

**YER VE DUVAR KAROSU ÜRETİMİNDE  
ORTAK BÜNYE KULLANIMI**

Mustafa Fahri ÖZER  
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Eylül – 2004

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mustafa Fahri ÖZER'in Yer ve Duvar Karosu Üretiminde Ortak Bünye Kullanımı başlıklı Seramik Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 06.08.2004 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Yrd. Doç. Dr. Alpagut KARA	
Üye	Doç. Dr. Ferhat KARA	
Üye	Doç.Dr. İskender IŞIK	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17.09.2004.. tarih ve 30/12... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü  
Prof. Dr. Altuğ İFTAR  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Müdürü

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YER VE DUVAR KAROSU ÜRETİMİNDE ORTAK BÜNYE KULLANIMI

MUSTAFA FAHRİ ÖZER

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Alpagut KARA

2004, 53 sayfa

Bu çalışmada daha çok yöresel hammaddeler kullanılarak tek bir reçeteli ortak bünye geliştirilmeye ve teknolojik özelliklere bağlı olarak bünyenin pişme davranışı incelenmeye çalışılmıştır. Yöresel hammaddeler kullanılarak pek çok reçete çalışması yapılmıştır. Bu reçetelerden bir tanesi istenen fiziksel özellikleri sağlamış ve ortak bünye reçetesi olarak seçilmiştir.

Dikdörtgen şekilli test numuneleri ortak bünye reçetesi kullanılarak 1170 °C ve 1200 °C 'lerdeki sıcaklıklarda pişirmek üzere hazırlanmışlardır. Ayrıca laboratuvar şartlarında elektrikli fırında 1120 °C ile 1220 °C arasında değişen sıcaklıklarda tabletler pişirilmiştir.

Tabletlerin su emme, mukavemet, pişme küçülmesi, bulk yoğunluk, termal genleşme katsayıları ve renk ölçümleri yapılmıştır. Pişme öncesi ve sonrasında oluşan fazları belirlemek için XRD kullanılmıştır. Mikroyapısal ve mikrokimyasal özellikleri araştırmak için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelemeler yapılmıştır.

Tüm testler ISO EN 10545 standartlarına göre gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar yer karosu için TS EN 176 ve duvar karosu için TS EN 159 standartlarına uygundur.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Yer Karosu, Duvar Karosu, Ortak Bünye, Anortit

## **ABSTRACT**

**Master of Science Thesis**

### **EMPLOYMENT OF A MULTIPURPOSE TILE BODY FOR BOTH WALL AND FLOOR TILE PRODUCTION**

**MUSTAFA FAHRİ ÖZER**

**Anadolu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Ceramic Engineering Program**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Alpagut KARA  
2004, 53 pages**

**This study was achieved in an attempt to develop a multipurpose tile body using a single formulation from mainly the local raw materials and investigate its firing behaviour in relation to the technological properties. By using local raw materials a lot of body recipes were studied. One of them has reached to the general requirements of physical properties and was selected as the multipurpose tile body recipe.**

**Rectangular samples were pressed with the multipurpose tile body recipe and fired at the corresponding peak firing temperatures of 1200°C and 1170°C. Some of the samples were fired at laboratory electrical furnace at the changing peak temperatures from 1120 °C to 1220 °C.**

**The physico-mechanical properties of the fired bodies such as water absorption, linear firing shrinkage, bulk density and linear thermal expansion coefficient were measured. X-ray diffraction (XRD) was used to analyse the phases formed before and after firing. Scanning electron microscopy (SEM) was employed in order to observe the microstructural and microchemical characteristics.**

**All the samples were tested according to the ISO 10545 standards and the results were checked according to the TS EN 159 and TS EN 176 standards.**

**Keywords: Ceramic, Floor Tile, Wall Tile, Multipurpose Tile Body, Anorthite**

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sırasında hibir zaman yardımını ve bilgisini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Alpagut KARA 'ya; tez konusunun oluőmasında önemli bir rol oynayan ve tezin her aőamasında destek olan Sn. Kağan KAYACI 'ya; engin tecrübesi ve zekasıyla bizlere her zaman destek olan Sn. Hayrullah KAŐIKÇI 'ya ve tez çalıőmamda büyük özveri göstererek bana her zaman yardımcı olan sevgili eőim Pınar ÖZER 'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca gerekli denemeleri yapmama imkan tanıyan Termal Seramik ve Yurtbay Seramik 'e teşekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Yer ve Duvar Karosu Üretimi.....	2
1.2. Ortak Bünye .....	7
<b>2. KULLANILAN HAMMADDELER.....</b>	<b>10</b>
2.1. Kil Kaolen Grubu.....	10
2.2. Kuvars .....	12
2.3. Alkali ve Toprak Alkali Hammaddeler.....	13
2.4. Dolomit .....	16
2.5. Mermer .....	17
<b>3. GEREÇ ve YÖNTEMLER.....</b>	<b>19</b>
<b>4. SONUÇLAR .....</b>	<b>25</b>
4.1. Reçete Hazırlama .....	25
4.2 Fiziksel Özellikler .....	27
4.3 Mineralojik Özellikler .....	35
4.4 Mikroyapısal Gelişme .....	43

5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER .....50

6. KAYNAKÇA .....52

## ŞEKİLLER DİZİNİ

1.1. Yer ve duvar karosu üretim akış şeması.....	6
1.2. Ortak bünye üretim akış şeması .....	8
4.1. Duvar karosu % çekme, % su emme ve bulk yoğunluk değerleri.....	34
4.2. Duvar karosu L, a, b değerleri.....	35
4.3. Yer karosu % çekme, % su emme ve bulk yoğunluk değerleri.....	35
4.4. Yer karosu L, a, b değerleri.....	36
4.5. Lineer pişme küçülmesi eğrileri.....	38
4.6. 1200 °C’de pişirilen ortak yer karosu ve 1120 °C’de pişirilen ortak duvar karosu bünyelerinin termal genişleme eğrileri.....	38
4.7. Ham ortak yer ve duvar karosu bünyelerinin karşılaştırılması .....	40
4.8. Ortak duvar karosu 1120 °C ve 1200 °C ’de pişirilenlerin karşılaştırma.....	40
4.9. Ortak yer karosu 1140 °C ve 1220 °C ’de pişirilenlerin karşılaştırması.....	41
4.10. Ortak yer karoları çeşitli sıcaklıklardaki analizlerinin karşılaştırılması .....	42
4.11. 1140 °C’de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin geri saçılımlı elektron görüntüsü.....	44
4.12. 1140 °C’de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin dağlanmış, ikincil elektron görüntüsü .....	44
4.13. Şekil 4.12’de belirtilen küresel anortit kristalinin üzerindeki noktanın temsili EDX analizi (1140°C).....	45
4.14. 1220 °C’de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin geri saçılımlı elektron görüntüsü.....	46
4.15. 1220 °C’de pişirilen dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü.....	46
4.16. 1220 °C’de pişirilen dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü.....	47
4.17. Şekil 4.16’da mullit kristalinin üzerinde belirtilen noktanın temsili EDX analizi.....	47



4.18. 1220 °C’de pişirilen parlatılmış ve dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü.....	48
4.19. 1220 °C’de pişirilen parlatılmış ve dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü.....	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1. Hammaddelerin bünye üzerine etkileri .....	5
2.1. Feldispat minerallerinin kimyasal formülleri ve ergime sıcaklıkları.....	15
3.1. Hammaddelerin kimyasal analizleri.....	22
3.2. Hammaddelerin fiziksel ve pişmiş özellikleri.....	23
3.3. Standart ve ortak bünye hammadde reçeteleri .....	24
4.1. Kullanılan çamurların özellikleri.....	26
4.2. Standart ve ortak masselerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırmaları .....	29
4.3. Bünyelerin ısısal genleşme katsayıları .....	30
4.4. Yer karosu sırlı bünye özellikleri .....	31
4.5. Duvar karosu sırlı bünye özellikleri .....	32
4.6. Duvar karosu ortak bünye özellikleri.....	33
4.7. Yer karosu ortak bünye özellikleri .....	33
4.8. Standart bünye L, a, b değerleri.....	34

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- $\mu$  : Mikron  
K.K. : Kızdırma Kaybı  
D.K. : Duvar Karosu  
Y.K. : Yer Karosu

## 1.GİRİŞ

Seramik sektörü, ülkemizde hızla gelişen ve dünya pazarında önemli bir konuma gelmiş bir sektördür. Ülkemiz seramik sektörü açısından zengin hammadde yataklarına sahip bir konumda yer almaktadır. Globalleşen dünya ve artan rekabet koşulları altında kaliteden ödün vermeksizin, yüksek müşteri memnuniyeti doğrultusunda düşük maliyette üretim yapan firmalar sektörde yol almaya devam etmektedir. Her geçen gün tükenen kaliteli hammadde kaynaklarına, alternatif kaynaklar araştırmak ve geliştirmek, yeni sahalar keşfetmek ve var olan kaynakları daha verimli kullanmak gerekmektedir.

Yer ve duvar karosu bünyeleri, birbirlerinden oldukça farklı özelliklere sahiptirler. Yer karosu, yüksek sıcaklıkta pişen su emmesi düşük bünye özelliği sergilerken; duvar karosu düşük sıcaklıkta gelişen oldukça poroz bir yapıya sahip dolayısıyla su emmesi yüksek bünye özelliği göstermektedir. Her iki bünyede de kil, kuvars ve feldispatik hammaddeler yer alırken duvar karosunda farklı olarak mermer kullanımı mevcuttur.

Tarihsel olarak ideal karo özellikleri; yüksek mekanik mukavemet, mükemmel boyutlar, gerçekte sıfır ve/veya düşük pişme küçülmesi ve sınırlı porozitedir. Böyle bir karo kompozisyonu, pek çok kimyasal ve fiziksel çevrim altında kullanılabilir. Böyle bir karo kompozisyonu, pek çok kimyasal ve fiziksel çevrim altında kullanılabilir.

Bir monoporoz bünye kompozisyonu vitrifiye ürünündeki gibi yüksek bir sıcaklıkta pişirilemez. Çünkü monoporoz bünyesinde camsı faz oluşumu hızlıdır ve kontrol edilemez. Ayrıca vitrifiye bünyenin duvar karosunda kullanımı uygun değildir, çünkü pişirme işlemi farklı ebatlarda yüksek pişme küçülmesi ile sonuçlanmaktadır.

Hem yer hem de duvar karosunun gerekliliklerini yerine getiren ortak bünye kompozisyonu, çeşitli hammaddelerin mineralojik ve fiziksel özelliklerinin tespit edilerek elde edilen verilere göre oluşturulmaktadır [1].

Bu çalışmanın amacı; ortak hammaddeler kullanılarak hazırlanan çamurun, öğünme süresini (elek bakiye), fırın sıcaklık ve süresini değiştirmek suretiyle hem yer hem de duvar karosu bünyesinde kullanılmasını mümkün kılmaktır. Bu çalışmanın sonucunda hem yer hem de duvar karosu için ayrı ayrı hammadde stoklama ve test etmeye gerek duyulmayacak, ayrı ayrı değirmen kullanımı ortadan kalkacak ve seri üretim hattında daha esnek ve daha hızlı çalışabilme imkanı yaratılacaktır.

### **1.1. Yer ve Duvar Karosu Üretimi**

Bu çalışmada karşılaştırması yapılan yer ve duvar karosu standart bünyeler beyaz pişen ürünlerdir. Üretim şartlarında yer karoları grup BIb ve duvar karoları ise grup BIII 'e göre üretilmektedir. Grup BIb özellikleri TS EN 176 ve grup BIII özellikleri TS EN 159 standartlarında belirtilmiştir.

Yer karosu sırlı seramik, teknik olarak su emmesi % 3' ün altında olan, dona dayanıklı, iç ve dış mekanlarda yere döşenebilen ürünlerdir. Duvar karoları ise daha poroz bir yapıya sahip, su emmesi minimum % 10 olan bünyeye sahip ürünlerdir

Duvar karosu üretimlerinde tünel fırınlarında uzun sürelerde pişirme işlemi 1980'li yılların ortasında başlamıştır. Günümüze kadar çeşitli pişirme teknikleri geliştirilmiştir.

- Bisküviyi tünel fırınlarda 36 - 44 saat süreyle pişirmek, sırlamak ve tekrar tünel fırında 10 - 18 saatlik sırlı pişirime tabi tutmak.
- Bisküviyi uzun sürede tünel fırında pişirmek, sırlamak ve tek katlı fırında 35 - 55 dakikalık sırlı pişirime tabi tutmak.

- Bisküviyi kısa sürede tek katlı fırında 40 - 50 dakikada pişirmek, sırlamak ve tek katlı fırında 30 - 40 dakikalık sırlı pişirime tabi tutmak.
- Aynı anda bisküvi ve sırlı 45 - 60 dakikada pişirmek (Monoporoza).

Bu pişirme rejimlerinin sıcaklıkları 1000 – 1200 °C'dir [2]. Son yıllarda yeni kurulan tesislerde genellikle monoporoza duvar karosu üretimi yapılmaktadır.

Yer karosu üretiminde ise 1970' li yıllardan itibaren yavaş pişirmeden hızlı pişirime geçilmiştir. Bünyelerde, angop ve sırlarda günümüze kadar pek çok değişiklikler yapılmıştır [3]. Günümüzde yer karoları 30 – 45 dakikada tek pişirime tabi tutulmaktadır.

Yer ve duvar karosu bünyesini oluşturan ana hammaddeleri kil-kaolen, feldispat, kuvars ve pegmatitler teşkil etmektedir. Genelde duvar karosu reçetesinde yer karosundan farklı olarak mermer, yer karosu bünyesinde ise duvar karosundan farklı olarak yüksek oranda feldispat yer almaktadır.

Mermer, karbonat verici olarak duvar karosu bünyesinde kullanılmaktadır. Daha poroz dolayısıyla su emmesi yüksek bir bünye elde edilmektedir. Ergime derecesi yüksek olan kuvars, alümina v.b. malzemelerin ötektik noktasını düşürerek daha düşük ısılarda erime sağlamaktadır. Mermer iyi öğütüldüğünde kuvars ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat ( $\text{CaSiO}_3$ ) oluşumu sağlar ki kalsiyum silikat suda çözünmez ve daha mukavemetli bünye oluşumu sağlamaktadır.

Eğer mermer iyi öğütülmezse kalsiyum silikat oluşumu azalır, serbest CaO oranı artmaktadır. Serbest CaO pişme sonrası ortamdaki nem ile reaksiyona girerek hacimce yaklaşık % 20 genişlemektedir. Böyle bir durum da pişmiş üründe deformasyona ve çatlak oluşumuna sebep olmaktadır. Bundan dolayı serbest CaO miktarının pişmiş bünyede minimum seviyede tutulması gerekmektedir [4].

Özellikle yer karosu üretiminde masse reçetelerinde % 50'lere varan kullanımı ile alkalili hammaddeler birinci derecede önemli yer tutmaktadır. Alkalili hammadde (pegmatit) sözcüğü bünyelerinde bolca bulunan feldspat mineralini oluşturan alkali oksitler  $K_2O$  ve  $Na_2O$  bileşiklerinden gelmektedir. Pegmatitler düşük ergime sıcaklıklarından dolayı pişme işleminde pişirim sıcaklığının düşürülmesini ve bu sıcaklıkta ergiyerek bünyede bulunan kil, kaolen, kuvars gibi diğer hammaddelerin birbiri ile kaynaşmasını sağlayarak seramikte arzu edilen düşük porozite-su emmenin sağlanmasını temin etmektedirler.

Bilindiği üzere kil hammaddeleri şekillendirme için gerekli olan plastikliği ve mukavemeti sağlamak için tercih edilirler. Feldspat ve nefelin ( $KNa_3[AlSiO_4]_4$ ) gibi hammaddeler ergitici (flux) olarak kullanılırken kuvars hammaddesi ise bünyelerde dolgu (iskelet) oluşturma görevini üstlenmektedir [4].

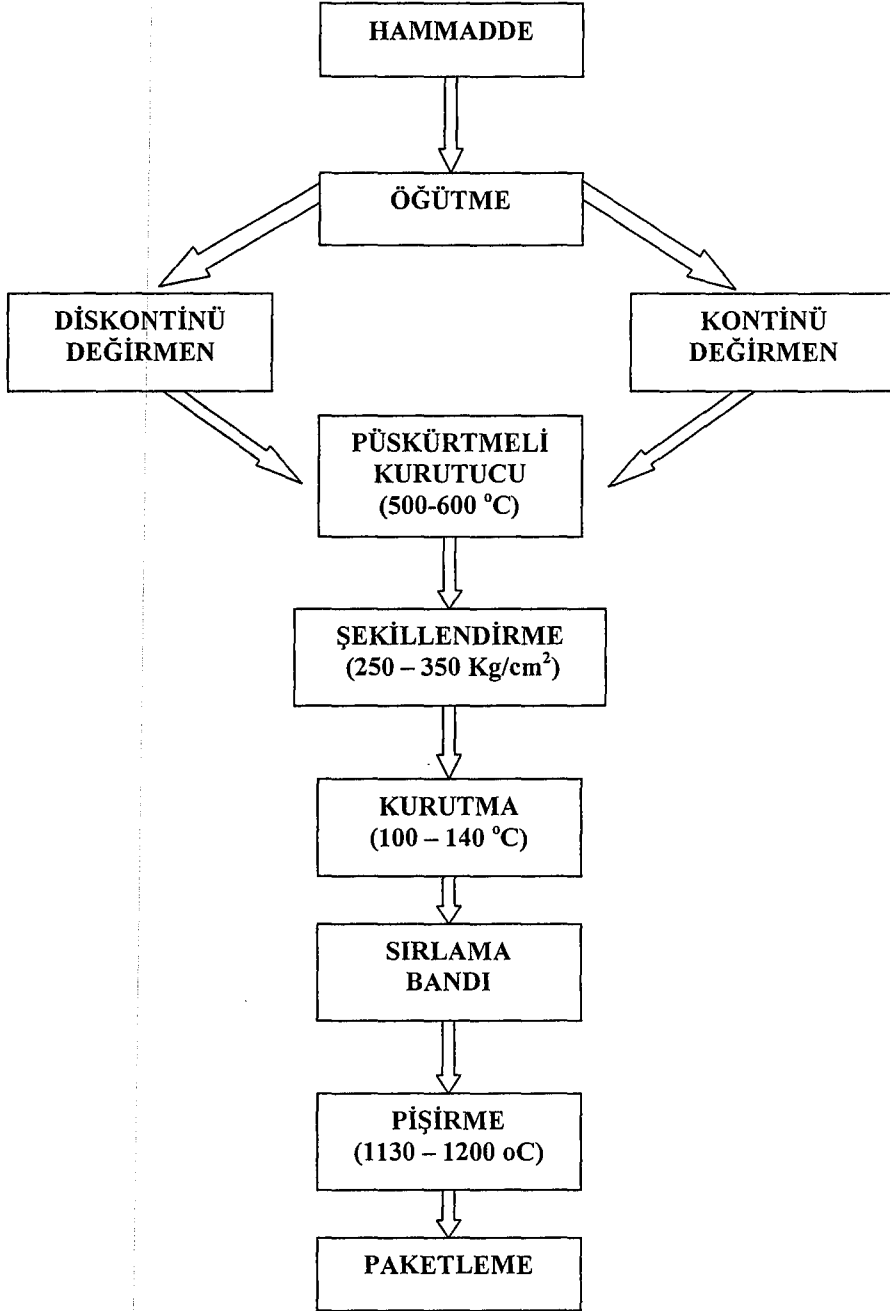
Çizelge 1.1'de genel olarak hammaddelerin çamur hazırlama, ham bünye, kurutma ve pişme özellikleri üzerine etkileri gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Hammaddelerin bünye üzerine etkileri [3].

	ÇAMUR HAZIRLAMA			HAM BÜNYEDE		KURUTMA			PIŞME		
	SERTLİK (MOHS)	ÖĞÜTME	VİZ.	PLASTİK	HAM MUK.	KURUTMA	KURU KÜÇ.	KURU MUK.	ERİME	PIŞME KÜÇ.	SU EMME
<b>Killer</b>	1	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+
<b>Kaolenler</b>	1-2	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-
<b>Mermer-Dolomit</b>	3	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-
<b>Pegmatit Feldispat</b>	4-6	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
<b>Kuvars Kum</b>	7	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-
<b>Talk</b>	1	-		+	+	-	+	+	-	+	+



Yer ve duvar karosu üretimi akış şeması genel hatlarıyla belirtilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Yer ve duvar karosu üretim akış şeması

## 1.2. Ortak Bünve

Ortak bünve kullanımı yer ve duvar karosu üretim tesislerinde belirli avantajlar sunmaktadır. Bu avantajlar mevcut fabrikalar ve gelecekteki yeni yatırımlar için farklıdır.

Mevcut kapasitesinde tek pişirim yer karosu ve çift pişirim duvar karosu üretimi yapan bir fabrika ortak bünveyi kullanabilir. Yeni bir fabrika maksimum esneklik sağlamak için tasarlanabilir. Yeni bir tesiste; sadece tek bir hammadde deposu, tek bir öğütücü, tek bir spreyli kurutucu ve iki ayrı masse silosuna ihtiyaç duyulur.

Ortak bünve reçetesi ile hem yer hem de duvar karosu çamuru yapmak sürekli ve hızlı bir üretim hattında büyük yararlar sağlamaktadır. Bu yararlar şu şekilde gibi sıralanabilir:

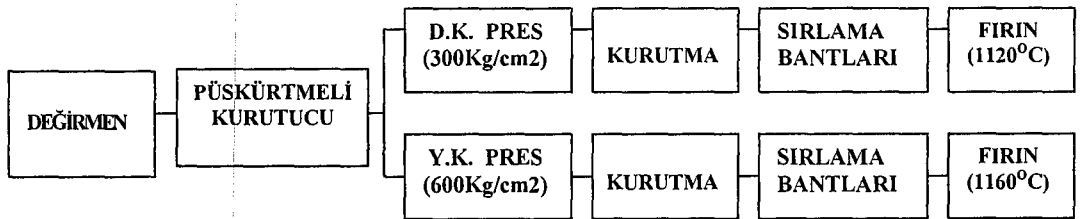
- Hammadde stok sahasında yer avantajı yaratmaktadır,
- Laboratuvar testlerinde kontrol edilecek hammadde sayısı azalmaktadır,
- Çamur stokları, dolayısıyla masse stoğu artmaktadır,
- Yer karosu hammaddeleri için ayrı duvar karosu hammaddeleri için ayrı silo kullanımı ortadan kalkmaktadır,
- Yer ve duvar karosu üretimi için ayrı değirmen kullanma zorunluluğu kalmaz. Masse stok miktarına bağlı olarak değirmenin duvar ya da yer karosu olarak boşaltılabilme imkanı doğmaktadır,
- Yer ve duvar karosu çamurları için ayrı ayrı çamur stok havuzu kullanma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır. Aynı çamur stok havuzuna boşaltma yapılabilmektedir.

- İnsan kaynaklı hatalar azalmaktadır. Aynı reçete kullanılacağı için hammaddelerin karışması vb. hatalar minimuma inmektedir.
- Bazı durumlarda konveyör bantlardaki veya silolardaki herhangi bir problemden dolayı masseler birbirine karışabilmektedir. Örneğin yer karosu massesinin içine granit massesi karıştığında teknik açıdan herhangi bir problem yaşanmamasına rağmen, masse karışması gözle görülebildiği için zaman zaman müşteri şikayetiyle karşılaşılabilir. Ortak masse kullanımında ise kullanılan hammaddeler aynı olduğundan pişmiş masse renkleri de aynı olacağından çiplak gözle herhangi bir fark görülmeyecektir.

Ortak bünye kullanılmasında dikkat edilmesi gereken noktaları ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir ;

- Hammaddelerin mümkün olduğunca homojen olması ve girdi kontrollerinin daha sık yapılması gerekmektedir,
- Değirmen öğütme süreleri ve dolayısıyla elek bakiye kontrolü daha sık yapılmalı ve sonuçlar kararlı olmalıdır.

Preslemeden nihai ürüne kadar sırlama bantları planlanarak bu bantların bazıları yer karosu, bazıları da duvar karosu için kullanılabilir. Eğer sadece tek bir üretim hattı planlanmış ise, bir üretimden diğerine geçiş kolaylıkla yapılabilir [1].



Şekil 1.2. Ortak bünye üretimi akış şeması

Yukarıdaki akış şemasında ortak masse ile üretim yapabilen örnek bir üretim tesisi görülmektedir. Belirtilen parametreler işletme koşullarına göre farklılık gösterebilmektedir. Yukarıda düşük basınçla belirtilen presde duvar karosu, diğer presde ise yer karosu üretimi yapılabilir. Ayrıca yeterli stok ile çalışırsa tek fırınla da üretim yapılabilir.

Daha az makina, daha az sayıda hammadde, birkaç ara stok ve bunların hepsinin üstünde daha az nihai ürün stoklama alanına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ortak bünye nihai ürünlerdeki kaliteyi iyileştirir ve bu fiyatları pozitif yönde etkileyecektir [1].

## 2. KULLANILAN HAMMADDELER

Üretimi yapılacak ürünün teknik özellikleri ve üretim prosesi göz önüne alınarak hammadde kabul kriterleri oluşturulmuştur. Hammaddenin uygun olması için mineralojik ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra bulunabilirliği, homojenliği, rezervinin yeterli olması, ocağın fabrikaya uzaklığı, fiyat v.b. unsurlar da önem teşkil etmektedir. Bazı hammaddeler pişme öncesi seramik bünyedeki etkilerinden dolayı tercih edilirken bazı hammaddeler de pişme sonrası özelliklerinden dolayı tercih edilmişlerdir.

### 2.1 Kil Kaolen Grubu

Killer, genellikle granit gibi magmatik kütlelerin ayrışmasıyla meydana gelmektedir. Kil, tane büyüklüğü 2 µm'dan küçük olanların çoğunlukta olduğu, ıslatıldığında plastik, pişirildiğinde sürekli sert kalan, hidrate alüminyum silikat minerallerinden oluşan bir sistem olarak tanımlanmaktadır [5].

Killer, seramik çamurun şekillendirilmesini sağlayan hammaddelerdir. Killer, şekillendirme esnasında diğer hammaddeleri bağlayarak, üretimi istenen seramik mamulün ham şeklini oluşturmasını sağlamak ve kuru dayanımını arttırmaktadır.

Kil ve kaolenler ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) oluşum bakımından birbirlerine benzerler. Aynı kimyasal yapı ve bileşimdedirler. Killer, kaolenlerin çeşitli tabiat şartları altında parçalanıp bir yerden başka bir yere taşınmasıyla oluşan yataklardır. Bu taşınma esnasında kaolenlerin kristalleri kısmen kırılarak daha ince taneli bir yapıya sahip hale dönüşmektedirler.

Fiziksel olarak daha ince taneli yapıya dönüştüklerinden su ile yoğrulup daha plastik özelliğe sahip olmaktadır. Bu taşınma esnasında çevreden gelen bir takım yabancı maddeler karışarak killerin saflıkları bozulabilmektedir. Bu nedenle kaolenler killere göre daha saf ve pişme renkleri daha beyazdır [6].

Kil ve kaolen grubu hammaddeler plastik hammaddelerdir ve sulu karışımda yüzdürücülük özelliği sağlamaktadırlar. Plastik olmaları şekillendirme esnasında gerekli olan ham mukavemeti artırıcı yönde etkilemektedir. Kil ve kaolen mineralleri ortama silisyum ve alüminyum oksitleri kazandırmaktadır. Bu oksitlerin bir kısmı camsı faza karışırken bir kısmı da mullit fazını oluşturmaktadır. Kil ve kaolen grubu hammaddelerin seçiminde dikkat edilecek hususlar sıralanmıştır [7].

- 1) Nem içeriği ve tane boyut dağılımı
- 2) Demir ve titan içeriği (direkt olarak pişme rengini etkilemektedir)
- 3) Karbonatların kontrolü
- 4) Sülfat ve karbon safsızlıkları ve organik madde içeriği
- 5) Sulu çamur yoğunluğu, viskozite ve pH
- 6) Plastiklik ve kuru mukavemeti
- 7) Pişirim sıcaklıklarında pişme küçülmesi, su emme değeri ve pişme rengi
- 8) Isıl genleşme katsayısı tayini
- 9) Kil bünyesinde oluşacak reaksiyonların tespiti için DTA analizi
- 10) Kimyasal ve mineralojik analiz

## 2.2 Kuvars

Kuvars minerali  $\text{SiO}_2$  bileşiminde, 2,65 gr/lt özgül ağırlığında, serliği 7 mohs olan, yüksek sıcaklıkta eriyen, renksiz ve saydam olduğu kadar kırmızı, pembe, mavi, eflatun ve beyaz renklerde de bulunan yer kabuğu üzerindeki en yaygın mineraldir. En çok mağmatik kayalarda bulunmaktadır.

Kuvars kristali doğada üç ayrı polimorfda bulunmaktadır.

---Kuvars

---Tridimit

---Kristobalit

Seramik hammaddelerinin hepsi ısı karşısında hacimce küçülmektedirler. Kuvarsta ise bu ısıl dönüşümler esnasında hacimce büyüme olmaktadır. Bu nedenle pişirim esnasında dönüşüm sıcaklıklarında ısıtma ve soğutma hızlarına dikkat edilmelidir.

En önemli dönüşümler aşağıdaki sıcaklıklarda oluşmaktadır [3].

Kuvars	→	Tridimit	(870 °C)
Kuvars $\alpha$	→	Kuvars $\beta$	(573 °C)
Tridimit	→	Kristobalit	(1470 °C)
Tridimit $\alpha$	→	Tridimit $\beta$	(117 / 163 °C)
Kristobalit $\alpha$	→	Kristobalit $\beta$	(220 / 270 °C)

Oda sıcaklığında kararlı yapıda olan  $\alpha$ -kuvars 573 °C sıcaklıkta  $\beta$ -kuvarsa dönüşmektedir. Bu dönüşüm yer değiştirme mekanizması ile ilerlemektedir. Isıtma ve soğutma esnasında bu dönüşümün gerçekleşmesi engellenemez. Bu nedenle meydana gelen iç gerilmelerden en az etkilenmek için fırında bu sıcaklık oldukça yavaş geçilmelidir.

Kuvars 870 °C' de yavaş bir şekilde kararlı tridimit fazına dönüşmektedir. Bu dönüşüm yeniden yapılanma mekanizması ile gerçekleştiği için yüksek aktivasyon enerjisi gerektirmektedir. Dolayısıyla seramik ürünlerin pişiriminde bu dönüşüm gerçekleşmediğinden bir problem teşkil etmemektedir.

Kuvars, kurutma ve pişme küçülmesini ve malzemenin kırılmasını azaltmak için kullanılmaktadır. Ayrıca bünyenin kurutma ve pişme sonrası mukavemetini arttırmaktadır [8]. Kuvars seramik yapının iskeletini teşkil eder, plastikliğini düzenlemeye yardımcı olur ve pişme esnasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışını sağlamaktadır.

Yüksek ergime sıcaklığına sahip olmasından dolayı pişme esnasında ısıdan etkilenmeyerek bünyenin iskelet görevini görmektedir. Bünyedeki kuvarsın çok az bir kısmı cam faza karışmaktadır. Serbest kuvars olarak kalan miktar ısıl genişleme katsayısını arttırmaktadır. Tane boyutu tane boyut dağılımı ve içerdiği safsızlıklar kuvarsın seçiminde önemlidir [7].

### **2.3 Alkali ve Toprak Alkali Hammaddeler**

Alkali hammaddeler düşük ergime noktalarına sahip oldukları için seramik karışımının pişme esnasında ergime sıcaklığını aşağıya çekerek daha düşük sıcaklıkta olgunlaşma ve gelişmesini sağlayan önemli bir gruptur. Bünyeye alkali ilavesiyle, seramik bünyenin geçirgenliği artırılarak kuruma ve pişme esnasında ki gaz çıkışı kolaylaşmaktadır.



Düşük ergime sıcaklığından dolayı ergiyerek cam faz oluşturup uygun poroziteyi sağlamak üzere pişme sıcaklığını düşürmekte ve pişme küçülmesini arttırmaktadır.

Yer karosunda duvar karosu bünye reçetesinden farklı olarak sodyum ya da potasyum feldispat kullanılmaktadır. Bünye içinde oluşan porlar bu dolgu ile kapanacağından dolayı su emme üzerinde düşürücü etki sağlamaktadır. Pahalı bir hammadde olduğu için kullanım miktarlarına dikkat edilmelidir. Sodyum ve kalsiyum feldispatın pişme esnasında yumuşama ve erime dereceleri birbirine yakındır. Potasyum feldispatta ise yumuşama ve ergime derecesi birbirinden daha uzaktır. Bu nedenle potasyum feldispat kullanımı, daha geniş sıcaklık aralığında daha kararlı çalışabilme imkanı yaratmaktadır [3].

Alkali hammaddeler denildiğinde içerisinde  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  veya  $\text{CaO}$  ihtiva eden, düşük ergime sıcaklığına sahip, doğada saf halde bulunmayan hammaddeler düşünülmektedir. Alkalilerin asıl kaynağı feldispatlardır ve yer kabuğunun % 60'ını oluşturmaktadırlar. Ergime sıcaklıklarının düşük olması sebebiyle diğer seramik hammaddeleriyle karıştırıldıklarında pişme esnasında ergime sıcaklığını aşağıya çekerek daha düşük sıcaklıklarda yapının gelişmesi ve sinterleşmesini sağlamaktadırlar.

Kalsiyum feldispat diğer adıyla anortit, diğer feldispatlara göre daha yüksek ergime derecesine sahiptir ve daha nadir buldukları için tercih edilmezler. Seramik sektöründe yaygın olarak sodyum feldispat ve potasyum feldispat kullanılmaktadır. Bu feldispatların içerisinde seramik ürünlerde kaliteyi ilgilendiren mika, turmalin, granat gibi mineraller de bulunmaktadır. Alkali kaynağı olarak feldispat, feldispatik kum, pegmatit, nefelin, siyenit, granit ve alkali tuf kullanılır (Çizelge 2.1.) [9].

**Çizelge 2.1** : Feldispat minerallerinin kimyasal formülleri ve ergime sıcaklıkları

	<u>Kimyasal Formül</u>	<u>Özgül Ağırlık</u>	<u>Ergime Sıc. (°C)</u>
Albit (sodyum feldispat)	Na (AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	2,61	1100--1225
Ortoklas (potasyum feldispat)	K (AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	2,56	1150—1250
Anortit (kalsiyum feldispat)	Ca (Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	2,70	1500--1550

Kalsit içeren bünyelerde anortit fazı, oluşması için gereken düşük sıcaklık ve nihai ürüne verdiği özelliklerinden dolayı ilginçtir. Anortit; literatürde daha düşük sıcaklıklardan da bahsedilmesine rağmen genellikle 1100 °C ve üzeri sıcaklıklarda kaolen ve wollastonitin reaksiyonu sonucu oluşmaya başlamaktadır. Anortit oluşumunda iki ayrı kristalizasyon yapısına rastlanmaktadır. Eğer anortitin birincil kristalizasyonunun gerçekleştiği bir kompozisyon elde edilirse; bu yapı yüksek oranda vitrifiye fazı meydana getirmekte ve fazlaca çekme meydana gelmektedir. Duvar karosu gibi poroz yapıya sahip bünyelerde yüksek oranda vitrifiye fazı meydana geleceğinden dolayı anortit kullanımı uygun değildir

Bu problemi gidermek için yapıya kuvars ilavesi yapılabilmektedir. Kuvars ilavesi ile yüksek termal genişleme katsayısından dolayı yapının termal şok dayanımı artmaktadır. Böylece yüksek orandaki vitrifiye fazdan dolayı duvar karosu bünyelerinde yaşanabilecek rutubet genişmesi problemi de giderilebilmektedir. Anortit kuvars ilavesi sayesinde poroz malzemelerde, poroz olmayan (porselen, elektroseramikler, v.b.) malzemelerdeki gibi kullanılabilir.

Anortitin şekillenmesi 900 – 1050 °C arasında meydana gelir. Sinterlemenin son safhalarında (900 – 1000 °C) anortit camsı fazda çok yüksek bir artışa sebep olmaktadır. Böylece malzeme daha hızlı sinterlenebilmektedir [8].

Ülkemizde Aydın-Çine bölgesi potasyumca zengin kayaçlar bulunmaktadır. Kütahya ilinin Simav ilçesinde de potasyumca zengin pegmatit kayaçlar vardır. Bilecik ilinin Söğüt ve Bozüyük bölgelerinde de potasyum ve sodyumca zengin pegmatit kayaçları mevcuttur. Sodyumca zengin feldispat ise Muğla-Milas ve Aydın-Çine bölgesinde bulunmaktadır.

Alkali ve toprak alkali hammaddelerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli unsurlar sıralanmıştır [7].

- 1) Nem içeriği ve tane boyut dağılımı
- 2) Sulu çamur yoğunluğu, viskozitesi ve pH
- 3) Kimyasal ve mineralojik analiz
- 4) Karbonatların kontrolü
- 5) İçerdikleri safsızlık (demir, mika vb.)
- 6) Pişme sıcaklıklarında pişme küçülmesi, su emme ve pişme rengi

## 2.4 Dolomit

Özgül ağırlığı 2,85 gr/lt, mohs sertliği 3,5 - 4 arasında değişen camsı görünümde ,doğada pembemsi, renksiz, beyaz, gri, yeşil ve siyah renkte bulunan bir hammaddedir. Kimyasal formülü  $Ca,Mg (CO_3)_2$  dir.

Dolomit ısıtıldığı zaman 800 °C civarında  $MgCO_3$  daha sonra 900 °C' de  $CaCO_3$  bozularak  $CO_2$  bünyeden uzaklaşmaktadır ve geriye  $MgO$  ile  $CaO$  kalmaktadır.

İzmir, Kocaeli, Gümüşhane, Zonguldak, Çankırı ve Aydın dolomitçe zengin yataklara sahip illerimizdir.

## 2.5 Mermer

Kireçtaşı, dolomit ya da dolomitik kireçtaşı gibi karbonatlı kayaların gömülme metamorfizmasına uğraması sonucu mermer oluşmaktadır. Ana mineralojik bileşen kalsittir.

Mermerin sertliği 3,5 mohstur. Özgül ağırlığı 2,7 - 3 gr/lt arasında değişmektedir. İçerisindeki safsızlıklara bağlı olarak değişik renklerde bulunmaktadır. Bileşimi  $\text{CaCO}_3$  'tır ve  $900\text{ }^\circ\text{C}$  'de bozunarak  $\text{CaO}$  ve  $\text{CO}_2$  olarak ayrışmaktadır.  $\text{CaCO}_3$  geniş bir sıcaklık aralığında dekompoze olmaktadır. Hızlı rejimlerde  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  üzerinde bu işlem gerçekleşmektedir.  $\text{CaCO}_3$  'in ayrışması, üretimde sıran ergimesi ve gazların çıkışı sırasında problem yaratabilmektedir.

Düşük ergime sıcaklığından dolayı seramik ürünlerde ergime sıcaklığını aşağıya çekmektedir. Özellikle duvar karosu bünyesinde ve sır-frit reçetelerinde kullanılmaktadır.

Seramik bünyenin pişmesinde ötektik nokta oluşturup, alkali hammaddeler gibi vitrifikasyon sıcaklığının düşmesini sağlamaktadır. Seramik sektöründe özellikle duvar karosu bünyelerinde kullanılmaktadır. Bilindiği gibi duvar karosu bünyelerinde su emme değeri yüksektir. Mermer de pişme esnasında karbonat çıkışı sağlarken poroz bir bünye oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca düşük ergime sıcaklığından dolayı pişme sıcaklığının düşmesini sağlamaktadır. Duvar karosunda ki serbest kuvarsla birleşerek kalsiyum silikat oluşturmaktadır. Mermer, mohs sertliği 3 - 3,5 arasında olduğu için yumuşak bir malzemedir ve öğütmede kolaylık sağlamaktadır.

Bünye içinde kullanılan mermerin iyi bir şekilde öğütülmesi şarttır. İri taneli ve bünye içerisinde homojen olarak dağılmamış mermer, nihai ürünün duvara döşenmesi sırasında kullanılan harcın içindeki suyu bünyesine alarak  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oluşturur ve hacmi yaklaşık % 20 genişir. Böyle bir durumda duvara döşenen karo yüzeyinde, sır çatlağı, sır patlaması ve ufalanma gibi hatalar görülür. İnce öğütülmüş kalsit,  $\text{SiO}_2$  ile reaksiyona girerek kalsiyum silikat oluşturduğunda artık su ile başka bir reaksiyon oluşturamaz [10].

Bu sebeple pişirme esnasında gaz çıkışına sebep olan bileşenlerin elenmesi veya oranlarının azaltılması kompozisyonlar için ek bir gerekliliktir. Wollastonit ( $\text{CaSiO}_4$ ) alternatif bir  $\text{CaCO}_3$  kaynağıdır. Wollastonit bünyede kullanıldığında bünyedeki  $\text{CaO}$  yapısı su ile reaksiyona giremeyeceğinden dolayı nihai üründe problem yaşanmaz. Bu mineral Avrupa'da az bulunur ki bundan dolayı fiyatı çok yüksektir. 1970 yılında sentetik wollastonit Almanya'da üretilmeye başlanmıştır ve endüstriyel ölçülerde günümüzde üretilmektedir [11].

### 3. GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu araştırmada kullanılan hammaddeler Söğüt Bölgesindeki pegmatit ocakları, İstanbul-Şile Bölgesi Kili, Eskişehir Bölgesi Mermer ve magnezyumlu kil oluşumları ile Ukrayna kilinden oluşmaktadır. Hammaddelerin hepsi işletme şartlarında kullanılan hammaddelerdir. Öncelikle işletme şartlarında var olan hammaddeler kullanılarak çalışmalara başlanmıştır.

İşletme şartlarında duvar ve yer karosu üretiminde kullanılan çamur reçetelerinin hammadde özellikleri araştırılmıştır. Kimyasal ve rasyonel analizleri çıkartılmıştır (Çizelge 3.1).

Hammadde stoklarından dörtleme ve harmanlama metodu ile alınan 10'ar kilogram hammadde laboratuvar tipi kırıcıdan geçirilmiştir. Kırılan hammaddeler karıştırılarak her birinin homojenleştirilmesi sağlanmıştır. Her bir hammadde laboratuvar tipi değirmenlerde sulu öğütme yapılarak öğütülmüştür. Elde edilen çamur Nüve marka FN 500 model laboratuvar etüvünde kurutulmuştur. Kurutulan çamurlara % 5-6 oranında su ilave edilerek rutubetlendirilmiştir. Rutubetlendirilen her bir malzeme Gabbrielle marka laboratuvar tipi presde 115 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 5 x 10 cm ebatlarında şekillendirilmiştir.

Elde edilen test numuneleri Siti marka yer karosu işletme fırınında 1200°C-34 dakikada pişirilmiştir. Test numunelerinin pişme sonrası % çekme, % su emme, % kızdırma kaybı ve renk değerleri ölçülerek sonuçlar irdelenmiştir (Çizelge 3.2).

Yapılan analiz ve test sonuçlarına göre ortak olabilecek hammaddeler ile farklı özelliklerde hammadde kullanılarak yaklaşık yirmi adet reçete çalışması yapılmıştır. Hazırlanan reçetelerle aynı elek bakiyede çamurlar hazırlanmıştır. Hazırlanan çamurlardan yukarıda bahsedilen koşullarda test numuneleri şekillendirilmiştir. Test numuneleri işletme şartlarında Siti marka yer karosu fırınında 1200°C - 34 dakikada ve Siti marka duvar karosu bisküvi fırınında 1170°C - 36 dakikada pişirilmiştirlerdir.

Elde edilen test numunelerinin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar standart duvar ve yer karosu bünye reçeteleri ile mukayese edilmişlerdir. En iyi koşulları sağlayan bir reçete seçilmiştir. Bu çalışmada Ukrayna kili, yarı plastik kil, altere manyezit, pegmatitler ve mermer hammaddeleri kullanılmıştır. Bu hammaddelerin hepsi işletme şartlarında kullanılan hammaddelerdir.

Çizelge 3.3 'de yer ve duvar karosu standart reçeteleri ve ortak reçetenin karşılaştırması yer almaktadır.

Ortak bünye reçetesi ile % 3 elek bakiyeli ( 63 µm üzeri) yer karosu test numunesi ve % 5,5 elek bakiyeli ( 63 µm üzeri) duvar karosu test numunesi hazırlanmıştır. Ayrıca işletme şartlarına uygun olarak standart test numuneleri hazırlanarak işletme şartlarında aynı anda pişirilmiştir.

Ayrıca her iki elek bakiyeli çamurun çalışma intervalini ve sıcaklık karşısındaki fiziksel özelliklerindeki değişimi gözlemlemek için laboratuvar tipi (Protherm model: PLF 130/7) elektrikli fırında pişirilerek pişme özellikleri belirlenmiştir. Ortak bünyeden %3,0 ve %5,5 elek bakiyeli çamurlardan 115 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 10' ar adet 5 x 10 cm ebatlarında test numuneleri preslenmiştir. Bu test numunelerinden 63 mikron üzeri % 3,0 (Y.K.) olarak hazırlanmış olan test numuneleri 1140, 1160, 1180, 1200, 1220 °C 'lerde; 63 mikron üzeri % 5,5 (D.K.) olarak hazırlanmış olan test numuneleri ise 1120, 1140, 1160, 1180 ve 1200 °C 'lerde pişirilmiştir. Pişirme işlemleri toplam 1 saat sürede, tepe sıcaklığında 5 dakika bekletilerek gerçekleştirilmiştir.

Bulk yoğunluk ve su emme değerleri Arşimed prensibine göre yapılan testler sonucunda elde edilmiştir. Pişmiş karolarda yer alan ana kristalin fazlar XRD (Rigaku, Rint 2000, Japan) analizleri sonucunda belirlenmiştir.

Seçilen test numunelerinden elde edilen parlatılmış ve dağlanmış yüzeyler altın – paladyum alaşımı ile kaplanarak geri saçılımlı ve ikincil elektron görüntüleme modelleriyle taramalı elektron mikroskobu (SEM-Camscan S4 Series, UK) kullanılarak incelenmiştir. Dağlama işlemi test numunelerini % 10'luk hidroflorik asit (HF) içerisine oda sıcaklığında 15 saniye daldırarak yapılmıştır.

Lineer termal genleşme analizleri ise tamamen bilgisayar kontrollü Linseis marka dilatometer ile yapılmıştır. Pişmiş numunelerin renk ölçümleri (L, a, b) Minolta marka 3600d model renk ölçüm cihazıyla yapılmıştır.



**Çizelge 3.1. Hammaddelerin kimyasal analizleri**

Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri													
	Oksit Kompozisyonu (%)									Mineralojik Kompozisyon (%)			
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	K.K.	Kil Minerali	Kuvars	Na-Feldispat	K-Feldispat
<b>Pegmatit (A)</b>	75.5	14.9	0.65	0.2	1.13	-	3.48	1.9	2.23	17.9	39.7	29.4	11.2
<b>Feldispat</b>	67.9	18.7	0.39	0.48	1.27	0.37	9.65	0.65	0.63	5.33	6.92	81.5	3.83
<b>Plastik Kil</b>	62.1	23.2	2.35	1.14	0.14	0.58	0.17	2.13	8.15	52.2	28.7	1.44	12.6
<b>Kumlu Kil</b>	78.4	11.6	1.72	0.52	0.77	0.72	0.25	1.57	4.91	23.9	59.8	2.07	9.29
<b>Altere Magnesit</b>	14.9	2.38	1.29	0.17	2.15	37.1	0.36	0.26	41.3	3.81	10.1	3.04	1.54
<b>Ukrayna Kili</b>	63.9	23.6	0.9	1.26	0.25	0.5	0.39	2.36	6.72	51.7	28.6	3.3	14
<b>Pegmatit (B)</b>	71.5	17.0	0.79	0.74	0.15	-	0.07	1.83	7.99	37.6	46.6	0.59	10.8
<b>Mermer</b>	0.42	0.21	0.06	0.02	54.6	1.36	0.03	0.03	43.3	---	---	---	---

Çizelge 3.2. Hammaddelerin fiziksel ve pişmiş özellikleri

	FİZİKSEL ÖZELLİKLER					PIŞME SONRASI ÖZELLİKLER				
	Litre Ağırlığı (g/lt)	Viskozite (sn)	% Elek Bakıyesi(63µm)	Kuru Mukavemet (Kg/cm <sup>2</sup> )	% Pişme Küçülmesi	% Su Emme	Kızdırma Kaybı (%)	L	a	b
<b>Pegmatit (A)</b>	1520	11	4,15	2,90	3,00	4,36	7,30	73,93	3,59	13,31
<b>Feldispat</b>	1513	12	4,07	2,50	--	--	--	75,35	1,83	12,29
<b>Yarı- plastik Kil</b>	1529	12	0,35	3,95	7,18	2,48	7,48	75,52	4,92	23,97
<b>Kumlu Kil</b>	1325	11	6,70	4,50	5,21	4,43	7,58	69,91	5,77	20,59
<b>Altere Manyezit</b>	1490	--	0,52	7,56	23,45	6,69	39,89	85,41	1,85	18,97
<b>Ukrayna Kili</b>	1525	45	0,40	4,00	7,00	1,00	6,50	81,00	1,00	12,50
<b>Pegmatit (B)</b>	1505	11	4,40	3,00	2,68	7,00	3,50	78,02	4,26	10,22
<b>Mermer</b>	1510	10	1,50	2,50	--	--	37,16	92,47	-0,6	4,88

Çizelge 3.3. Standart ve ortak bünye hammadde reçeteleri

<b>BÜNYE REÇETESİ (%)</b>			
<b>HAMMADDELER</b>	<b>Yer Karosu (std.)</b>	<b>Duvar Karosu (std.)</b>	<b>Ortak Bünye Reçetesi</b>
<b>Pegmatit (A)</b>	48,7	--	17,0
<b>Feldispat</b>	10,0	--	13,0
<b>Yarı-plastik Kil</b>	33,8	18,0	16,0
<b>Kumlu Kil</b>	6,0	44,0	19,0
<b>Altere Manyezit</b>	1,5	--	3,0
<b>Ukrayna Kili</b>	--	--	13,0
<b>Pegmatit (B)</b>	--	30,0	13,0
<b>Mermer</b>	--	8,0	6,0
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 4. SONUÇLAR

### 4.1 Reçete Hazırlama

Bu çalışmada öncelikle işletme şartlarında kullanılan hammaddelerin fiziksel ve mineralojik analizleri yaptırılmıştır. Bu hammadde özelliklerinden yola çıkılarak çeşitli reçete çalışmaları yapılmış ve bu reçeteler standart bünye özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Pişirme işlemleri işletme koşullarına uygun olması amacıyla işletme fırınlarında yapılmıştır. Hazırlanan reçetelerden bir tanesinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Piştirilen test numunelerinin % çekme ve su emme değerleri incelenmiştir. Standart yer karosu üretiminde kullanılan pegmatit (A)'nın toplam alkali içeriği ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) % 5.38'dir. Bu nedenle alternatif ergitici olarak nakliye bakımından pahalı olan Aydın – Çine bölgesi albitinin oranının azaltılmasını sağlamıştır. Duvar karosunda kullanılan pegmatit (B) ise aslında kaolenize feldispattır. Toplam alkali içeriği ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) % 1.9 'dur. Ortak bünye reçetesinde bu iki malzemeye de farklı özelliklerinden dolayı yer verilmiştir. Kil olarak çeşitli killer denenmesine rağmen beyazlık, black-core ve su emme değerlerinde istenilen değerler elde edilemediğinden Rus Kili reçeteye ilave edilmiştir. Fakat maliyet açısından reçete maliyetinin artmasına sebep olmuştur.

Duvar karosunda poroz bir bünye eldesi istendiği için mermer kullanılmaktadır. Fakat mermer yer karosu üretiminde su emmeyi arttırdığı için standart reçetelerde kullanılmamaktadır. Bu nedenlerden dolayı ortak bünyede mermer çıkartılamaz fakat oranı azaltılabilir. Bu sebeple % 3-4-5 ve 6 oranlarında mermer ilave edilerek çalışmalar yapılmıştır. Literatürde yüksek oranlarda wollastonit ( $\text{CaSiO}_3$ ) kullanılarak da ortak bünye çalışmaları yapılmıştır. Fakat wollastonit mermere göre çok pahalı olduğundan tercih edilmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre reçetelerden birinin ortak bünye olarak kullanılabilen özellikler teşkil ettiği belirlenmiştir.

Elde edilen reçete ile çeşitli elek bakiyelerde çamur hazırlanarak test numuneleri şekillendirilmiştir. Tabletler hem D.K. hem de Y.K. üretim fırın rejimlerinde pişirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde en son yer karosu için 63 mikron üzeri %3,0; duvar karosu için ise %5,5 olduğu görülmüştür. Çizelge 4.1’de standart yer ve duvar karosu, ayrıca ortak bünye çamurunun özellikleri belirtilmiştir.

**Çizelge 4.1. Kullanılan çamurların özellikleri**

<b>ÇAMUR ÖZELLİKLERİ</b>			
<b>BÜNYE</b>	<b>LİTRE AĞIRLIĞI (g / l)</b>	<b>VİSKOZİTE (s)</b>	<b>ELEK BAKİYE (63 µ üzeri) (%)</b>
STANDART YER KAROSU	1660	20	5.00
ORTAK BÜNYE YER KAROSU	1664	20	3.00
STANDART DUVAR KAROSU	1673	20	3.30
ORTAK BÜNYE DUVAR KAROSU	1672	20	5.50

Bünye reçetesinde kullanılacak killerin kimyasal ve rasyonel analizleri incelendiğinde üç farklı özellikte kilin kullanıldığı görülmektedir. Plastik, yarı plastik ve kumlu kil olarak gruplandırılan bu killerin reolojik ve pişme özellikleri analizleri ile uyum içerisinde. Burada önemli bir oluşum olarak göze çarpan altere manyezit olarak adlandırılan kil, magnezyum karbonatlı bir yapıdır.

Çeşitli araştırmacıların yaptığı çalışmalar sonucunda talk, manyezit ve dolomit gibi MgO içeriği yüksek hammaddelerin olgunlaşma sıcaklığını düşürdüğü, porozite oranını azalttığı ve mukavemeti artırdığı tespit edilmiştir. Reçetede yer alan altere manyezitten dolayı yapının MgO içeriği daha fazladır [12]. Yer karosu ortak bünyesindeki su emme değerinin düşüşünde Mg iyonlarının etkisi de vardır.

#### 4.2. Fiziksel Özellikler

Standart ve ortak yer karosu bünyesini karşılaştırmak amacıyla hazırlanan test numunelerine fiziksel özelliklerini belirlemek için çeşitli testler uygulanmıştır.

Yer karosu için % 3,0 elek bakiyede % çekme 4,23 ve % su emme 1,2 olarak ölçülmüştür. Standart yer karosu reçetesinde ise % 5 elek bakiyede % çekme 6 ve %su emme 2,02 dir. Bu testlerde fırın sıcaklığı 1200 °C ve süre 34 dakikadır. Fırın sıcaklığı artırılır ya da süre biraz daha uzatılırsa ortak reçete için % çekme değeri artacak ve üretim şartları sağlanacaktır. Su emmenin biraz daha düşmesi yer karosu için önem teşkil etmez hatta daha avantaj sağlar. Yer karosu ortak bünye reçetesinin diğer bir avantajı da masse renginin daha beyaz olmasıdır (Çizelge 4.2).

Duvar karosu ortak reçetesi için elek bakiye % 5,5 olarak belirlenmiş ve % çekme 1, % su emme 10,1 gelmiştir. Standart reçetede ise elek bakiye 3,3 iken % çekme (+) 0,23 ve % su emme 14,5 gelmektedir. Fırın sıcaklığı 1170 °C ve suresi 36 dakikadır. Ortak reçete ile duvar karosu etimi için fırın sıcaklığı ve / veya suresi daha da dşrlebilir. Bu durumda % çekme azalacak ve % su emme artacaktır. TS EN 159 standardına göre duvar karoları için % 20'ye kadar su emmeye müsaade edilmektedir. Sıcaklığın ya da surenin azalması rengi biraz daha beyazlatacağından standart reçeteye daha da yaklaşılacaktır (izelge 4.2).

Ortak bnyre reçetesinde duvar karosu için 1120, yer karosu için 1200 °C de pişen test numuneleri ile yer ve duvar karosu standart bünyenin dilatometre cihazıyla ısıl genleşme testleri yapılmış ve sonuçlar çizelgede verilmiştir (izelge 4.3).

**Çizelge 4.2.** Standart ve ortak masselerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

	Pişme Rejimi	Viskozite(sn)	Litre Ağırlığı(g/lt)	Elek Bakiye(63µ)	% K.K.	% Çekme	% Su Emme	Kuru Mukavemet (Kg/cm <sup>2</sup> )	L	a	b
STANDART YER KAROSU	1200°C 34'	20	1660	5,00	4,86	6,00	2,02	4,06	56,00	3,41	10,21
ORTAK YER KAROSU	1200°C 34'	20	1664	3,0	7,42	4,23	1,20	4,71	62,24	1,39	12,13
STANDART DUVAR KAROSU	1170°C 36'	20	1673	3,30	6,90	0,23	14,50	3,66	78,36	4,99	13,62
ORTAK DUVAR KAROSU	1170°C 36'	20	1672	5,70	7,35	1,00	10,10	3,75	74,68	5,07	15,15



**Çizelge 4.3. Bünyelerin ısısal genişleme katsayıları**

	Termal Genleşme Katsayısı ( $\alpha \times 10^{-7}$ ) (400 °C)
Duvar karosu standart bünye	65,5
Duvar karosu ortak bünye (1120°C)	67,6
Yer karosu standart bünye	67,6
Yer karosu ortak bünye (1200°C)	64,8

Dilatometre sonuçları bize bünyelerin serbest kuvars miktarları hakkında bilgi vermektedir. Standart ve ortak bünye ısısal genişleme katsayıları incelendiğinde aralarında bariz farklılıkların olmadığı görülmüştür.

Yapılan denemeler ve testler sonucunda bünyelerde herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Bundan dolayı ortak bünyenin sırlandıktan sonraki fiziksel özelliklerini belirlemek ve sırlı yüzeyde estetik açıdan sorun yaratıp yaratmayacağını tespit için bir test daha yapılmıştır.

Ortak bünyeden 63 mikron üzeri % 3,0 (Y.K.) olarak 115 kg/cm<sup>2</sup> basınçta onar adet 5 x10 cm test numuneler hazırlanmıştır. Ayrıca aynı koşullarda onar adet daha % 5 elek bakiyeli standart yer karosu bünyesi preslenmiştir. Hazırlanan test numuneleri standart yer karosu angop ve opak sır aplikasyonlarına işletme şartlarında tabi tutulmuşlardır. Toplam yirmi adet tablet işletme fırınında pişirilmiştir. Değerler çizelge 4.4 'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Yer karosu sırlı bünye özellikleri

	SICAKLIK (°C) SÜRE (dk)	PİŞMİŞ MUKAVEMET (Kg/cm <sup>2</sup> )	EBAT (mm)	ÇEKME (%)	SU EMME (%)
<b>Y.K. STANDART BÜNYE SIRLI</b>	1190 38	410,84	102,93	6,36	0,37
<b>Y.K. ORTAK BÜNYE SIRLI</b>	1190 38	458,38	104,25	5,23	0,24

Karşılaştırma sonuçları incelendiğinde ortak bünye mukavemetinin ve çekmesinin standart bünye değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu pişirme sıcaklığı ve süre istenilen değerlere ulaşmak için yeterlidir. Yüzeylerde herhangi bir estetik soruna rastlanmamıştır (Çizelge 4.4).

Ortak bünyeden 63 mikron üzeri % 5,5 (D.K.) olarak 115 kg/cm<sup>2</sup> basınçta onar adet 5 x10 cm test numuneleri hazırlanmıştır. Ayrıca aynı koşullarda onar adet daha % 3,3 elek bakiyeli standart duvar karosu bünyesi preslenmiştir. Hazırlanan test numuneleri 1165 °C ve 38 dakikalık işletme bisküvi fırınında bisküvi pişirime tabi tutulmuşlardır. Pişen bisküvi tabletler, standart duvar karosu angop ve opak sır aplikasyonlarına işletme şartlarında tabi tutulmuşlardır. Toplam yirmi adet test numunesi işletme sırlı fırınında 1160 °C ve 34 dakikada pişirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Sonuçlar ortalama değerlerdir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Duvar karosu sırlı bünye özellikleri

	SICAKLIK (°C) SÜRE (dk)	PİŞMİŞ MUKAVEMET (Kg/cm <sup>2</sup> )	EBAT (mm)	ÇEKME (%)	SU EMME (%)
D.K. STANDART BÜNYE	1165 38	215,48	109,16	0,75	14,83
D.K. ORTAK BÜNYE	1165 38	309,27	107,8	1,99	9,17
D.K. STANDART BÜNYE SIRLI	1160 34	321,54	109,05	0,85	14,35
D.K. ORTAK BÜNYE SIRLI	1160 °C 34 dakika	339,79	107,55	2,22	8,15

Sonuçlar incelendiğinde ortak bünyenin mukavemetinin D.K. standarda göre daha yüksek olduğu, % çekmesinin standarda göre daha yüksek olduğu ve % su emmesinin standarda göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi TS EN 159 standardına göre duvar karolarında % su emmenin % 10 - 20 aralığında olması gerekmektedir. Ortak bünyenin % su emme değerini arttırmak amacıyla pişme sıcaklığı ve süresi mukavemetleri standarda göre daha yüksek olduğundan dolayı düşürülebilir. Yüzeylerde estetik açıdan hiçbir problem görülmemiştir. Yüzey hatalarına rastlanmamıştır.

Bünyelerin çalışma intervalini gözlemek ve farklı sıcaklıklardaki davranışlarını incelemek için, test numuneleri hazırlanmıştır. Bu test numunelerinden 63 mikron üzeri % 3,0 (Y.K.) olarak hazırlanmış olan test numuneleri 1140, 1160, 1180, 1200, 1220 °C 'lerde; 63 mikron üzeri % 5,5 (D.K.) olarak hazırlanmış olan test numuneleri ise 1120, 1140, 1160, 1180 ve 1200 °C 'lerde pişirilmiştir. Çizelge 4.6 ve 4.7 'de pişme sonrası fiziksel özellikler belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Duvar karosu ortak bünye özellikleri

		TEPE SICAKLIKLARI (°C)				
		1120 °C	1140 °C	1160 °C	1180 °C	1200 °C
D.K. ORTAK	% ÇEKME	0,19	0,45	1,27	4,23	4,57
	% SU EMME	12,23	10,9	9,41	1,56	0,69
	BULK YOĞUNLUK (gr/cm <sup>3</sup> )	1,89	1,92	2,03	2,16	2,24
	L	78,55	76,47	74,72	68,01	65,75
	a	5,62	4,89	3,67	2,3	1,6
	b	15,21	15,92	16,55	15,94	14,9

Çizelge 4.7. Yer karosu ortak bünye özellikleri

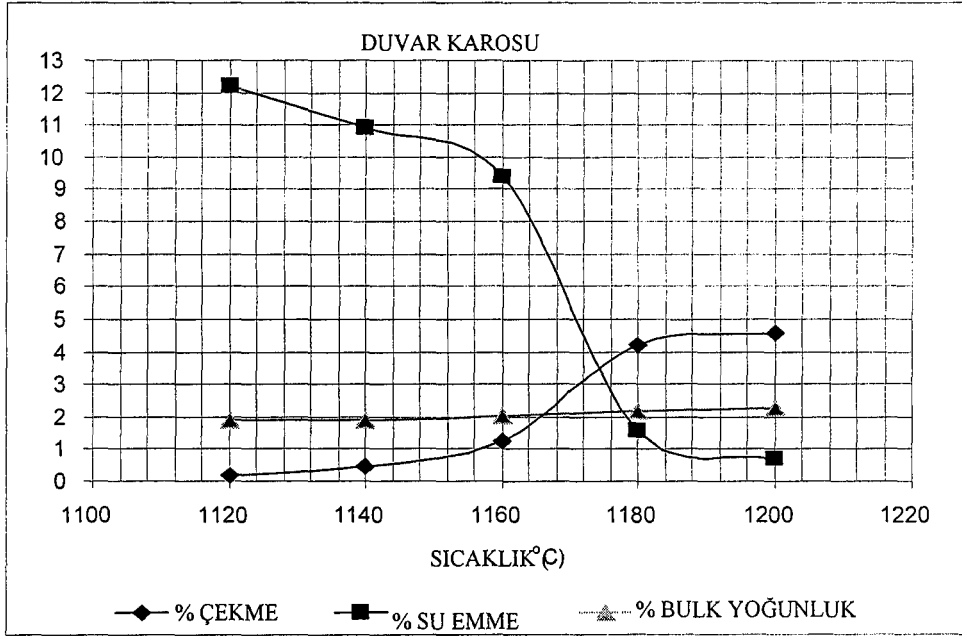
		TEPE SICAKLIKLARI (°C)				
		1140 °C	1160 °C	1180 °C	1200 °C	1220 °C
Y.K. ORTAK	% ÇEKME	0,68	1,45	4,73	6,09	6,15
	% SU EMME	11,31	9,89	1,7	0,06	0,03
	BULK YOĞUNLUK (gr/cm <sup>3</sup> )	1,99	2,07	2,17	2,27	2,31
	L	78,67	74,67	69,83	58,89	56,47
	a	5,35	4,56	2,42	0,52	0,38
	b	15,19	16,63	16,43	13,98	11,2

Yukarıdaki çizelgelerde ayrıca tabletlerin Minolta 3600d marka cihazla yapılan renk ölçümlerine de yer verilmiştir. “L” değeri beyazlığı, “a” değeri kırmızılığı ve “b” değeri de sarılığını ifade eder. Standart yer ve duvar karosu L,a,b değerleri belirtilmiştir (Çizelge 4.8).

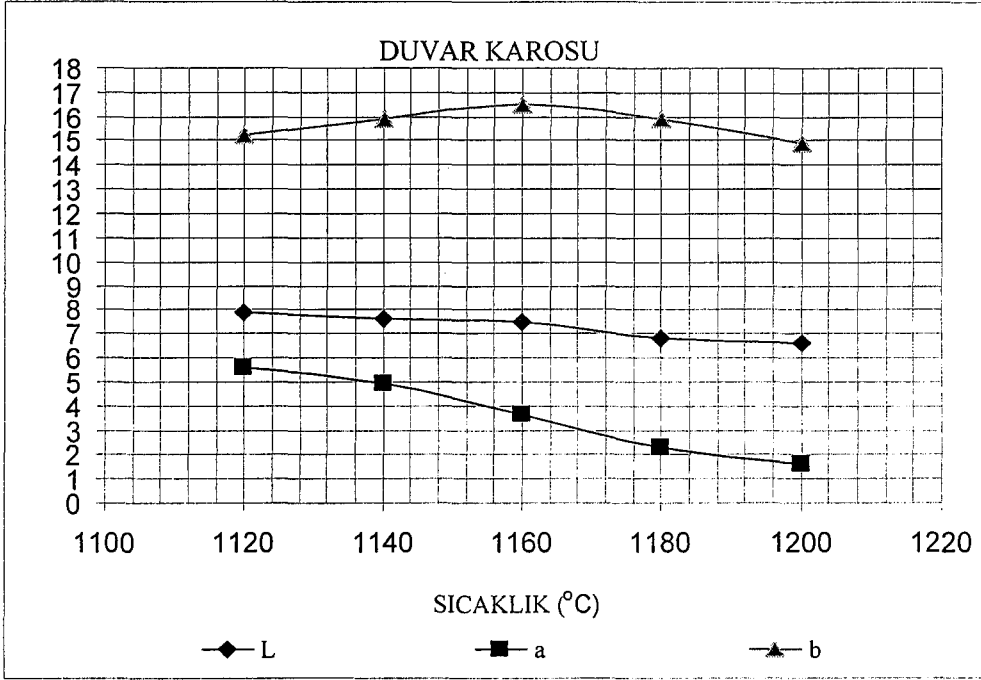
Çizelge 4.8. Standart bünye L, a, b değerleri

	Y.K. STANDART	D.K. STANDART
L	56,00	78,36
a	3,41	4,99
b	10,21	13,62

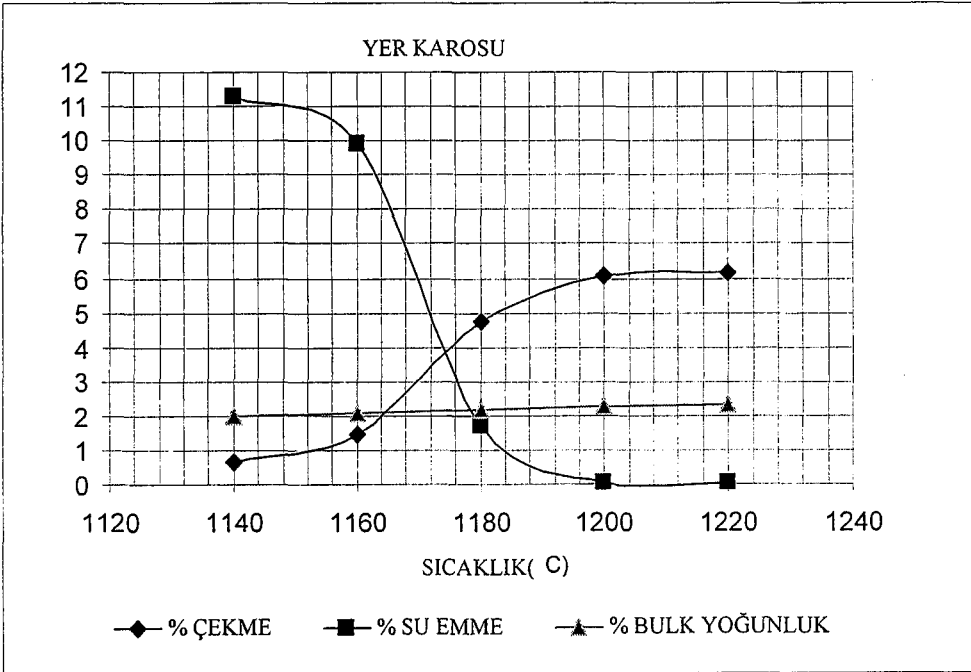
Çizelge 4.6 ve 4.7 'deki değerler grafik şeklinde ifade edilmiştir.



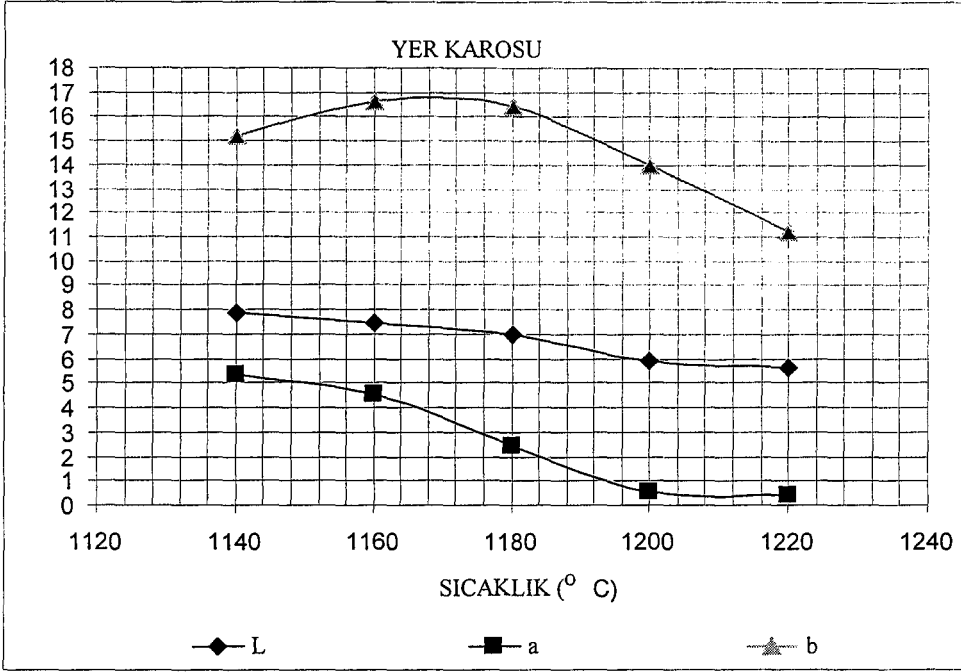
Şekil 4.1. Duvar karosu % çekme,% su emme ve bulk yoğunluk değerleri



**Şekil 4.2.** Duvar karosu L,a,b değerleri



**Şekil 4.3.** Yer karosu % çekme,% su emme ve bulk yoğunluk değerleri



**Şekil 4.4.** Yer karosu L,a,b değerleri

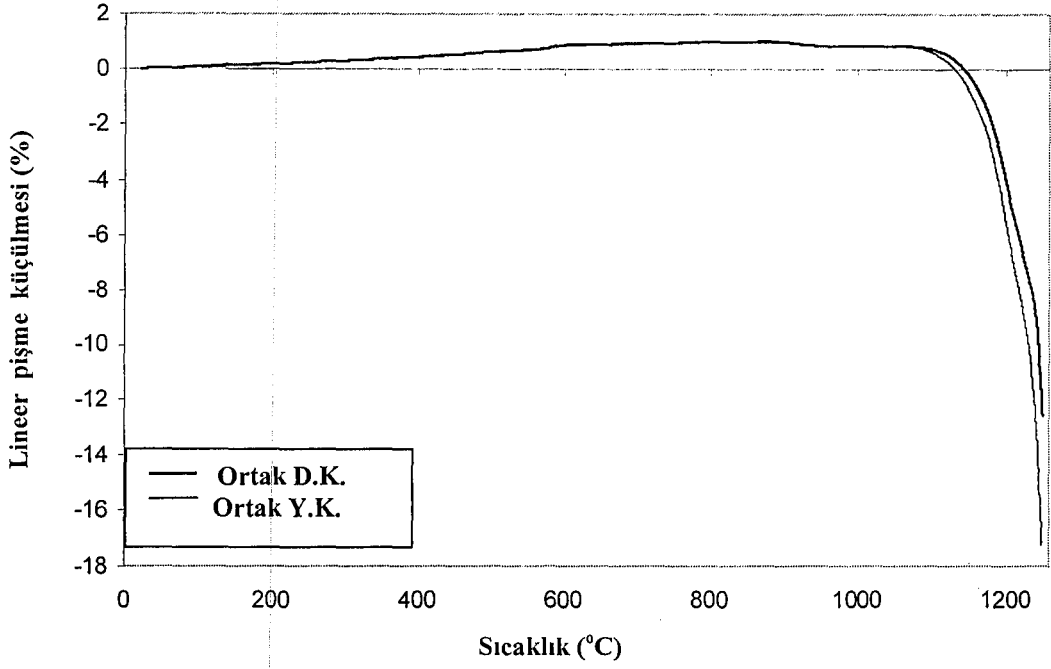
Sonuçlar ve grafikler irdelendiğinde duvar karosu ortak bünyesinde 1120 – 1160 °C aralığındaki fiziksel özelliklerde fazla değişim görülmemiştir. 1160 °C'nin üzerine çıkıldığı zaman % su emme değerindeki ani düşüş dikkati çekmektedir. Sırlı olarak işletme fırınında pişirilen ortak duvar karolarında da aynı sonuç görülmüştür. Ortak bünyenin fiziksel özellikleri pişirme sıcaklıkları ile değişmektedir. Çizelgelerde de görüldüğü gibi yer karosu ortak bünyesinin 1200 °C ve üzeri sıcaklıklarda % su emme seviyesinin sıfır değerine kadar düştüğü yaklaşık porselen karo özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda kristalin fazı özellikle serbest kuvars, daha fazla eridiğinden sıvı faz içeriği artmaktadır. Böylece porozite azalmaktadır.

“L” değeri (beyazlık), yer karosu ortak bünye reçetesinde standarttan daha yüksektir. Daha beyaz bir bünye elde edilmiştir. Beyaz bünyenin albenisi diğerlerine göre daha avantajlıdır. Ortak duvar karosu bünyesinin “L” değeri ise standart bünye ile yaklaşık olarak aynıdır. “L” değeri (beyazlık) yüksek sıcaklıklarda vitrifikasyon arttıka düşer. Hammaddeler içindeki  $Fe_2O_3$  ve  $TiO_2$  gibi oksitlerin varlığıyla bu renk değerleri değişebilir. Ortak yer karosu bünyelerinde camsı fazın daha yüksek olduğu durumlarda “L” değeri düşer. Gerçekte literatürde oksitlerin miktarındaki düşüş ile pişmiş ürünün beyazlığı artar ve “b” değeri azalır [13].

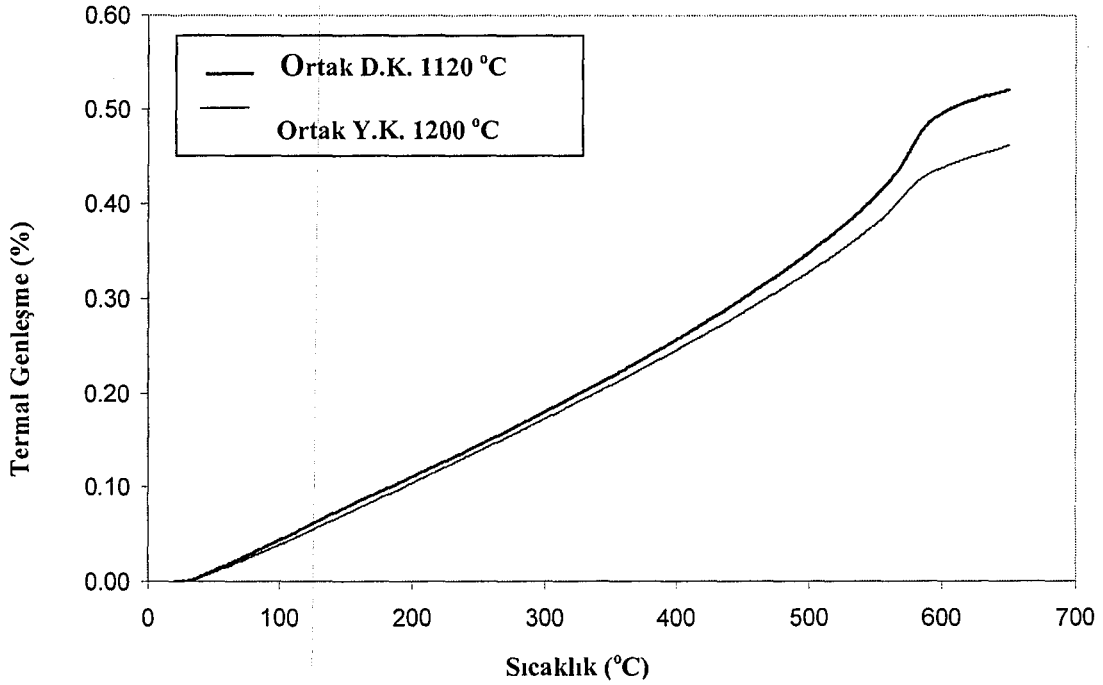
Çeşitli sıcaklıklardaki pişme sonuçları incelendiğinde duvar karosu için tepe sıcaklığının  $1140\text{ }^\circ\text{C}$ ; yer karosu için de  $1200\text{ }^\circ\text{C}$  olduğu durumda fiziksel özelliklerin istenen özellikleri sağladığı tespit edilmiştir. İşletme şartlarında deneme üretimi yapıldığında bu tepe sıcaklıklarının uygulanması düşünülmektedir.

şekil 4.5 'de ortak yer ve duvar karoları dilatometrik lineer pişme küçülmesi grafikleri görülmektedir. şekilde de grldğu gibi her iki bünyenin de eğrisi yaklaşık  $1080\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar % 0,8'lik büyüme görülmektedir. Bu sıcaklıktan sonra her iki bünyedeki feldispatların ergimesiyle beraber ani bir küçülme görülmektedir.





Şekil 4.5. Lineer pişme küçülmesi eğrileri



Şekil 4.6. 1200 °C'de pişirilen ortak yer karosu ve 1120 °C'de pişirilen ortak duvar karosu bünyelerinin termal genleşme eğrileri

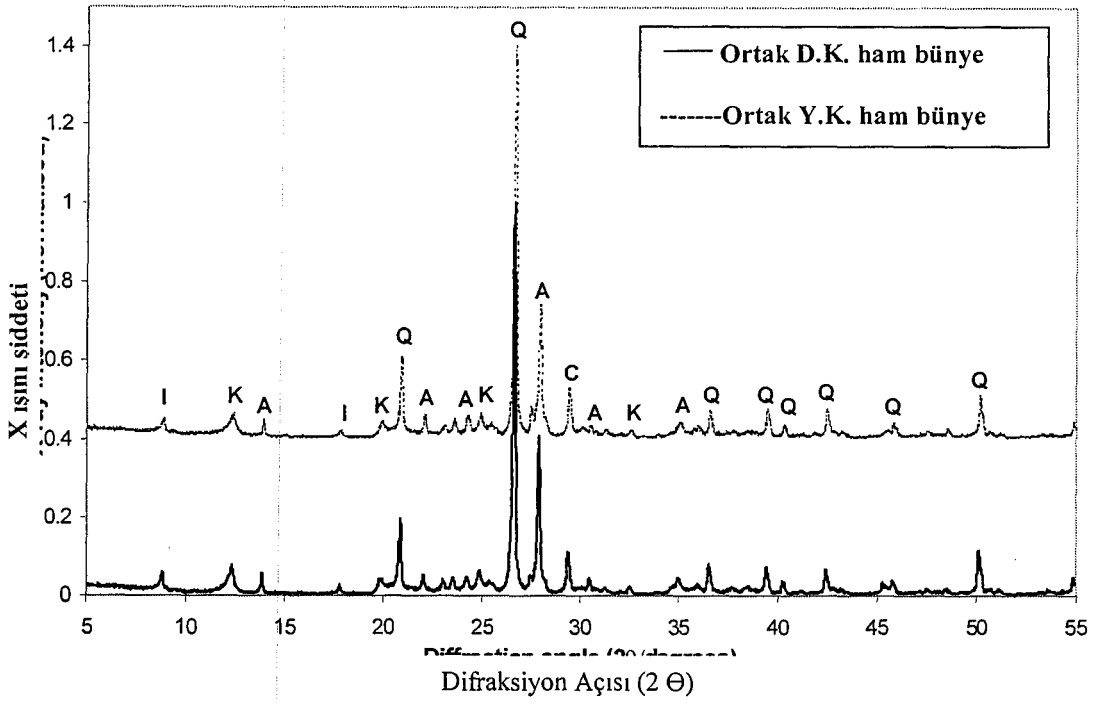
### 4.3 Mineralojik Özellikler

Ham bünyelerin pişirilmeden önce XRD analizleri (Rigaku, Rint 2000, Japonya) marka XRD cihazında yapılmıştır. Şekil 4.7 'de görülen analiz sonuçlarına göre yapıda kaolen, illit, kuvars, sodyum feldspat ve kalsit bulunmaktadır.

Farklı sıcaklıklarda pişirilmiş test numunelerinin (Rigaku, Rint 2000, Japonya) XRD cihazında analizleri yapıldığında; kuvars, albit ve anortit bütün pişirim sıcaklıklarında çeşitli oranlarda görülmüştür. Şunu söylemek mümkündür ki uygulanan hızlı pişirmeden dolayı kuvarsin bir miktarı ergimemiş halde yapıda kalmıştır (Şekil 4.8, 4.9). Kalsitin bir kısmı bozunmuş bir kısmı da  $\text{CaSiO}_3$  yapısında olduğundan pişmiş test numunelerin XRD analizlerinde görülmemektedir.

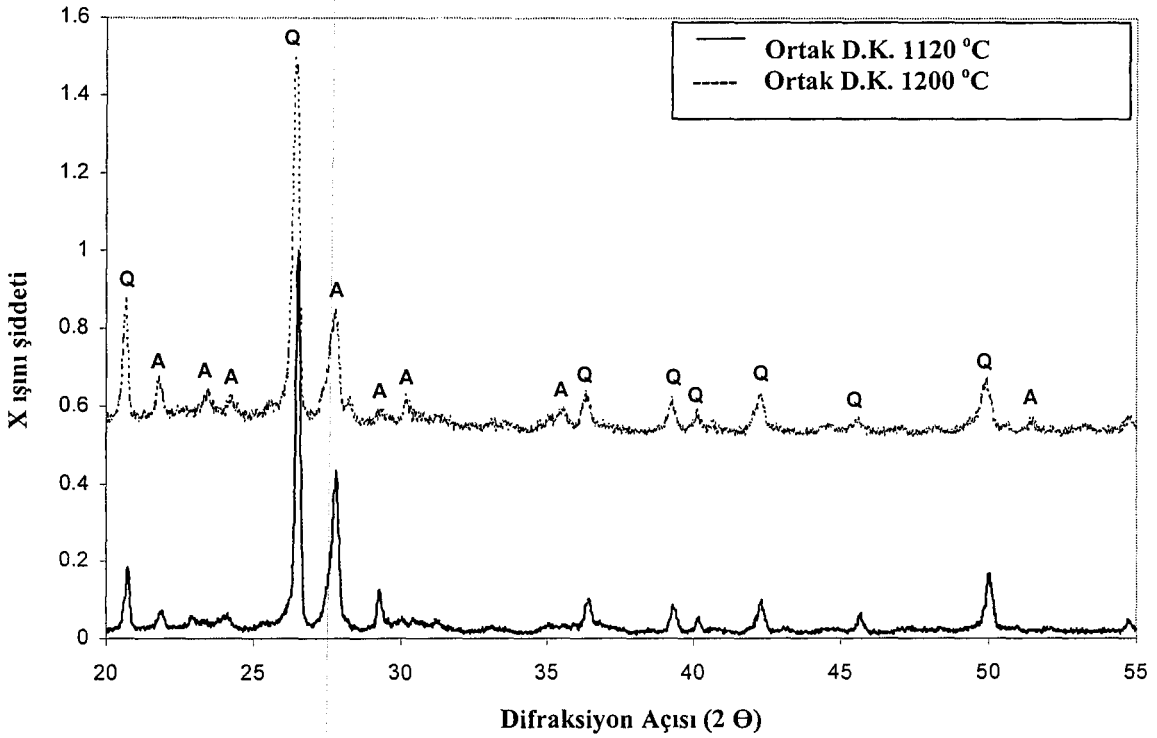
Bunun yanında pişirme sıcaklığı arttıkça amorf fazın da çok az bir şekilde arttığı görülmüştür. Şekil 4.10'da gösterilen XRD analizi incelendiğinde ortak bünyenin artan sıcaklıkla kuvars pikinin şiddetinde azalma olmaktadır.

Bu analizler arasında bir fark yoktur. Fakat daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığında camı fazdaki kuvars ergimesinin daha fazla olacağı açıktır.



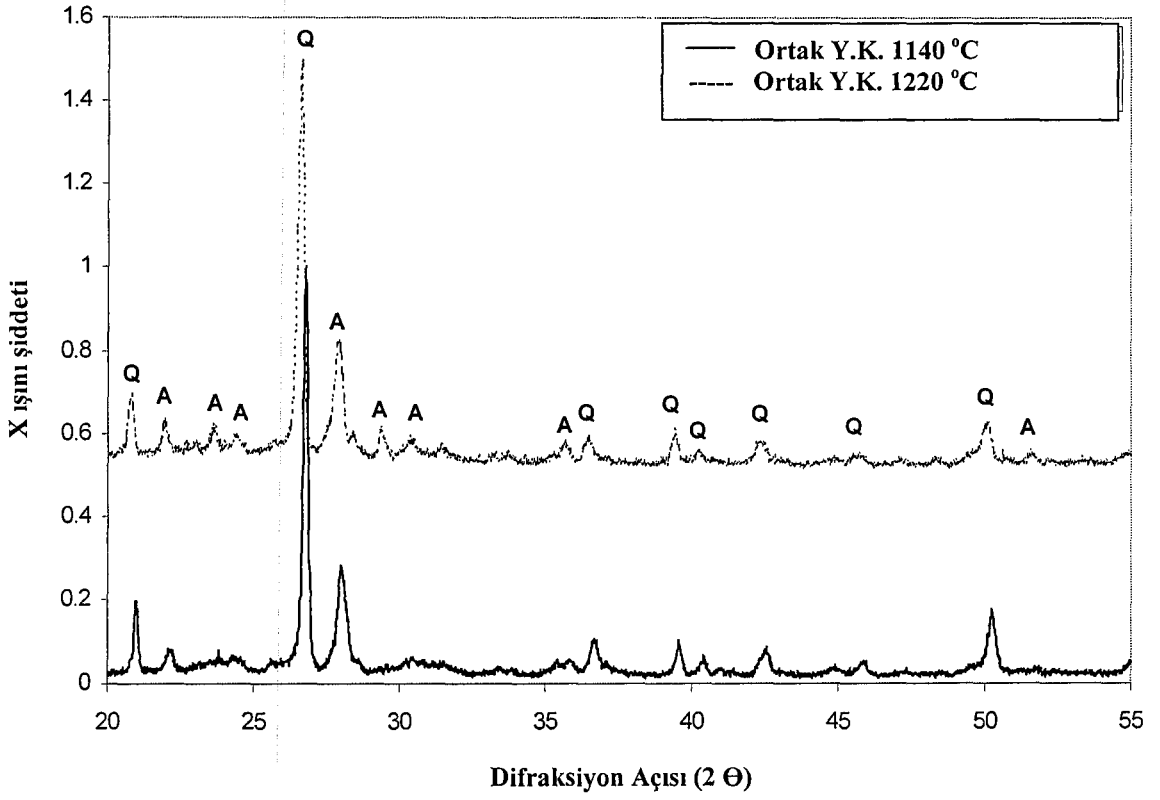
Şekil 4.7. Ham ortak yer ve duvar karosu bünyelerinin karşılaştırması

(I: İllit, K: Kaolen, Q: Kuvars, A: Albit, C: Kalsit)



Şekil 4.8 Ortak duvar karosu 1120 ve 1200 °C'de pişirilenlerin karşılaştırılması

(Q: Kuvars, A: Albit)

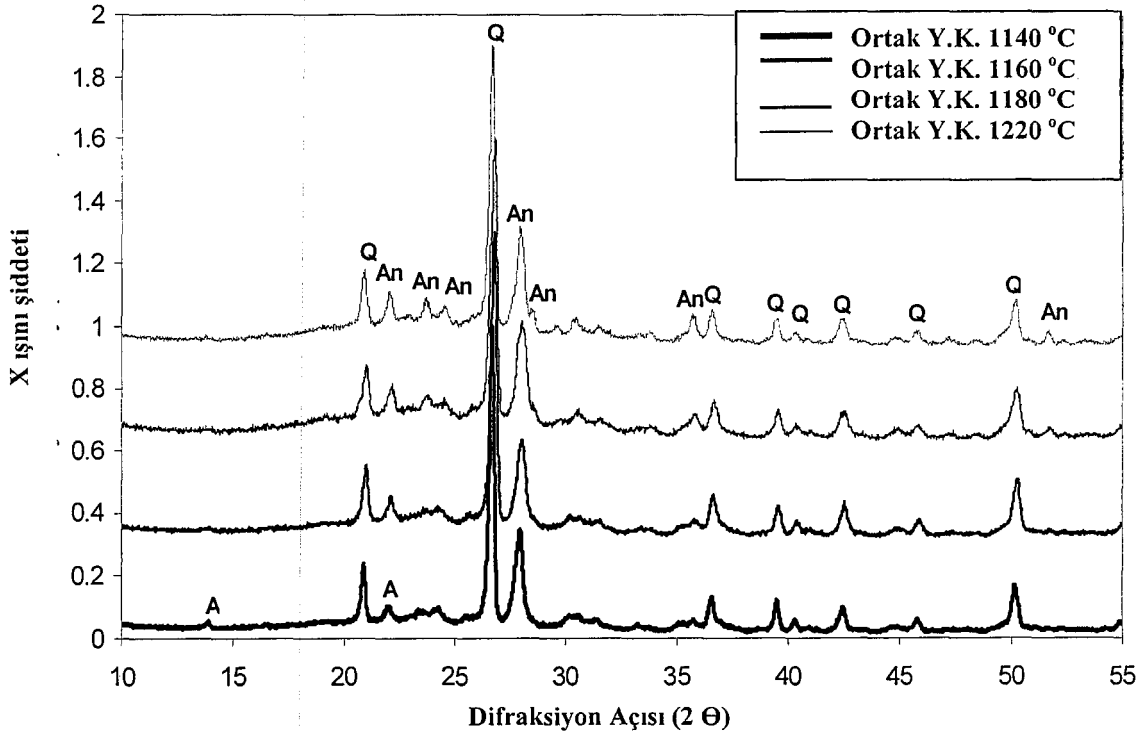


Şekil 4.9 Ortak yer ve duvar karosu bünyelerinin karşılaştırması

(Q: Kuvars, A: Albit)

Şekil 4.10 'da 1140, 1160, 1180 ve 1200 °C 'de pişirilmiş olan ortak yer karosu bünyelerinin karşılaştırılması görülmektedir. Görüldüğü gibi ham bünyede yer alan albit pikleri sıcaklık arttıkça yok olmaktadır. Buradan 1140 °C'nin altındaki sıcaklıklarda albit ergimesinin tam olarak sağlanamadığı görülmektedir.

Magnezyum içeren fazlara rastlanılmamıştır. İncelenen test numunelerinde magnezyumun uygulanan sıcaklıklarda sıvı faza dönüştüğü düşünülmektedir.



Şekil 4.10 Ortak yer karoları çeşitli sıcaklıklardaki analizlerinin karşılaştırılması  
( Q : Kuvars, An: Anortit, A: Albit)

XRD analizlerinden de anlaşıldığı üzere yüksek sıcaklıklarda görülen ana faz anortittir.

#### 4.4 Mikroyapısal Gelişme

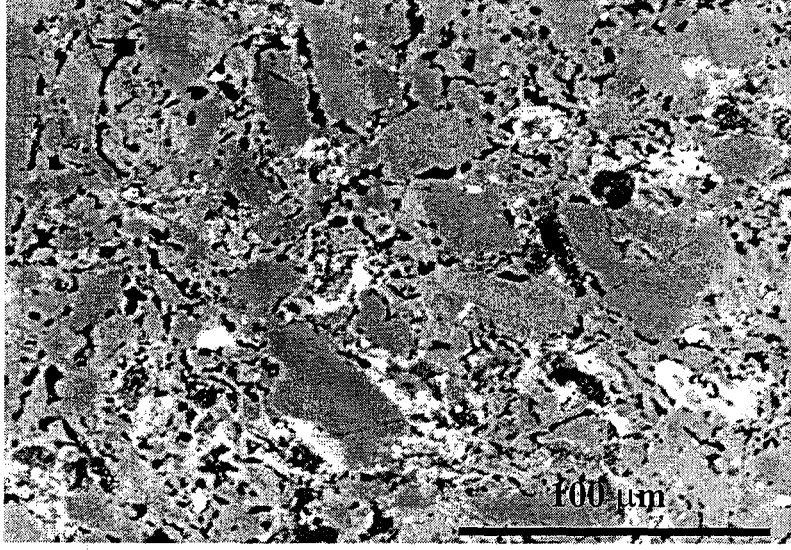
Çeşitli sıcaklıklarda laboratuvar tipi fırında pişirilmiş olan yer ve duvar karosu ortak bünyelerinin taramalı elektron mikroskop (SEM) ile analizleri yapılmıştır.

Küçük kuvars kristallerinin yuvarlaklaşmış kenarları kısmi ergimeyi göstermektedir. % 10'luk HF asidiyle dağlama sonucunda SEM-Camscan S4 Serisi UK marka SEM cihazıyla yapılan inceleme sonunda iğnemsî yapıdaki anortit kristalleri ortaya çıkmıştır.

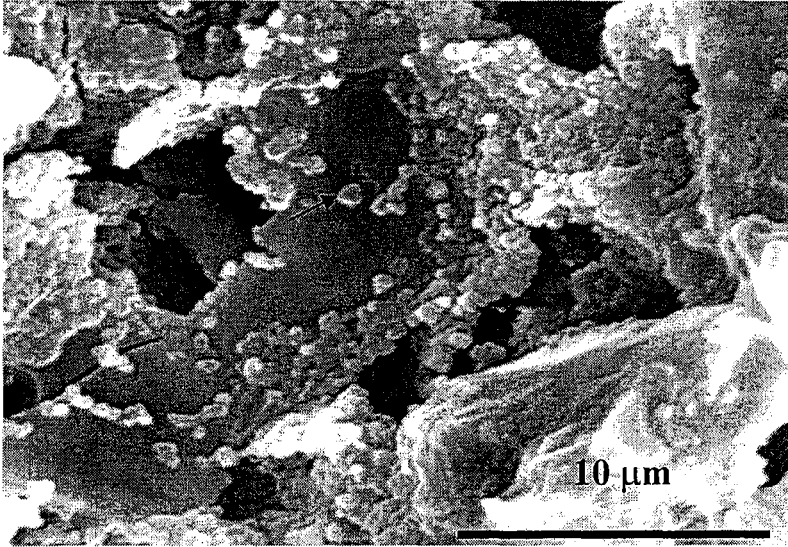
XRD analizlerinde de görüldüğü üzere büyük şekiller halinde anortit kristalleri görülmüştür. Küresel ve prizmatik şekilli kristallere porselen karo bünyelerde rastlanıldığı literatürde belirtilmiştir [11].

1140°C'de pişirilmiş ortak yer karosu bünyesinin parlatılmış yüzeyinin geri saçılım fotoğrafında kalsiyum daha yüksek atom numarasından dolayı daha parlak görülmektedir. Yapıda yüksek oranda porozite koyu renkli görülmektedir (Şekil 4.11).

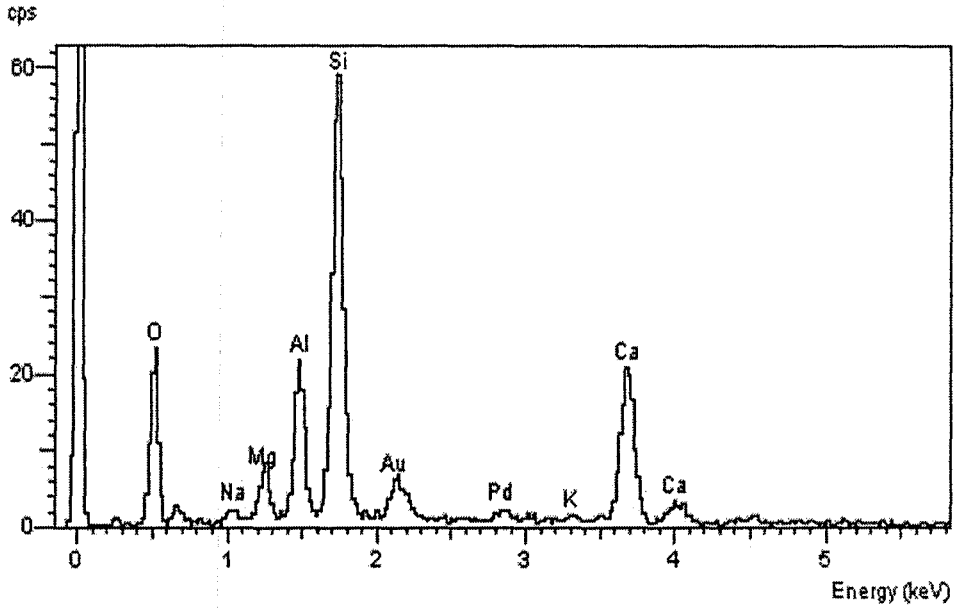
Aynı karonun yüzeyi % 10'luk HF asidi ile 20 saniye süreyle dağlandıktan sonra şekil 4.12 görüntüsü elde edilmiştir. Burada büyük anortit küresel kristaller şeklinde görülmektedir. Bu kristaller üzerinde belirtilen noktadaki EDX analizi şekil 4.13'de verilmiştir. EDX analizinde de görüldüğü üzere yapı anortit oluşumudur.



Şekil 4.11 1140 °C'de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin  
geri saçılımlı elektron görüntüsü



Şekil 4.12 1140 °C'de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin  
dağlanmış ikincil elektron görüntüsü

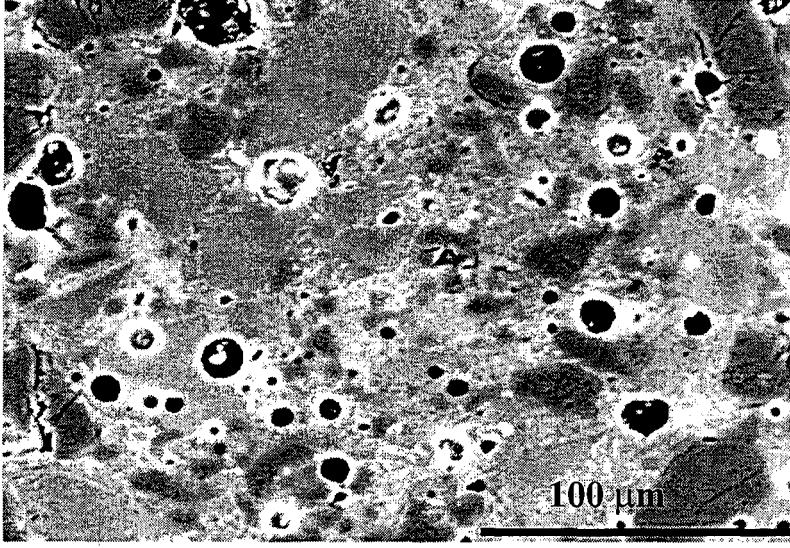


**Şekil 4.13** Şekil 4.12’de belirtilen küresel anortit kristalinin üzerindeki noktanın temsili EDX analizi (1140°C)

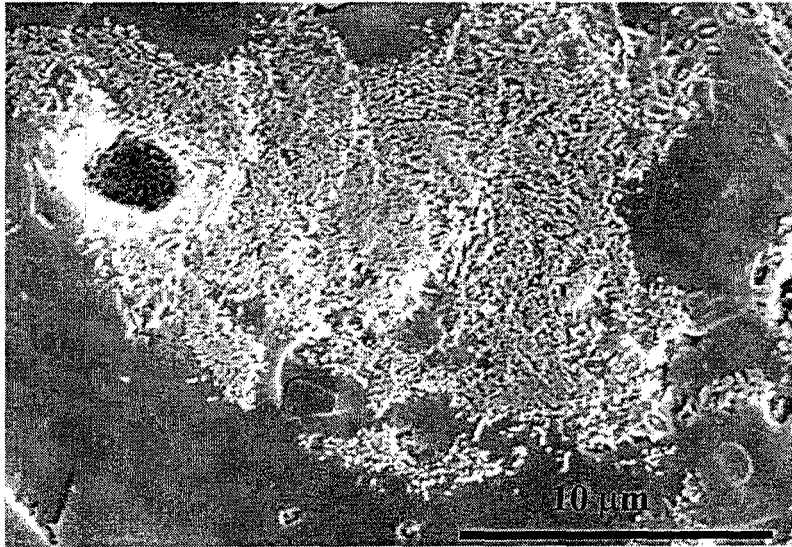
1220 °C’de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin SEM incelemesinde artan sıcaklıkla beraber vitrifikasyonun arttığı görülmektedir. Sıvı faz büyük porları kaplamıştır. Küçük porların sayısı azalmıştır. Kuvars tanelerinin köşeleri yuvarlaklaşmış ve kısmi ergime başlamıştır (Şekil 4.14).

Aynı numune dağılıp incelendiğinde iğnemsî anortit kristalleri görülmüştür (Şekil 4.15, 4.16, 4.18 ve 4.19 ). Ayrıca bu karoda mullit kristallerine EDX analizi yapılmıştır (Şekil 4.17).

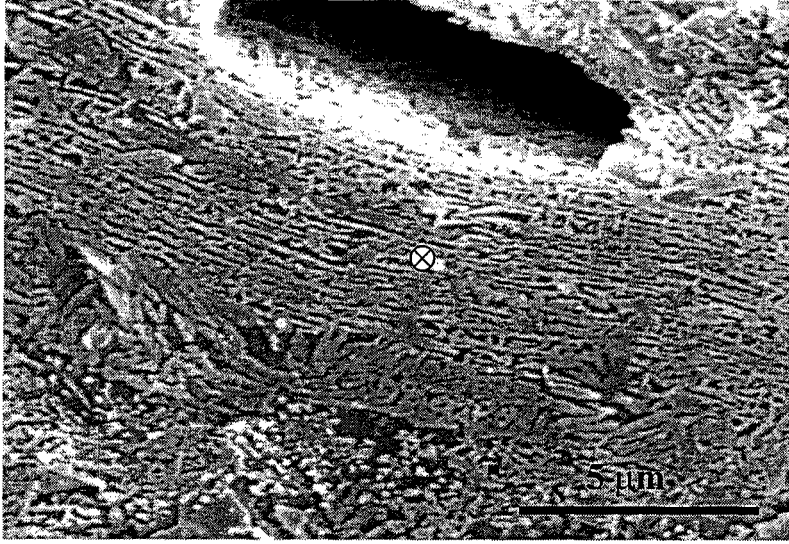




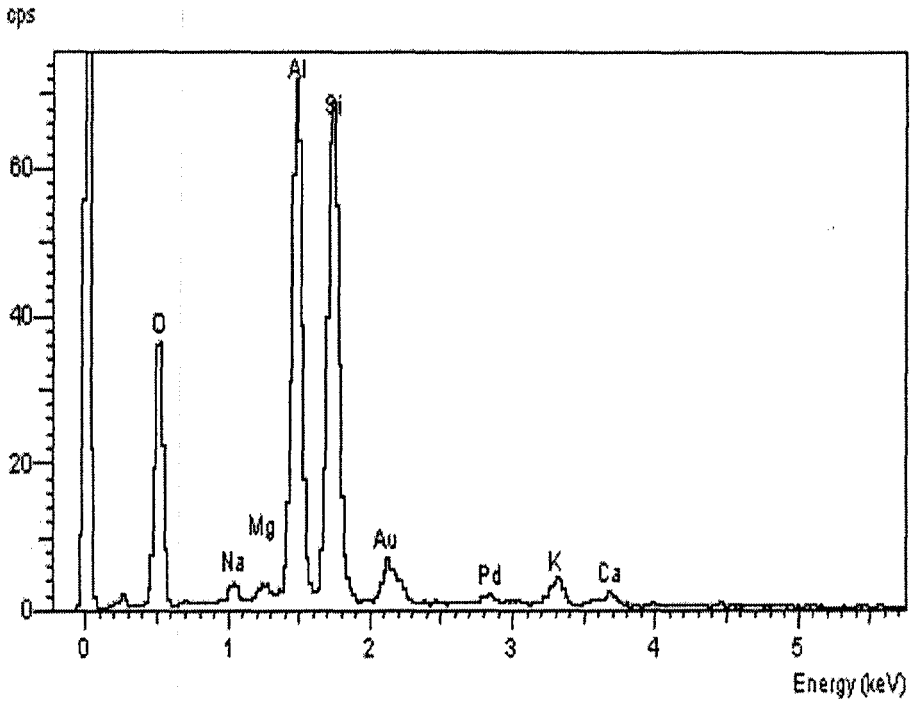
Şekil 4.14. 1220 °C’de pişirilen ortak yer karosu bünyesinin geri saçılımlı elektron görüntüsü



Şekil 4.15.1220 °C’de pişirilen dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü



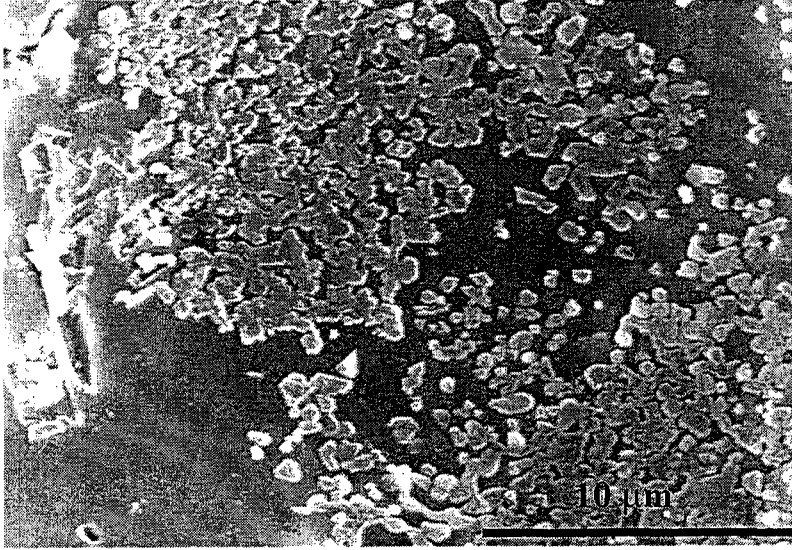
Şekil 4.16. 1220 °C’de pişirilen dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü



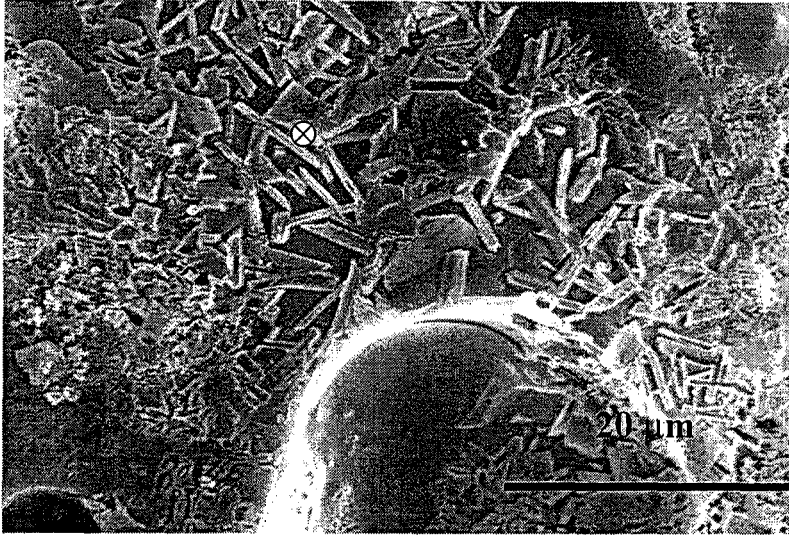
Şekil 4.17. Şekil 4.16’da mullit kristalinin üzerinde belirtilen noktanın temsili EDX analizi

Şekil 4.18 ve 4.19, 1220 °C'de pişirilen numuneden alınan görüntülerdir. Görüldüğü gibi aynı numunede hem küresel hem de iğnemi kristaller görülmektedir. Kristaller üzerinde yapılan EDX analizlerinden yapının anortit oluşumu olduğu görülmüştür (Şekil 4.20). Anortitin hem iğnemi hem de küresel yapısı tek bir bünyede oluşabilmektedir. Literatürde de yapılan araştırmalarda bu tür oluşumlara rastlanmıştır [14].

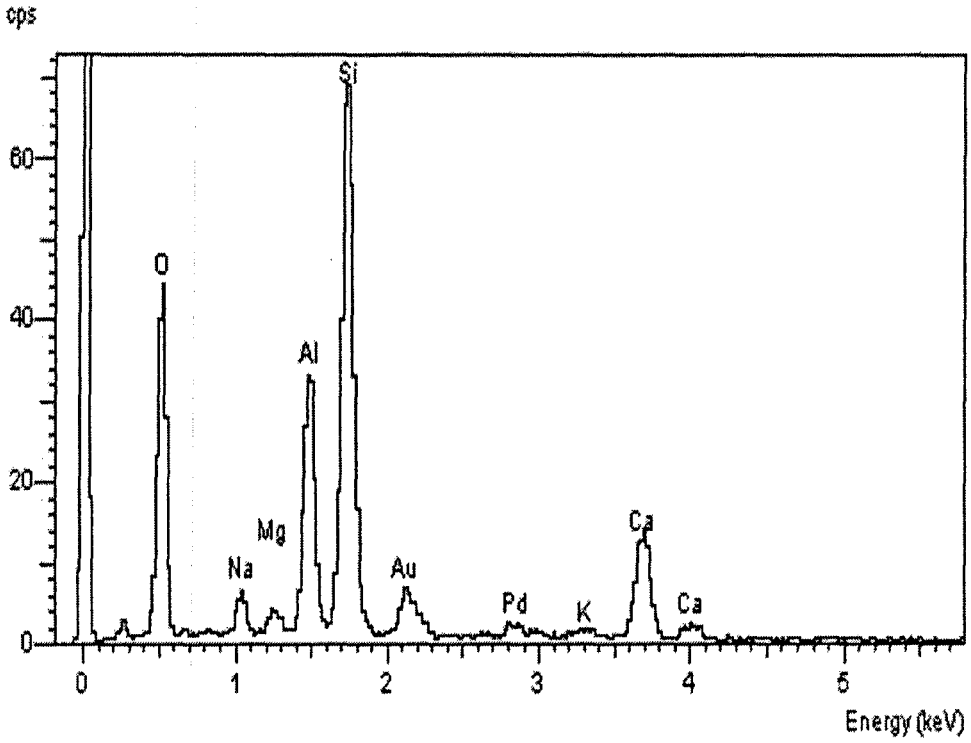
Anortit kristallerinin değişik şekillerde oluşabilmesinin sebebi özel karakteristiği olan vitrifikasyon fazı olabilir. Uygun mikroyapılarda farklı ebatlar ve çeşitli şekillerde oluşabilmektedirler [15].



**Şekil 4.18.** 1220 °C'de pişirilen parlatılmış ve dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü



Şekil 4.19 : 1220 °C'de pişirilen parlatılmış ve dağlanmış ortak yer karosu bünyesinin ikincil elektron görüntüsü



Şekil 4.20. Şekil 4.19'da belirtilen iğnemsli anortit kristalin üzerindeki noktann temsili EDX analizi (1220°C)

## 5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Tez çalışmasında, ortak tek bir bünye ile hem yer hem de duvar karosu üretilmeye çalışılmıştır. Böyle bir bünye kullanılması işletme şartlarında verimlilik, esneklik, maliyetlerin düşmesi, zaman tasarrufu gibi pek çok yarar sağlayacaktır.

İşletmelere büyük kolaylıklar sağlayacak olan böyle bir reçetenin işletme şartlarında değirmenlerde hazırlanacak çamur ile büyük miktarlarda üretilmesiyle bütün veriler daha sağlıklı bir biçimde incelenebilecektir. Bunun yanında pres basınçları değiştirilerek de çeşitli veriler de elde edilebilir.

Öğünme süreleri ile ilgili çalışma yapılamamıştır. İşletme şartlarında değirmen öğünme süreleri araştırılmalıdır.

Ayrıca yapılan çalışmada yer ve duvar karosu ortak bünyeleri için ayrı ayrı elek bakiyeler belirlenmiştir. İşletme şartlarında pres basınçları ile oynanarak tek bir elek bakiye ile çalışma olanağı incelenmelidir.

Bu çalışma sadece çift pişirim duvar karoları dikkate alınarak yapılmıştır. Monoporoza (tek pişirim) duvar karoları için ayrıca reçete çalışması yapılmalıdır.

Reçete maliyetinin artmasına sebep olan Rus Kili 'nin yerine alternatif kil araştırılmalıdır. Aynı özellikleri sağlayan bir kil maliyeti çok düşürebilecektir.

Bilindiği üzere rutubet genişmesi duvar karoları üretiminde dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerden biridir. Duvar karosu bünyelerinde yüksek oranda mermer kullanımı ve alkali içeriği yüksek feldispat kullanılmasından dolayı üretim sonrasında ürünlerde çatlama, ufalanma gibi sorunlar yaşanabilmektedir. Test numuneleri ler rutubet genişmesi testine tabi tutulmuşlardır fakat sağlıklı bir sonuç elde edilememiştir. İşletme şartlarında üretim yapıldığında bu testin de yapılması gerekmektedir.

Yapılan bütün testler TS ISO 10545 standartlarından ilgili olanlarına göre yapılmıştır. Bütün değerler, yer karoları için TS EN 176 ve duvar karoları için ise TS EN 159 standartlarına uygundur.

Ayrıca işletmeler için büyük önem taşıyan maliyet araştırmasının da yapılması gerekmektedir. Fakat bu maliyet araştırması yapılırken sadece hammadde birim fiyatları değil aynı zamanda işletmeye getireceği zaman, verimlilik, daha kolay kontrol, daha az stok bulundurma, kalite ve kapasite artışı gibi getireceği faydalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

## 6. KAYNAKÇA

- [1] BRUSA, A. ve BRESCIANI, A., *Using a multipurpose tile body*, The American Ceramic Society Bulletin, **74** [9] 59-63 (1995).
- [2] IBANEZ, A. ve SANDOVAL, F., *Addition of quartz to fast-fired wollastonite-based wall tile*, American Ceramic Society Bulletin, **81** [6] 53-55 (2002).
- [3] SACMI, *Applied ceramic technology - volume 1*, Editrice La Mandragora s.r.l., Imola, İtalya, 318,11-24, 93 (2002).
- [4] FUJII, N., KAYABALI, İ. ve SAKA, A.H., *Data book of ceramic raw materials of selected areas in Turkey*, İstanbul, Türkiye (1995).
- [5] ÖZÜÇELİK, N., *Seramik kitabı*, Kimya Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, Türkiye, 22 (1980).
- [6] KAYI, A., *Seramik sektöründe şile killeri*, XI. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir, Türkiye (2003).
- [7] SANCHEZ, E., GARCIA, J. ve SANZ, V., *Raw material selection criteria for the production of floor and wall tiles*, Tile and Bricks International, **64** 15-21 (1990).
- [8] SANDOVAL, F. ve IBANEZ, A., *Fast-fired wollastonite-based wall tile bodies*, The American Ceramic Society Bulletin, **78** [5] 72-75 (1999).
- [9] AKKURT, İ., *Çanakkale civarında ki alkali ve hammaddelerin seramik yer karosu üretiminde kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye (2001).
- [10] ÖNEM, Y., *Sanayi madenleri*, Kimya Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, Türkiye (1997).
- [11] SLETSON, L.C., ve REED, J.S., *Microstructure development in a vitrified anorthite porcelain*, The American Ceramic Society Bulletin, **67** [8] 1403-1408 (1988).

- [12] DONDI, M., BIASINI, V., GUARINI, G., RAIMONDO, M., ARGNANI, A., ve DI PRIMIO, S., *The influence of magnesium silicates on technological behaviour of porcelain stoneware tiles key engineering materials*, 206-213 1795-1798 (2002).
- [13] VILCHES, E.S., *Technical considerations on porcelain tile products and their manufacturing process*, Qualicer 2002 Bildiriler Kitabı - Vol. I, 57, Castellon, Spain (2002).
- [14] IBANEZ, A., PENA, P., SANDOVAL, F. ve PENA, J.M.G., *Modifications of the Inert Component in Wall-tile Bodies*, Am. Cer. Soc. Bull., 71 [11] 1661-1668 (1992).
- [15] COMA DIAZ, C. ve GONZALEZ PENA, J.M., *Electron Microscopy of Some Wollastonite Based Porcelains*, Ceramucia International, 6 [2] 67-74 (1980).