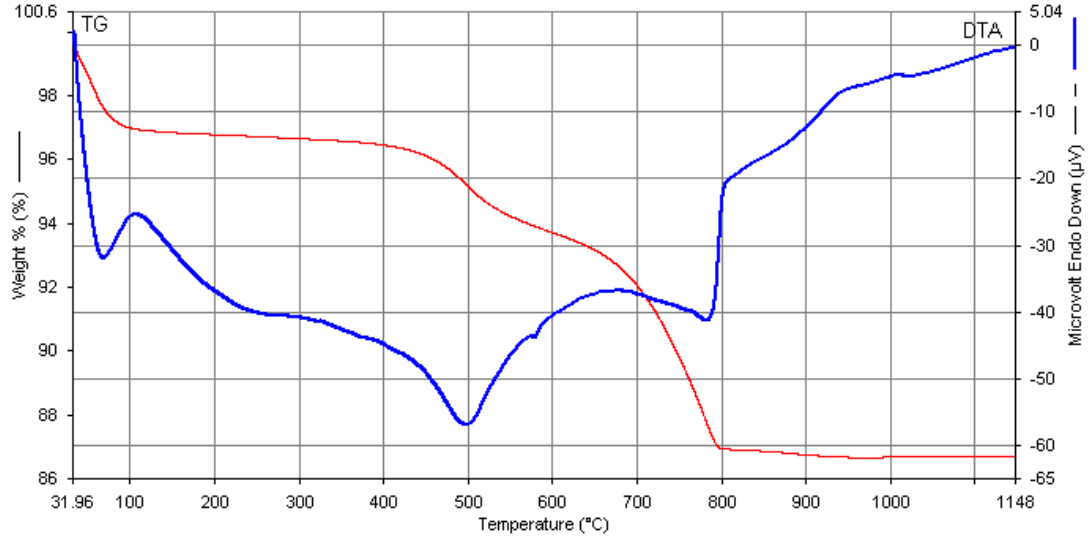


Şekil 7.1 Standart granül masse TG-DTA termogramları.

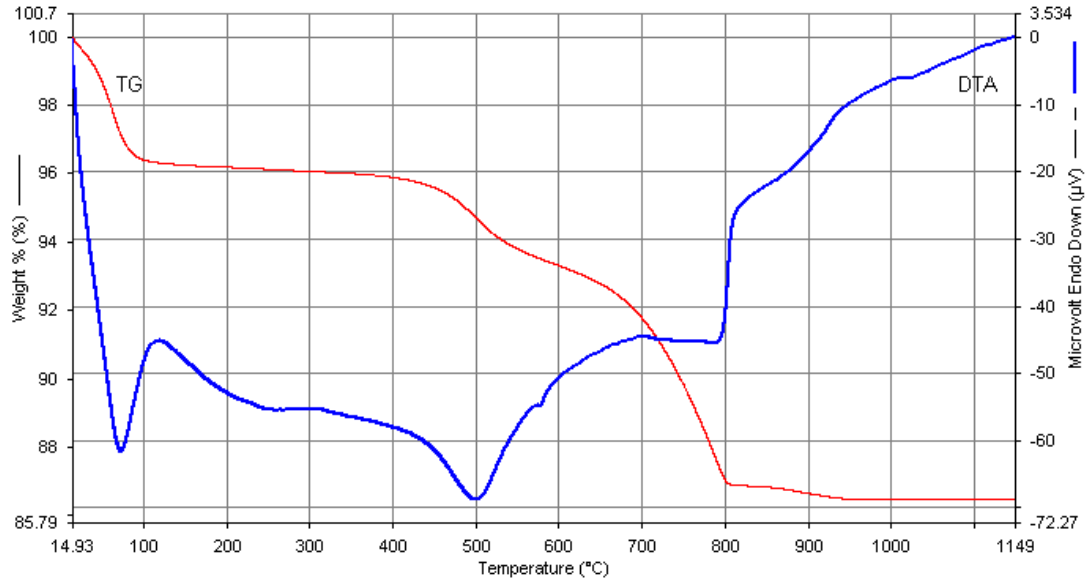
DTA eğrisinde yaklaşık 70°C’de endotermik pik vardır (Şekil 7.1). Bu endotermik pik, fiziksel olarak adsorplanmış suyun yani higroskopik suyun uzaklaştığını gösterir. Bu pik TGA eğrisinde %3,75’lik kütle kaybıyla desteklemektedir. DTA eğrisindeki 70-300°C arasındaki endotermik pik hidroksitlerin kristalizasyon suyunun uzaklaştığını yani hidroksitlerin ayrışmasını gösterir ve TGA eğrisinde yaklaşık %0,7’lik kütle kaybı ortaya çıkarır. 500-600°C arasında iki endotermik pik açığa çıkmış. Yaklaşık 507°C’deki endotermik pik metakaolinitin oluşumuna yol açan silikat latisin suyunun uzaklaşmasını ve TGA eğrisinde %2,3’lük kütle kaybını gösterir. Yaklaşık 580°C’deki endotermik pik kuvarsin allotropik dönüşümü yani alfa kuvarstan beta kuvarsa dönüşüm pikidir. Bu dönüşümde küçük hacim değişikliği olur. 800°C civarındaki endotermik pik, TGA eğrisinde yaklaşık %7 kütle kaybına denk geliyor. Bu pik karbondioksit kaybını göstermektedir. 800°C üstündeki endotermik pikler sinterleme ve yumuşamanın başlangıcını gösterir. Bu küçük pikler latisin ayrışmasına bağlıdır ve büyük olasılıkla yeni kristalin fazların oluşumu

ile ilişkilidir. Metakaolinit ve kalsiyum oksitin reaksiyonundan anortit ve gehlenit gibi kristalin fazların oluşumu olarak açıklanır.

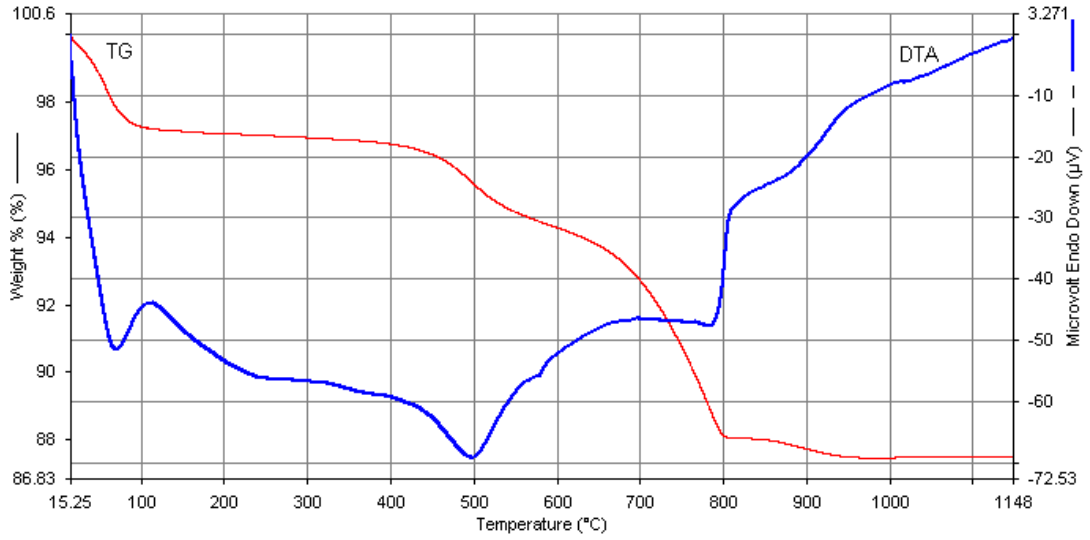
Şekil 7.2, Şekil 7.3, Şekil 7.4'de sırasıyla %5, %10, %15 talk ilaveli duvar karoşu bünyelerinin TG-DTA termogramları görülmektedir.



Şekil 7.2 Talk ilaveli (%5) bünyenin TG-DTA termogramları.



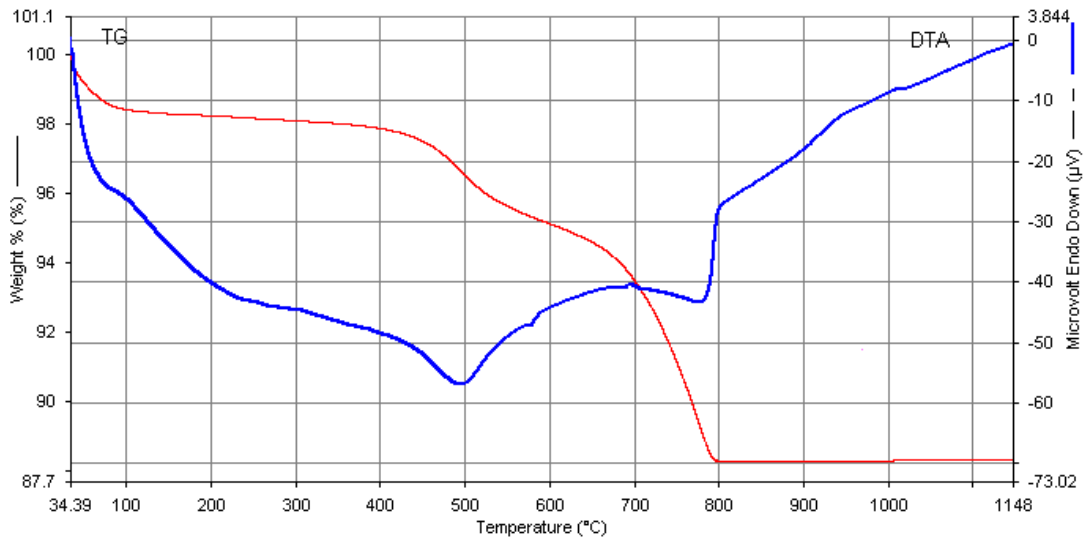
Şekil 7.3 Talk ilaveli (%10) bünyenin TG-DTA termogramları.



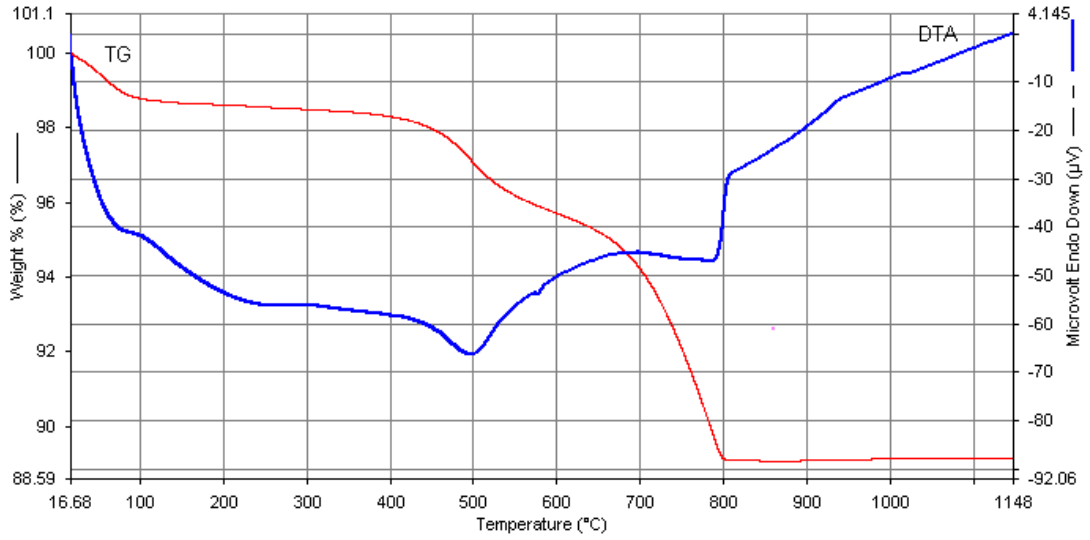
Şekil 7.4 Talk ilaveli (%15) bünyenin TG-DTA termogramları.

Standart bünye ile kıyasladığımızda, artan oranlarda talk ilaveleriyle elde ettiğimiz bünyelerde 800°C'ye kadar TG-DTA termogramlarında standart bünyedeki reaksiyonlardan farklı bir reaksiyon gözlenmemiştir (Şekil 7.2,7.3,7.4). 800-900°C civarındaki DTA eğrisi, talkın suyunu kaybederek protoenstatit ( $MgOSiO_2$ ) oluşumunu gösteren pikdir. Yapıdaki talk oranı ile birlikte pikin şiddetinin artması, TG eğrisinde kütle kaybının artması ile desteklenmektedir.

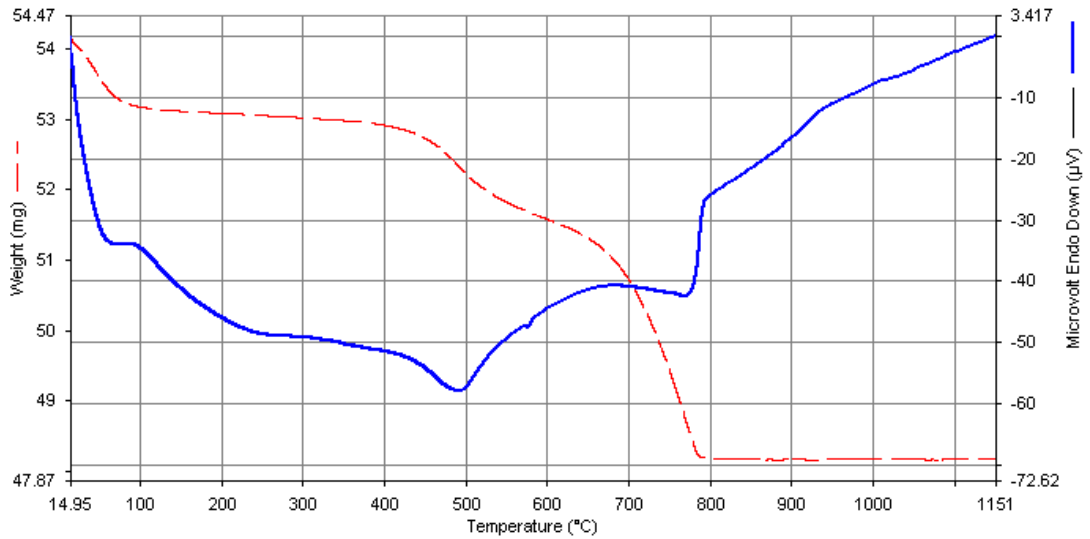
Şekil 7.5, Şekil 7.6, Şekil 7.7'de sırasıyla %5, %10, %15 wollastonit ilaveli duvar kerosu bünyelerinin TG-DTA termogramları görülmektedir.



Şekil 7.5 Wollastonit ilaveli (%5) bünyenin TG-DTA termogramları.



Şekil 7. 6 Wollastonit ilaveli (%10) bünyenin TG-DTA termogramları.



Şekil 7.7 Wollastonit ilaveli (%15) bünyenin TG-DTA termogramları.

Reaksiyonlar standart bünyeyle aynı gerçekleşmiştir (Şekil 7.5,7.6,7.7). Wollastonitin kızdırma kaybının standart bünyeye göre az olması nedeniyle toplam kütle kaybında standart bünyeye kıyasla azalma görülmüştür.

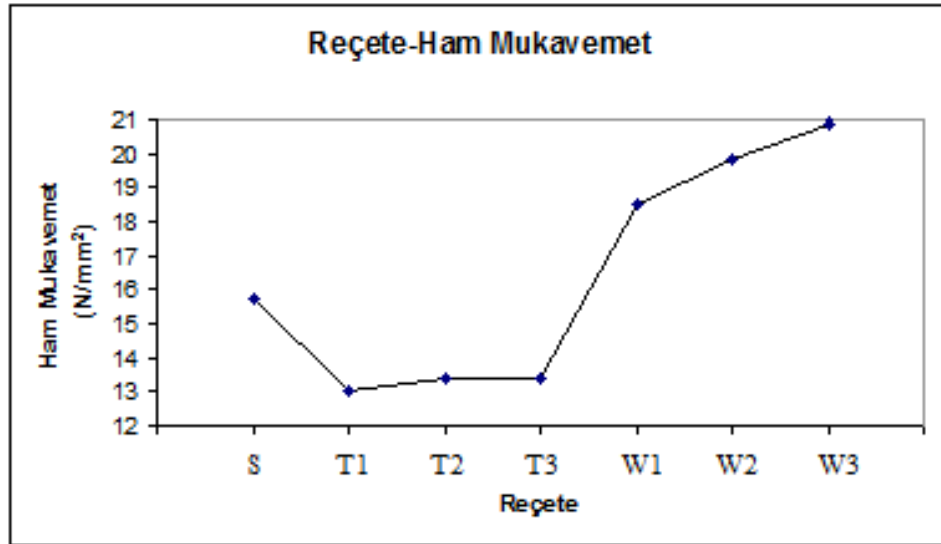
## 7.2 Ham Mukavemet ve Pişme Mukavemeti, Yoğunluk, Pişme Küçülmesi ve Su Emme Sonuçları

Çizelge 7.1’de standart duvar karosu bünyesinin, talk ve wollastonitle hazırlanmış altı farklı reçetenin ham mukavemet, pişme mukavemeti, pişme küçülmesi, yoğunluk ve su emme değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 7.1** Standart duvar karosu bünyesi, talk ve wollastonitle hazırlanmış duvar karosu bünyelerine ait su emme sonuçları.

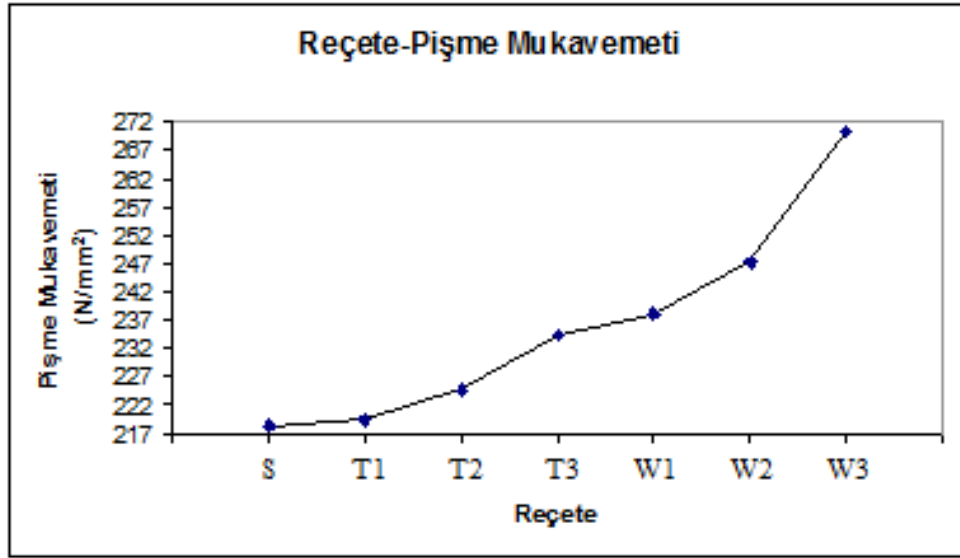
	<i>Standart</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>W1</i>	<i>W2</i>	<i>W3</i>
<b>Ham Mukavemet (N/mm<sup>2</sup>)</b>	15,753	12,986	13,364	13,359	18,545	19,871	20,901
<b>Pişme Mukavemeti (N/mm<sup>2</sup>)</b>	218,239	219,477	224,592	234,421	238,170	247,193	270,181
<b>He Piknometre Yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2,720	2,747	2,729	2,775	2,701	2,689	2,641
<b>Su Emme (%)</b>	13,440	12,169	12,848	11,259	13,948	14,986	14,703
<b>Pişme Küçülmesi (%)</b>	0,273	0,321	0,557	0,612	0,250	0,191	0,163

Şekil 7.8, 7.9, 7.10, 7.11, 7.12’de sırasıyla ham mukavemet, pişme mukavemeti, yoğunluk, su emme ve pişme küçülmesi değerleri gösterilmektedir.



**Şekil 7.8** Bünyelerle ilgili reçete-ham mukavemet ilişkisi.

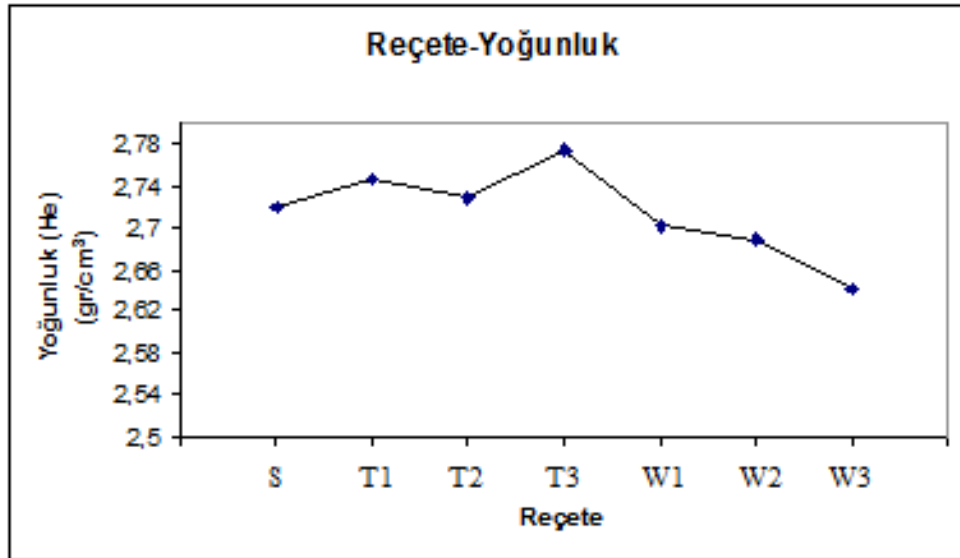




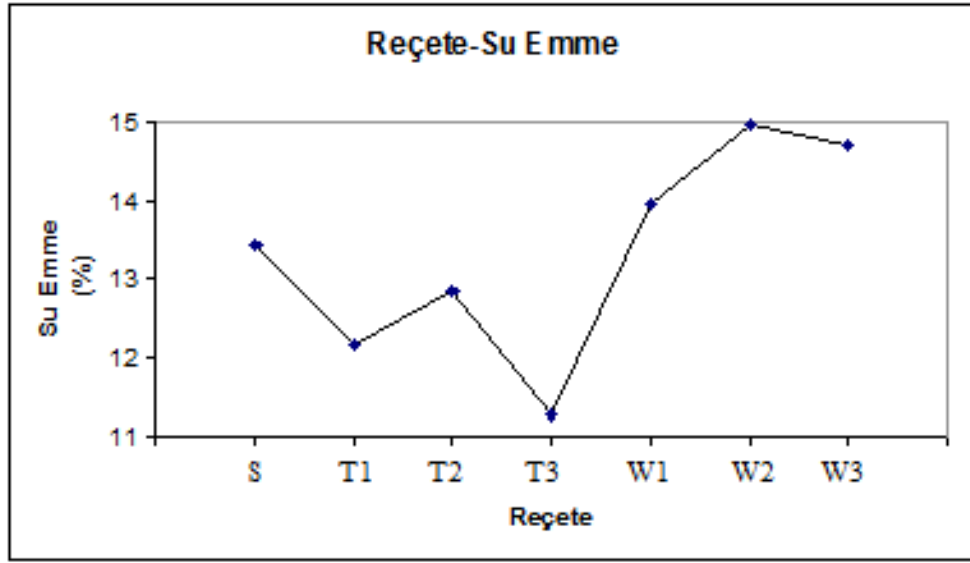
Şekil 7.9 Bünyelerle ilgili reçete-pişme mukavemeti ilişkisi.

Bünyede talk ilavesinin artmasının, standart bünye ile kıyasladığımızda ham mukavemet değerlerini yaklaşık %15 azalttığı ancak pişme mukavemetini %7 arttırdığı görülmüştür.

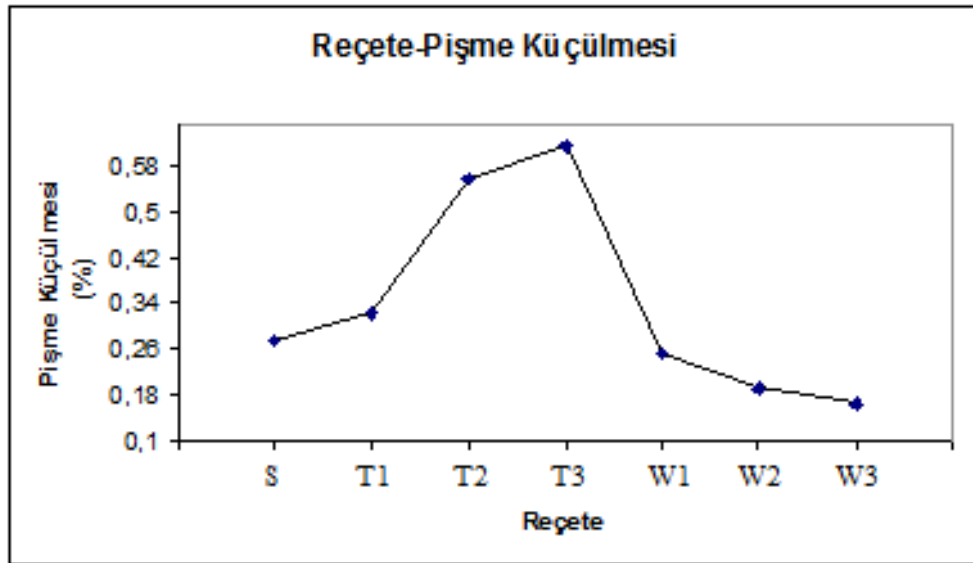
Bünyede wollastonit ilavesinin artmasının, standart bünye ile kıyasladığımızda ham mukavemet ve pişme mukavemeti değerlerini sırasıyla yaklaşık %33 ve %24 arttırdığı görülmüştür.



Şekil 7.10 Bünyelerle ilgili reçete-yoğunluk ilişkisi.



Şekil 7.11 Bünyelerle ilgili reçete-su emme ilişkisi.



Şekil 7.12 Bünyelerle ilgili reçete-pişme küçülmesi ilişkisi.

Talk ilavesinin bünyede artması ile standart bünye ile kıyasladığımızda yoğunluk ve pişme küçülmesi değerleri artmış, su emme değerleri azalmıştır (Şekil 7.10, 7.11, 7.12).

Wollastonit ilavesinin bünyede artması ile standart bünye ile kıyasladığımızda yoğunluk ve pişme küçülmesi değerleri azalmış, su emme değerleri artmıştır (Şekil 7.10, 7.11, 7.12).

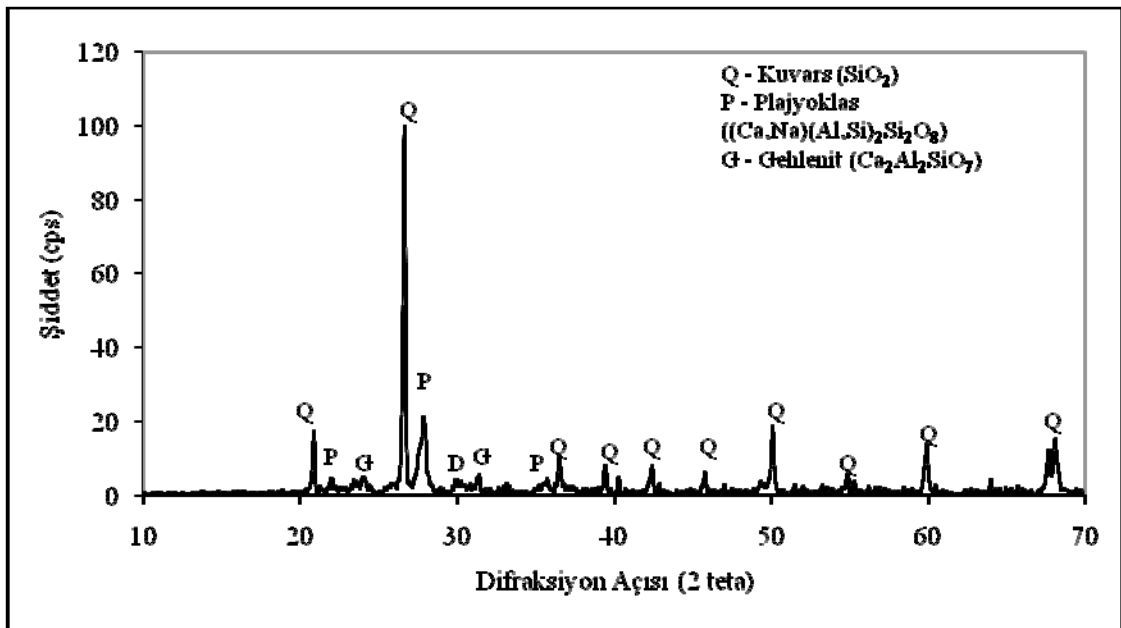
Talk ilavesi ile ham mukavemet değerlerinin standart bünye ile kıyasladığımızda talkın hidrofobiklik özelliği olduğu yani suyun bünye ile arasındaki temas açısını arttırarak ıslatmasını engellemiş olduğu düşünülmektedir. Talk ilavesinin bünyede artması ile Mg iyonları da bünyede artmış ve ergitici özellik göstererek olgunlaşma sıcaklığını düşürmüş, porozite azalmış ve mukavemet artmıştır. Porozitenin azalması ile yoğunluk değerlerinin de arttığı ve dolayısıyla su emme değerlerinin azaldığı görülmüştür [41].

Wollastonit miktarının artması ile birlikte, mukavemet değerlerinde artış gözlenmiştir. Su emme değerleri bünyede artan wollastonit ilavesi ile artmış ve TS-EN 14411 sınırları içinde kalmıştır. Pişme küçülmesinin azalması, yapıdaki artan kuvarsın bir etkisi olarak düşünülmektedir. Su emme değerlerinin artması, standart bünye ile kıyasladığımızda daha gözenekli bir bünye elde ettiğimizi göstermiştir. Gözenekli yapı neticesinde yoğunluk değerlerinin azaldığı görülmüştür.

### 7.3 X-Işını Difraksiyon Analizi (XRD) Sonuçları

#### 7.3.1 Standart duvar karosu bünyesinin mineralojik analizi

Altın Çini ve Seramik Sanayi A.Ş.'den temin edilmiş duvar karosu granül massesi kullanılarak hazırlanmış bünyenin pişirilmesinden sonra oluşmuş fazlar Şekil 7.13'de görülmektedir.

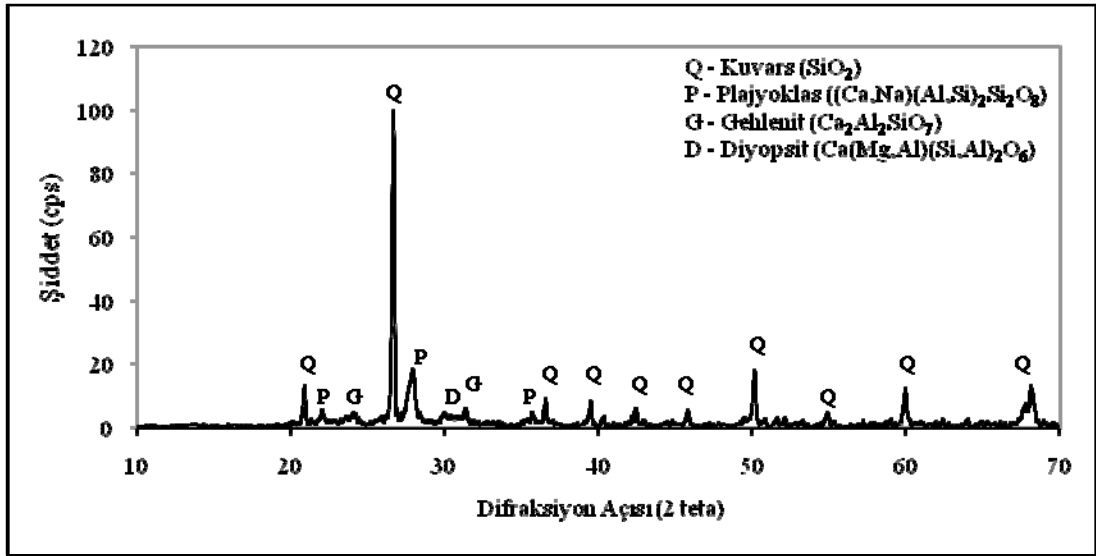


Şekil 7.13 Standart Reçeteye ait XRD paterni.

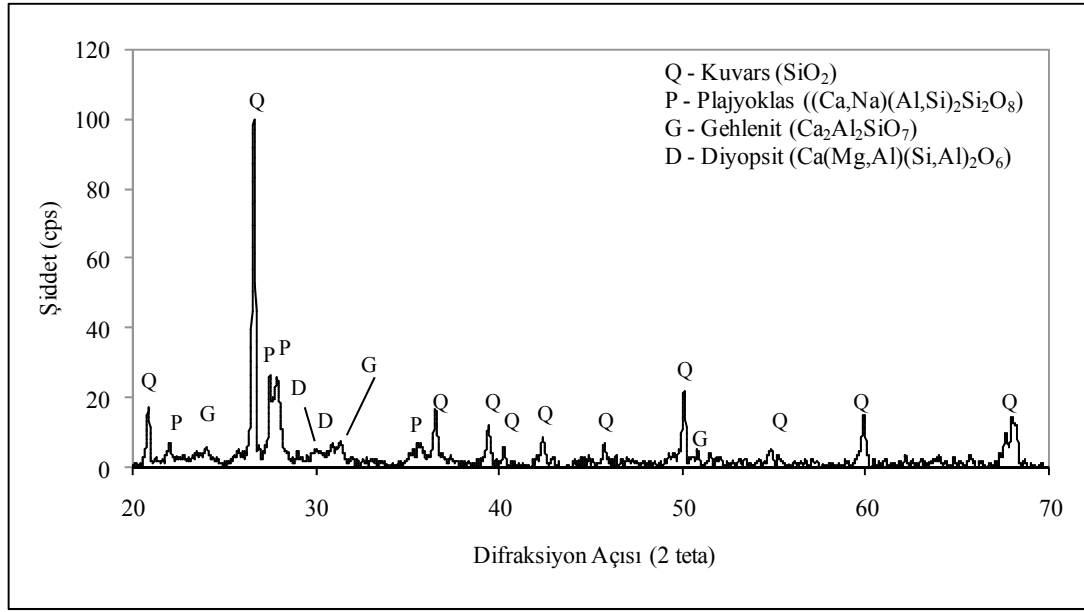
Şekil 7.13 incelendiğinde, standart duvar karosu bünyesinin ana olarak kuvars ve plajyoklas fazlarını içerdiği görülmektedir. Plajyoklas terimi bünyede albit ve anortit fazlarının birlikte bulunduğu durumlarda kullanılır. Ancak yapıda albite nazaran anortit miktarının fazla olması nedeniyle pik, baskın olan anortit fazında belirlemektedir. Bunların yanında az miktarda gehlenit ve diyopsit fazları gözlenmiştir.

### 7.3.2 Talk ilaveli pişirilmiş bünyelerin mineralojik analizleri

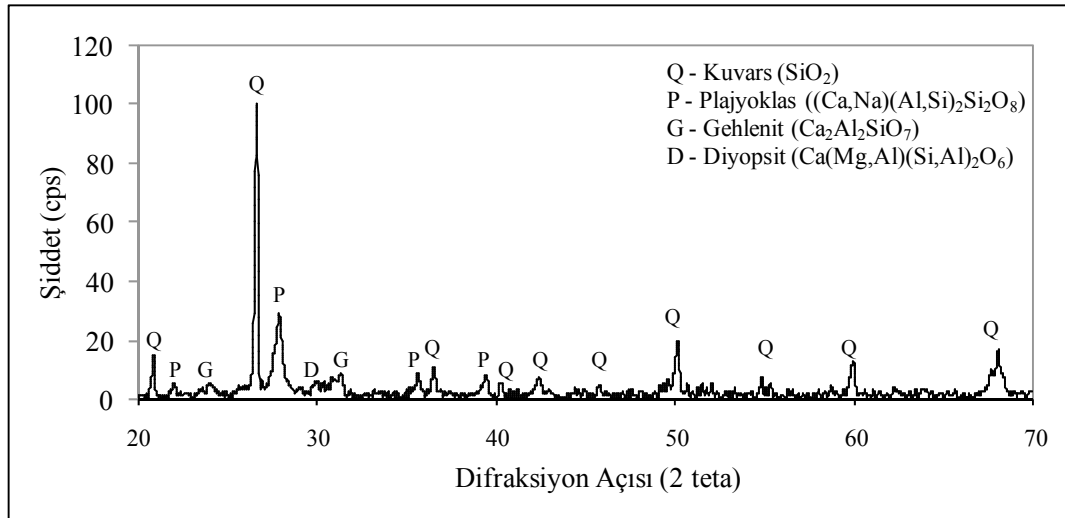
Talk ilavesi ile hazırlanmış bünyelere ait XRD paternleri Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16'da görülmektedir.



Şekil 7.14 T1 reçetesine ait XRD paterni.



Şekil 7.15 T2 reçetesine ait XRD paterni.

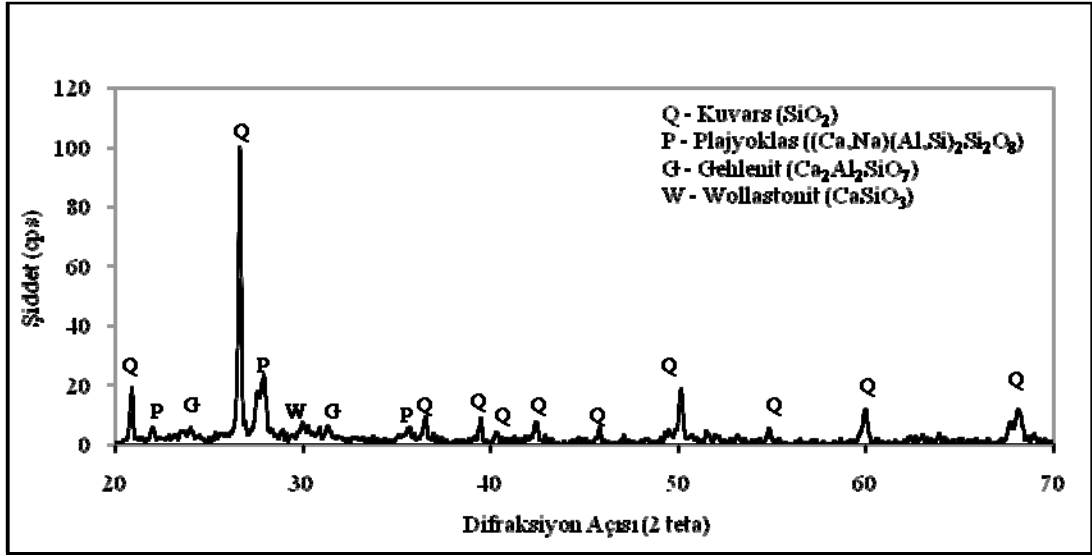


Şekil 7.16 T3 reçetesine ait XRD paterni.

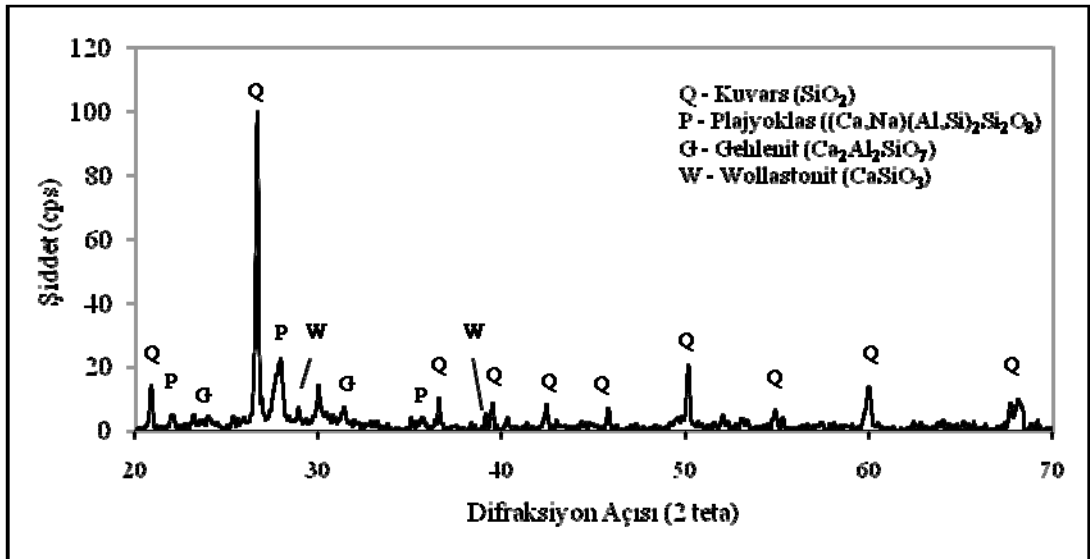
Reçeteye artan oranda talk ilavesi ile birlikte magnezyum miktarındaki artış diyopsit oluşumu ile kendini göstermektedir. Yapıya  $\text{SiO}_2$  ve bir miktar  $\text{CaO}$  ve  $\text{Na}_2\text{O}$  girmesi sonucu anortit ve gehlenit fazlarında da artış gözlenmektedir.

### 7.3.3 Wollastonit ilaveli pişirilmiş bünyelerin mineralojik analizleri

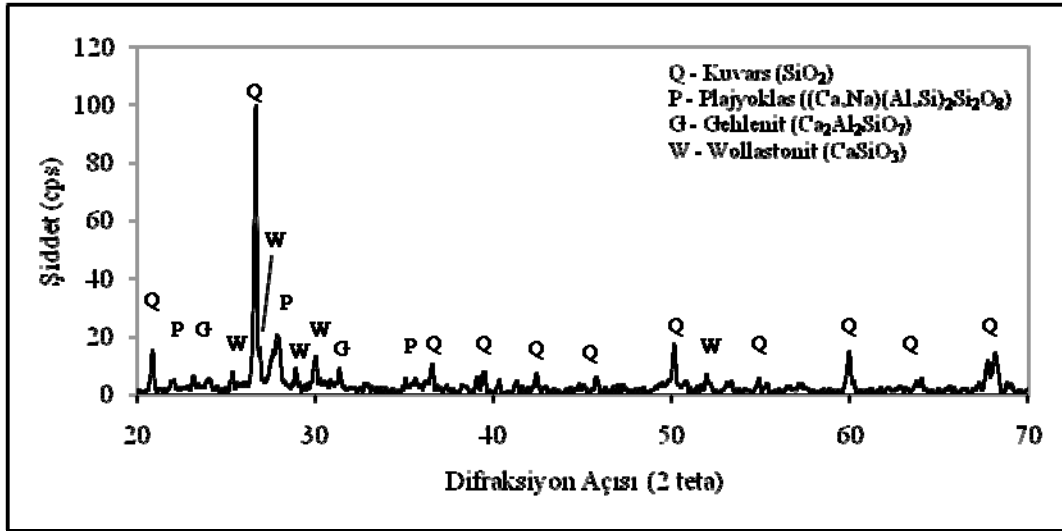
Wollastonit ilavesi ile hazırlanmış bünyelere ait XRD paternleri şekil 7.17, şekil 7.18 ve şekil 7.19'da görülmektedir.



Şekil 7.17 W1 reçetesine ait XRD paterni.



Şekil 7.18 W2 reçetesine ait XRD paterni.



Şekil 7.19 W3 reçetesine ait XRD paterni.

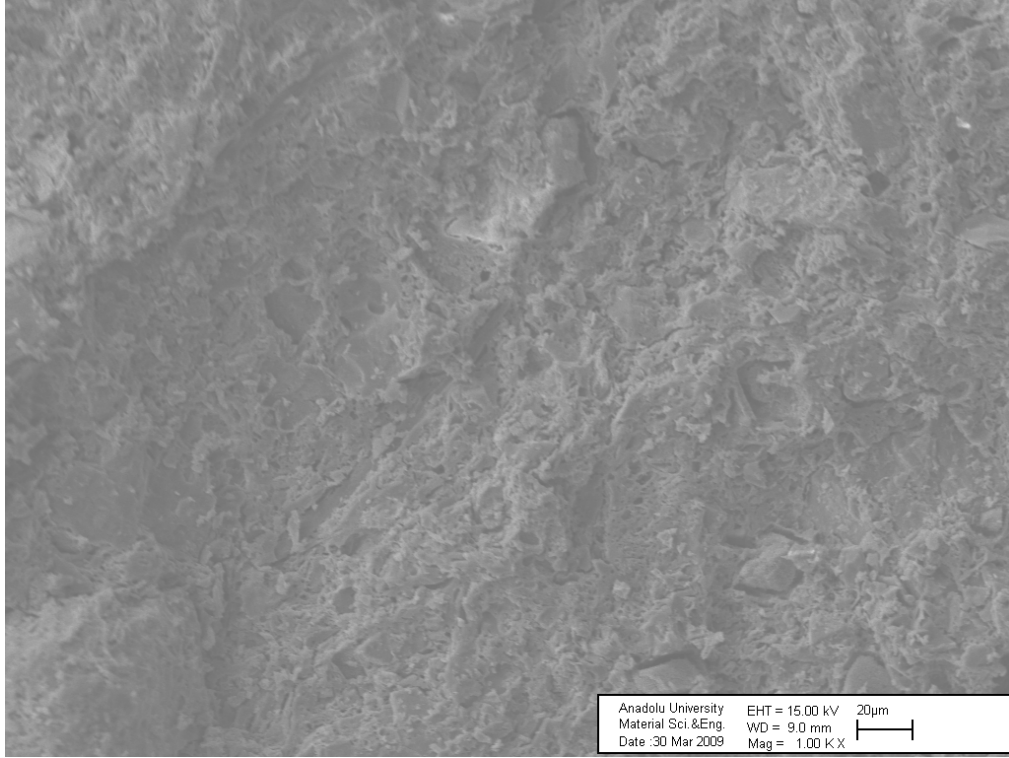
Wollastonitin bünyedeki artan ilavesi ile anortit, gehlenit ve wollastonit fazlarında artış olduğu gözlenmiştir.

#### 7.4 Mikroyapı Değişimlerinin İncelenmesi

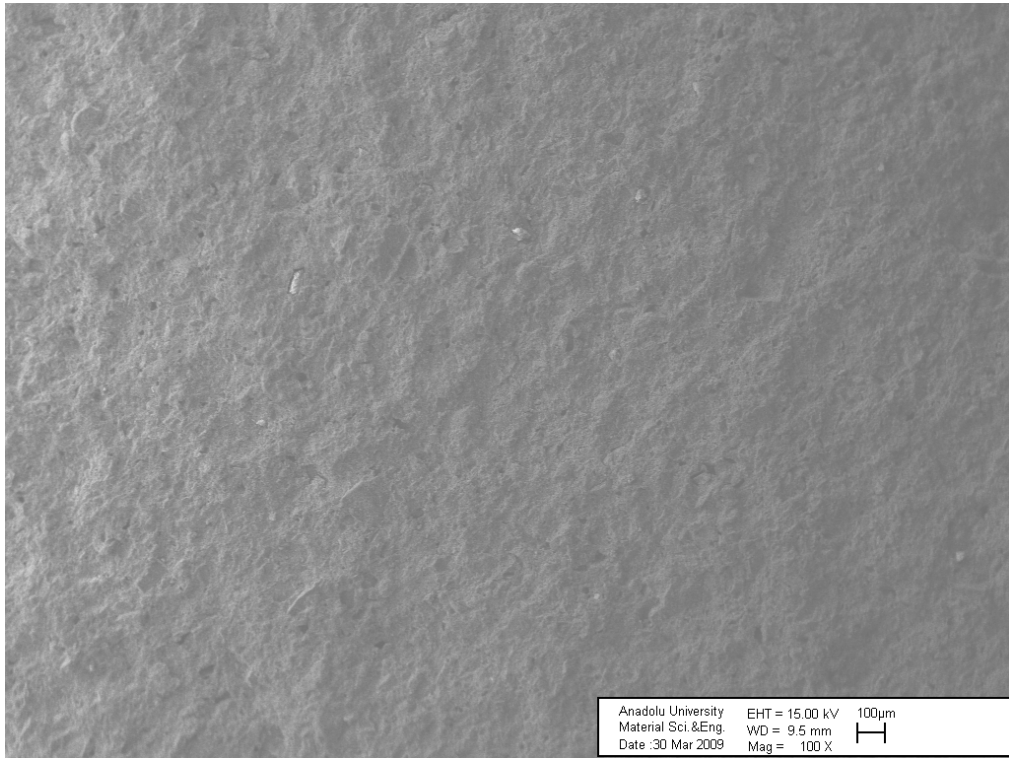
Standart duvar kerosu bünyesi ve %5, %10, %15 talk ve wollastonit ilaveli bünyelerin pişirilmesi sonucunda mikroyapılarında meydana gelen değişimleri gözlemek için, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji saçınımlı X-ışını (EDX) spektrometresi çekimleri yapılmıştır.

##### 7.4.1 Standart duvar kerosu bünyesi SEM sonuçları

Standart duvar kerosu bünyesinin sinterlenmesi sonucunda elde edilen ürünün 1000X ve 100X büyütme SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 7.20 ve Şekil 7.21'de görülmektedir.

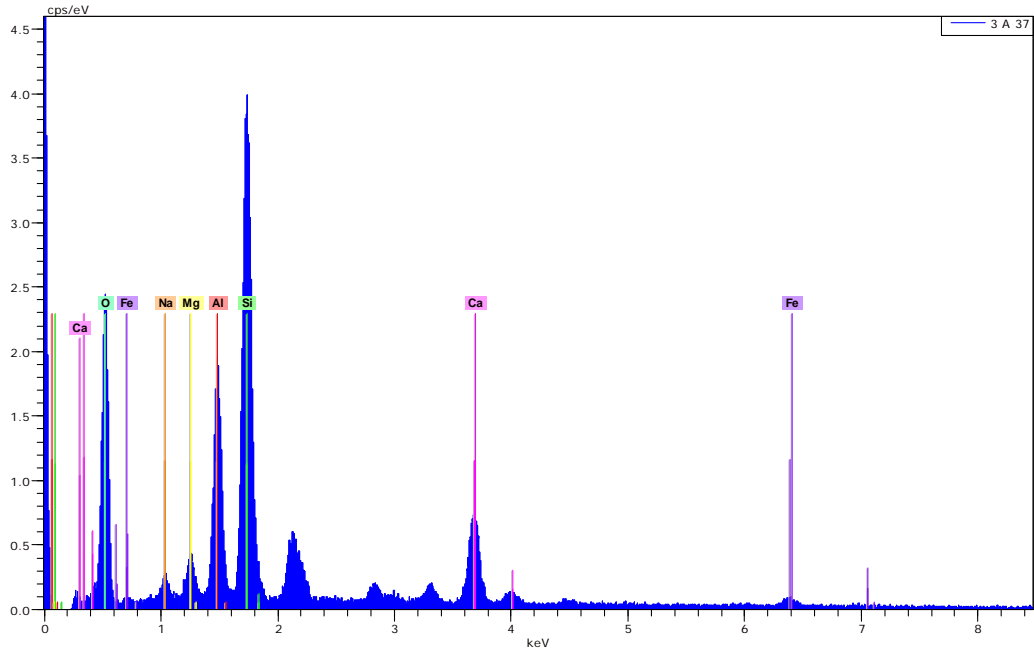


**Şekil 7.20** Standart duvar korusu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü.



**Şekil 7.21** Standart duvar korusu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü.





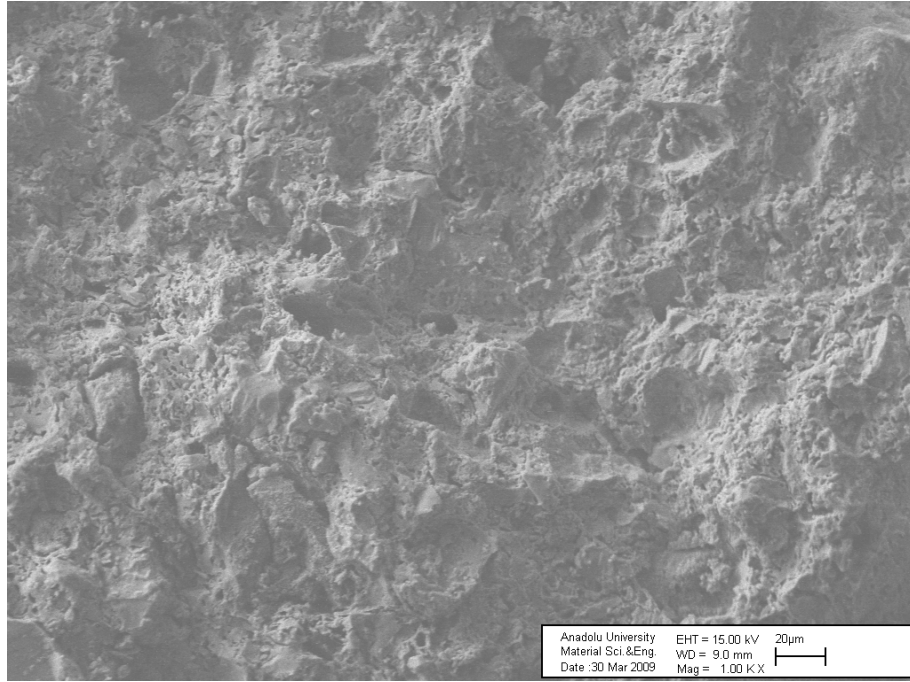
**Şekil 7.22** Standart duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.

**Çizelge 7.2** Standart duvar karosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu.

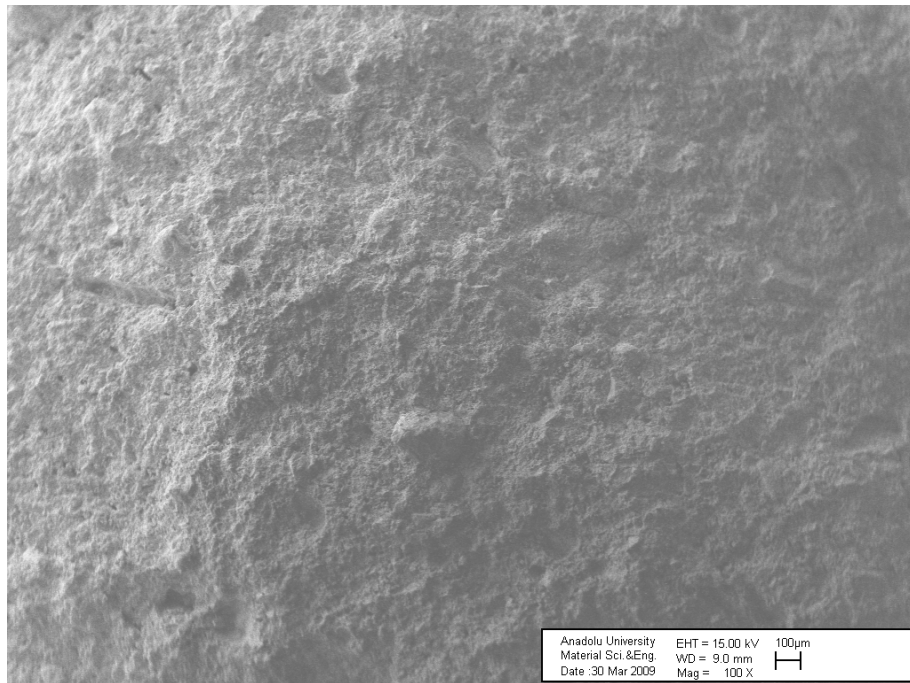
Element	Miktar (%Ağırlık)
Si	18,84
Al	7,30
Ca	7,26
Mg	1,26
Na	0,80
Fe	2,22
O	62,32

Standart duvar karosu bünyesinin EDX analizine göre yapılan kimyasal analiz sonucu Ca, Si, Al, Mg, Na, Fe ve oksijen elementlerini içerdiğini göstermektedir. Kimyasal analiz sonucunda Si, Ca, Al ve O elementlerinin miktarlarının diğer elementlerin miktarına göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuç, XRD analizinden elde ettiğimiz kuvars ( $\text{SiO}_2$ ), plajyoklas ( $(\text{Ca,Na})(\text{Al,Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) ve gehlenit ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ) fazlarını, az miktardaki Mg elementi, XRD analizinde gözlediğimiz diyopsit ( $\text{Ca}(\text{Mg,Al})(\text{Si,Al})_2\text{O}_6$ ) fazını desteklemektedir.

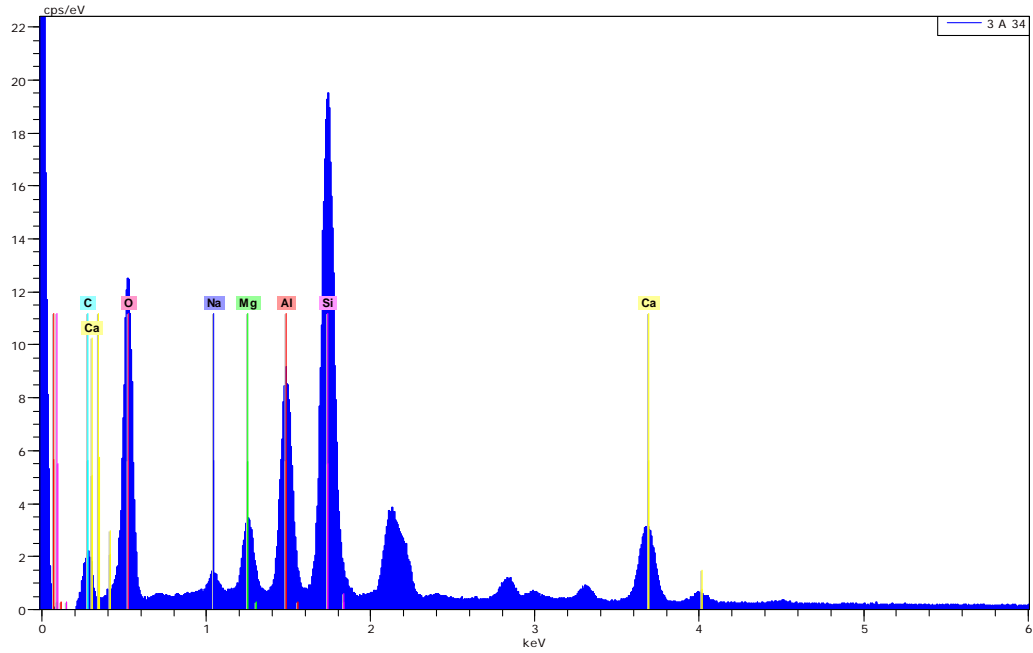
#### 7.4.2 %15 Talk ilaveli duvar kerosu bünyesinin SEM sonuçları



Şekil 7.23 %15 talk ilaveli duvar kerosu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü.



Şekil 7.24 %15 talk ilaveli duvar kerosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü.



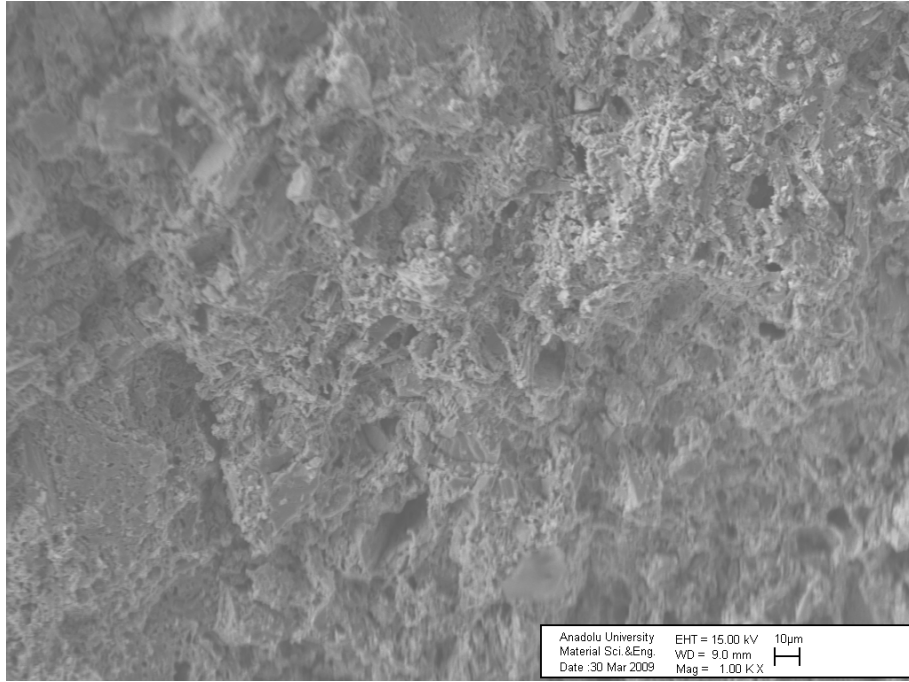
**Şekil 7.25** %15 talk ilaveli duvar kerosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.

**Çizelge 7.3** %15 talk katkılı duvar kerosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu.

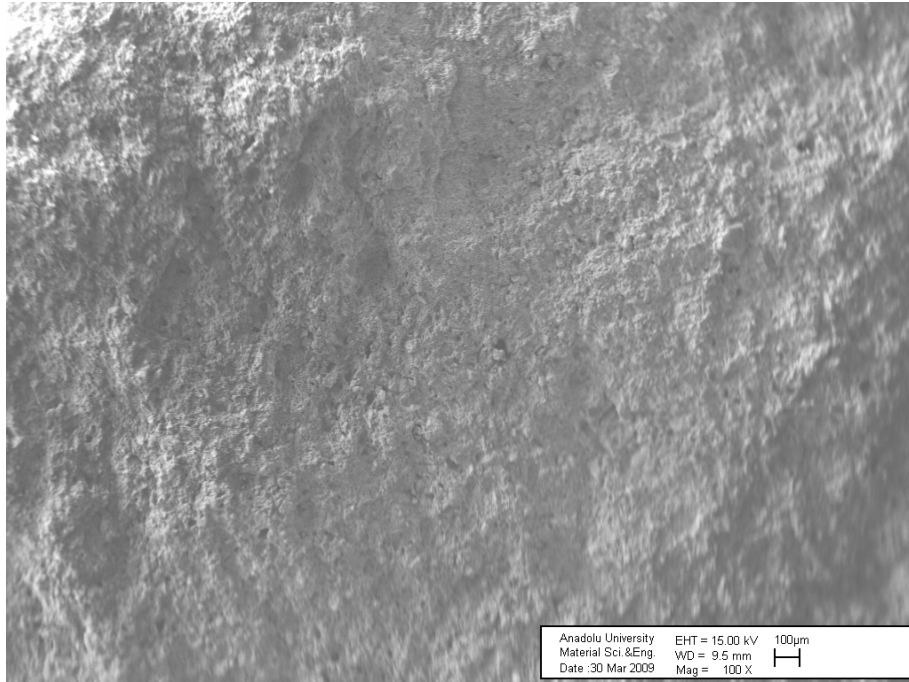
Element	Miktar (%Ağırlık)
Si	20,78
Al	2,82
Ca	2,26
Mg	3,49
Na	1,05
Fe	2,66
O	66,93

%15 talk ilaveli duvar kerosu bünyesinin EDX analizine göre yapılan kimyasal analiz sonucu Ca, Si, Al, Mg, Na, Fe ve oksijen elementlerini içerdiğini göstermektedir. Standart bünyenin EDX analizi ile kıyasladığımızda, Si ve Mg miktarının artması, talk ( $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ilavesinin yapıdaki artışını ve XRD analizinde standart bünyeye göre artışı gözlenen diyopsit ( $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6$ ) fazını desteklediği görülmektedir.

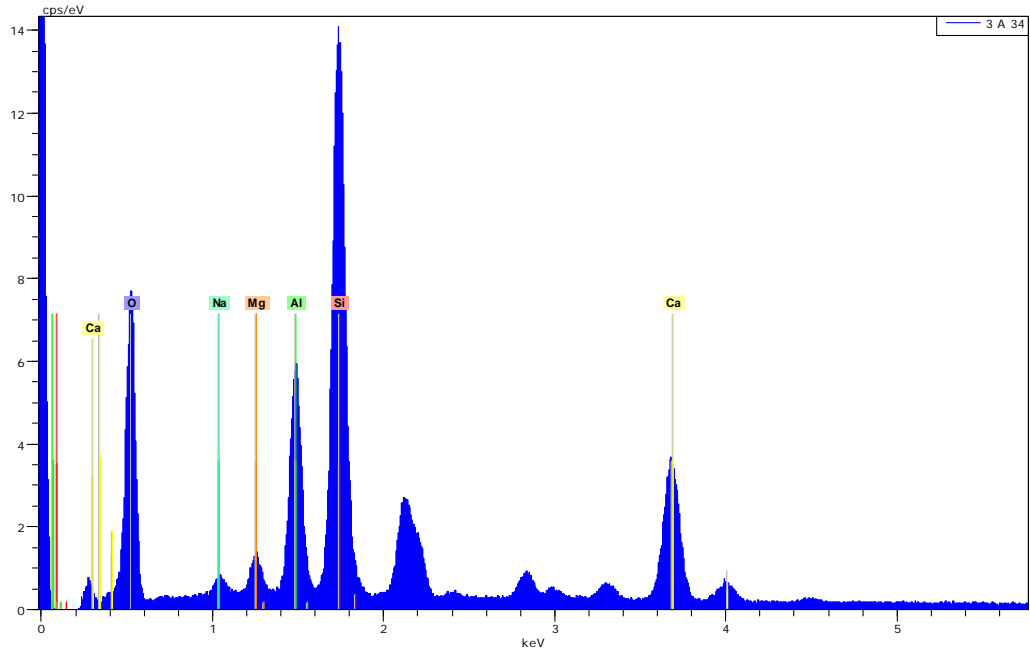
#### 7.4.3 %15 Wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin SEM sonuçları



Şekil 7.26 %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 1000X büyütmedeki SEM görüntüsü.



Şekil 7.27 %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsü.



**Şekil 7.28** %15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin 100X büyütmedeki SEM görüntüsüne bağlı çekilmiş EDX analizi.

**Çizelge 7.4** %15 wollastonit katkılı duvar karosu bünyesinde incelenen bölgenin kimyasal analiz sonucu.

Element	Miktar (%Ağırlık)
Si	22,84
Al	2,79
Ca	9,14
Mg	1,17
Na	1,10
Fe	1,04
O	60,92

%15 wollastonit ilaveli duvar karosu bünyesinin EDX analizine göre yapılan kimyasal analiz sonucu Ca, Si, Al, Mg, Na, Fe ve oksijen elementlerini içerdiğini göstermektedir. Standart bünyeye kıyasla yapıda artan Si, Ca ve Na elementlerinin etkisi olarak XRD analizinde gözlediğimiz plajyoklas  $((Ca,Na)(Al,Si)_2Si_2O_8)$  fazındaki artışı, ayrıca kalsiyum elementindeki artış XRD analizinde gözlenen wollastonit  $(CaSiO_3)$  fazını desteklemektedir.

## 8. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 8.1 Sonuçlar

Bu çalışmada talk ve wollastonitin duvar karosu bünyesi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmış ve Altın Seramik A.Ş. duvar karosu massesi standart bünye olarak baz alınmıştır.

Talk ilavesi ile yapıda diyopsit fazı oluşturmak ve dolayısıyla yapının fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Su lekelenmesi problemi sırlı karo yüzeyinin estetik özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Diyopsit fazı, bünyede bulunan açık porlardan kaynaklanan sırlı karo yüzeyinde oluşabilecek su lekelenmesi problemini önlemektedir. Talk içeren reçetelerde artan talk ile birlikte mukavemet, yoğunluk ve pişme küçülmeleri değerlerinde artma ve su emme değerlerinde azalma görülmüştür.

Talk miktarının artması ile birlikte, yapıdaki diyopsit fazının artışı beklenen şekilde mukavemet değerlerini artırmıştır. Standart bünyeye oranla mukavemet değerlerinde %7,4 artış gözlenmiştir. Su emme değerleri artan talk oranı ile azalmıştır ancak TS EN 14411'e uygundur. Pişme küçülmesinin artması daha yoğun malzeme elde etmemizi sağlamıştır.

Wollastonit içeren reçetelerde bünyeye artan oranlarda wollastonit ilavesi ile birlikte mukavemet ve su emme değerlerinde artma, yoğunluk ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma görülmüştür.

Wollastonit miktarının artması ile birlikte, yapıdaki SiO<sub>2</sub> miktarının artması ile, SiO<sub>2</sub>'nin yapıda birleştirici rolü sayesinde beklenen şekilde mukavemet değerlerinde artış gözlenmiştir. Standart bünyeye nazaran mukavemet değerlerinde %23,8 artış gözlenmiştir. Su emme değerleri artan oranla birlikte artmış ve TS-EN 14411 sınırları içinde kalmıştır. Pişme küçülmesinin azalması, yapıdaki artan kuvarsın bir etkisi olarak düşünülmektedir. Su emme değerlerinin artması doğrultusunda yoğunluk değerlerinin azaldığı görülmüştür.

### 8.2 Öneriler

Yapılan çalışmalarda talk ve wollastonit, duvar karosu massesine ilave edilerek sadece fiziksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın devamı olarak, gerekli olan bütün analizler yapıldıktan sonra, TS EN 14411'e uygun görülen bünyelerin işletme sırasıyla uyumu incelenebilir.

Duvar karosu massesine artı olarak katılan talk ve wollastonitin maliyet açısından getirdiği dezavantajlar, proses esnasında ve bünyeye kazandırdıkları avantaj ve

dezavantajların analizleri yapılarak, en iyi sonuç veren bünyelerin işletme şartlarında üretimi düşünülebilir.

Talk ve wollastonitin, bünyedeki başka hammaddelerin yerine kullanım olanakları araştırılabilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] [http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=maden\\_rezervleri&m=5](http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=maden_rezervleri&m=5)
- [2] <http://www.bayar.edu.tr/~somamyo/files/Microsoft%20Word%20-%204sayi2.pdf>
- [3] <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik477c1.pdf>
- [4] [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/66b6dfb6b0819cc\\_ek.pdf?dergi=JEOLOJ%C4%B0%20M%C3%9CHEND%C4%B0SL%C4%B0%20C4%9E%C4%B0%20DERG%C4%B0S%C4%B0](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/66b6dfb6b0819cc_ek.pdf?dergi=JEOLOJ%C4%B0%20M%C3%9CHEND%C4%B0SL%C4%B0%20C4%9E%C4%B0%20DERG%C4%B0S%C4%B0)
- [5] Kuşcu, M., 2001, Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, No:10, Isparta, 122s.
- [6] Güner, Y., 1987, Seramik, Altın Kitabevi.
- [7] Işık, İ., 1996, Kil ve Kil Minerali Tanımı, AIPEA ve CMS Terminoloji Komitelerinin Ortak Raporu, Seramik Dünyası Dergisi, Temmuz-Ağustos, 15s (çeviri).
- [8] Grim, E.R., 1975, Clays and Ceramic Raw Materials, App. Science, London.
- [9] Doğan, Ş., 1985, Seramik Teknolojisi, İstanbul, 24-25s.
- [10] Tamışan, H.H., Mete, Z., 1988, Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, 7-22s.
- [11] Çelik, N., 1978, Rheological and Casting Behaviour of China Clay Suspensions, Thesis Presental for the degree of master of Technical Science,
- [12] Murray, H.H., 1996, Common Clay, Industrial Minerals and Rocks, 6. Edition (Senior Editor Carr, D.D.), SMME, USA, 247-248p.
- [13] [http://ethomas.web.wesleyan.edu/ees123/Clays\\_files/image013.jpg](http://ethomas.web.wesleyan.edu/ees123/Clays_files/image013.jpg)
- [14] [http://www.rawell.co.uk/media/Technical\\_Picture5.jpg](http://www.rawell.co.uk/media/Technical_Picture5.jpg)
- [15] <http://www.seafriends.org.nz/enviro/soil/claylay.gif>
- [16] Yeşilova, N., Kil Süspansiyonlarına Farklı Elektrolitlerin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü., Fen Fakültesi.
- [17] Arcasoy, A., 1983, Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No:2, 13-91s.
- [18] Sarıöz, K., Nuhoglu, İ., 1992, Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, 230-351s.
- [19] Knopf, A.A., 1985, The Auduban Society Field Guide to North American Rocks and Minerals, Chanticleer Pres, New-York, 501-506p.
- [20] Aktürk, A., Ergül, H., 1978, Endüstriyel Hammaddeler Jeolojisi, Jeoloji Etütleri Dairesi Kitaplığı, No:91, Diyarbakır, 25-50s.
- [21] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kuvars>
- [22] Gök, S., 1983, Kil Mineralleri ve Killerin Jeolojisi ve Uygulamaları, 1-48s.
- [23] Baker, R. W., 2004, Membrane Technology and Applications.



### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [24] A.M., Venezia., V. La Parola., A.Longo., A.Martorana., 2001, “Effect of Alkali Ions the Amorphous to Crystallina Phase Transition of Silica”, Journal of Solid State Chemistry 161, 373-378 p.
- [25] S.J.Lee. and C.H.Lee., 2000, “Critical Size Effect for Chemically Doped  $\beta$ -Cristobalite Transformation”, Materials Letter 45, 175-179 p.
- [26] [http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire\\_baskanliklari/mineral/index.php?id=dolamit](http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_baskanliklari/mineral/index.php?id=dolamit)
- [27] Sümer, G., 1998, Seramik Sanayi El Kitabı (eski), Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 429s.
- [28] Uz, V., 1999, Sivrihisar Yenidoğan (Eskişehir) Sepiyolitleri Kullanarak İnce Karo İmalat Olanaklarının Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 109s.
- [29] <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik491c1.pdf>
- [30] Akbaş, M., 2002, Ezcacıbaşı Duvar Karo Bünyesinin İyileştirilmesi ve Uygun Sır Çalışmaları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Kütahya, 128s.
- [31] Uz, B., 2000, Mineraller, İstanbul.
- [32] Tanışan, H.H., Mete, Z., 1988, Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, Söğüt, 7-22s.
- [33] Tanışan, H., 1995, Yer ve Duvar Karosu Üretiminde Yeni Alkali Kaynakları, Türk Seramik Derneği Seramik Sırları Semineri Bildirileri Kitapçığı, No:7, İstanbul, 35-41s.
- [34] Kartal, A., 1998, Sır ve Sırlama Tekniği, Ankara, 1-34s.
- [35] Tomsuk, F., 2001, Yer Karosu Üretiminde Alternatif Ergitici Olarak Pomzanın Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Bölümü, 21-32s.
- [36] Karabay, D., 2006, Değişik Oranlarda Pomza, Talk ve Serpantin İlavelerinin Fayans Masse Üzerine Etkileri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- [37] <http://www.luzenac.com/mineralogy.htm>
- [38] <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/t0026.htm>
- [39] [http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/67edfdcdfbcc3b2\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/67edfdcdfbcc3b2_ek.pdf)
- [40] <http://www.nycominerals.com/pdfs/AR-PhysProp.pdf>
- [41] [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6TWH-483BTKJ-1&\\_user=10&\\_rdoc=1&\\_fmt=&\\_orig=search&\\_sort=d&view=c&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=5d0784c117f653a9a4077618e74153d4](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TWH-483BTKJ-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=5d0784c117f653a9a4077618e74153d4)