

**SERAMİK YER KAROSU BÜNYEDE
BAZALTIN ALTERNATİF BİR
HAMMADDE OLARAK KULLANIMI**

GÖKHAN SAYARER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2006

**USE OF BASALT AS AN ALTERNATIVE
RAW MATERIAL IN A CERAMIC
FLOOR TILE BODY**

GÖKHAN SAYARER

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

February 2006

SERAMİK YER KAROSU BÜNYEDE
BAZALTIN ALTERNATİF BİR
HAMMADDE OLARAK KULLANIMI

GÖKHAN SAYARER

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Cevher Hazırlama Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç Dr. VOLKAN BOZKURT

Şubat 2006

Gökhan SAYARER' in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Seramik Yer Karosu Bünyede Bazaltın Alternatif Bir Hammadde Olarak Kullanımı” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye :

Üye :

Üye :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde ve yakın çevremizde oldukça büyük rezervlerde bulunan bazaltın albite alternatif olarak yer karosu bünyesinde kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla bazalt, yer karosu bünyesine %0-30 arasında %5'lik artışlar halinde albite alternatif olarak ilave edilmiş ve %30 albit içeren standart bünyeye karşılaştırmalı olarak öncelikle standart fiziksel testlere daha sonra x ışını difraksiyonu cihazı ve elektron mikroskobu kullanılarak mikro yapısal analizlere tabii tutulmuştur.

Fiziksel testler sonucunda artan bazalt oranına bağlı olarak deneme bünyelerde standart bünyeye göre pişme küçülmelerinin arttığı, su emme değerlerinin azaldığı ve pişme mukavemet değerlerinin önemli oranda arttığı görülmüştür. Bu değişiklikler bazalt içeren bünyenin toplam alkali içeriğinin fazlalığı ve buna bağlı olarak standart bünyeye göre daha iyi sinterleşme özellikleri göstermesi ile açıklanmıştır. Renk değerleri ölçümleri sonucunda bazalt içeren bünyelerde artan bazalt oranına bağlı olarak rengin önce griye daha sonra kahverengiye döndüğü görülmüştür. Bazalt içeren bünyelerin renginin kapatılması için bir adet engop ve sır uygulaması yapılmış ve renk uyumluluğu açısından standard reçeteye yakın bir renk elde edilmiştir.

Pişmiş numunelerin x ışını difraksiyonu (XRD) ve elektron mikroskobuyla yapılan mikro yapı analizleri sonucunda, standart reçeteye göre önemli bir faz ve mikro yapı değişiminin olmadığı gözlemlenmiştir.

Yukarıdaki sonuçlar ışığında ülkemizde ve yöremizde oldukça yüksek rezervlerde bulunan bazaltın seramik bünyelerde alternatif bir alkali kaynağı olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

SUMMARY

In this study, the possible use of basalt as an alternative raw material in a floor tile body was investigated. For this purpose basalt was added to floor tile body 0-30% with a 5% increments substituting albite. Trial bodies were subjected to first standard physical tests than micro structure analysis using x-ray diffraction and scanning electron microscopy comparatively with a standard body containing 30% albite.

As a result of physical tests, it was found that total firing shrinkage values were increased while water absorption values were decreased in addition firing strength values were increased substantially with an increasing amount of basalt addition. These changes in physical tests were attributed to the higher total alkali content of the trial bodies as a result showing better sintering behavior than the standard body formulation. Chromatic values of the trial bodies were measured as well and it was found that L^* -values (lightness) decreased with an increasing amount of basalt colors varying from gray to brown with an increasing amount of basalt. Frit and engop was applied to change the original color of fired trial bodies and chromatic values close to the standard body was obtained.

Comparative micro structural evolution of the trial bodies and standard body using x-ray diffraction and scanning electron microscopy showed that there were not significant differences between micro structures of trial bodies and standard body.

As a result of physical tests and micro structural analysis, it was found that basalt could be used in a floor tile body formulation as a raw material substituting albite.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tezimin hazırlanmasında göstermiş olduğu ilgi, anlayış ve yardımlarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Volkan BOZKURT'a, analizler ve bilimsel destekleri için Doç. Dr. Alpagut KARA'ya, çalışmalarda kullandığım bazaltı temin etmemde yardımcı oldukları için Doğuş Madencilik Yönetim Kurulu Başkanı Fikret DOĐANCI'ya, laboratuvar çalışmalarında sağladıkları imkan ve yardımlar için Yurtbay Seramik Yönetim Temsilcisi İlknur TATAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi, içten desteklerinden dolayı aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ	1
2.YER KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER	2
2.1 Kil	2
2.2 Kaolin	3
2.3 Feldspat	4
2.4 Kuvars	9
2.5 Alternatif Bir Hammadde : Bazalt	11
2.5.1 Alternatif Hammadde Arayışlarının Nedenleri	11
2.5.2 Bazaltın Tanımı	11
2.5.3 Bazaltın Kullanım Alanları	14
3.YER KAROSU ÜRETİMİ	16
3.1 Öğütme	16
3.2 Püskürtmeli Kurutucu	17
3.3 Presleme	18
3.4 Kurutma	19
3.5 Sırlama	19
3.6 Stoklama	19

İÇİNDEKİLER (devam)

SAYFA

3.7 Pişirme	20
3.8 Kalite Kontrol	22
3.8.1 Boyut ve Kalınlıkların Kontrolü.....	22
3.8.2 Gönyeden Sapmanın Kontrolü	22
3.8.3 Eğilme Dayanımının Kontrolü	22
3.8.4 Su Emmenin Kontrolü	23
3.8.5 Isıl Şok Testi.....	23
3.8.6 Basıncılı Buhara Dayanım Testi.....	23
3.8.7 Lekelenmeye Dayanım Testi.....	24
3.8.8 Asit ve Alkalilere Dayanım Testi.....	24
3.8.9 Yüzey Sertliğinin Kontrolü	24
3.8.10 Sırlı Yüzey Aşınmasının Kontrolü	25
3.8.11 Dona Dayanımının Kontrolü.....	26
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	28
4.1 Kullanılan Malzemeler	28
4.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması	29
4.2.1 Reçete Hazırlama.....	29
4.2.2 Granül Hale Getirme.....	30
4.2.3 Presleme	30
4.2.4 Kurutma	31
4.2.5 Pişirme	31
4.3 Uygulanan Deneyler	31
4.3.1 Boyut Değişimi.....	31
4.3.2 Mukavemet.....	31
4.3.3 Su Emme	32
4.3.4 Renk Değerleri Ölçümü	32

İÇİNDEKİLER (devam)

SAYFA

4.4 Deney Sonuçları	33
4.4.1 Toplam Küçülme	33
4.4.2 Su Emme	33
4.4.3 Mukavemet.....	34
4.4.3.1 Ham Mukavemet.....	34
4.4.3.2 Kuru Mukavemet	35
4.4.3.3 Pişmiş Mukavemet.....	35
4.4.4 Renk Değerleri	36
4.5 Pişmiş Numunelerin Faz Analizleri	37
4.6 Pişmiş Numunelerin Elektron Mikroskopunda İncelenmesi	38
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	40
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
3.1	Yer Karosu Akım Şeması	27
4.1.	Bazalt Numunesinin XRD Analizi	29
4.2.	STD, B1, B3 ve B6 Kodlu Reçetelerin XRD Analizi Sonuçları.....	37
4.3.	STD Kodlu Numuneden Alınan Temsili Geri Saçınımlı Elektron Görüntüsü (x250).....	38
4.3.	B6 Kodlu Numuneden Alınan Temsili Geri Saçınımlı Elektron Görüntüsü (x250).....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Bazı Feldspat Minerallerinin Kimyasal Bileşimi	6
2.2	Kuvarın Isısal Değişimi	9
2.3	Bazaltların Kimyasal Bileşimleri (Yılmaz, 1997)	13
4.1	Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri	28
4.2	Reçete Oranları	30
4.3	Toplam Küçülme Değerleri	33
4.4.	Su Emme Değerleri	34
4.5.	Ham Mukavemet Değerleri	34
4.6	Kuru Mukavemet Değerleri	35
4.7	Pişmiş Mukavemet Değerleri	36
4.8	Numunelerin Renk Değerleri	36
4.9	Sır ve Engop Uygulanan Numunelerin Renk Değerleri	37

1 GİRİŞ

Seramik sektörü, ülkemiz için hızla gelişen ve dünya pazarında önemli bir konuma gelmiş bir sektördür. Ülkemiz seramik sektörü açısından zengin hammadde kaynaklarına sahip bir konumda yer almaktadır. Teknolojik ilerleme ve seramik sektörünün hızla gelişmesi sonucu hammadde ihtiyacı büyük oranda artmıştır. Hızlı üretim, rekabet koşulları ve kaliteli ürün talepleri, kaliteli hammadde kullanımını gerektirmiştir. Her geçen gün tükenen kaliteli hammadde kaynaklarına, alternatif kaynaklar araştırmak ve geliştirmek hız kazanmıştır.

Alternatif hammaddelerin seramik bünyelerde, mevcut hammaddelerin özelliklerini taşıması veya özelliklerini sağlaması önemlidir. Bu amaçla, alternatif hammaddelerin kompozisyon olarak;

- Silika kaynağı olması,
- Alümina kaynağı olması,
- Alkali kaynağı olması gereklidir.

Bazalt, dünyanın her tarafında bulunan ağır, koyu renkli bir lavdır. Yeryüzünde en çok rastlanan volkanik kayalardandır. Yeryüzünün 2,5 milyon km²'den fazla yüzeyini bazaltlar örter. Genel olarak kayaç yarı yarıya feldispat ve demir–magnezyum minerallerinden oluşur.

Bu çalışmada, ülkemizde ve yöremizde oldukça büyük rezervlerde bulunan bazaltın albite alternatif olarak bir yer karosu bünyesinde kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla bazalt bünyeye %5, %10, %15, %20, %25 ve %30' a kadar artan oranlarda albite alternatif olarak ilave edilmiş ve standart bünye ile fiziksel ve mikro yapısal olarak karşılaştırılmıştır.

2 YER KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

2.1 Kil

Kil mineralleri belirli sıcaklıklar, basınçlar, iyonlar vb. gibi spesifik jeokimyasal ve fiziksel şartların konfigürasyonu sonucunda oluşur. Genellikle kil mineralleri şu beş tip jeokimyasal süreçler içinde oluşabilir; ayrışma, sedimentasyon, gömülme, diyajenez ve hidrotermal alterasyon. Kil mineralleri genellikle tek mineralli yataklar oluşturmazlar. Killer, sulu alüminyum silikat olup bu sınıflama içerisindeki tüm mineraller için tane boyu 1/256 mm veya 4 μ olarak verilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kil boyutunun 2 μ 'na kadar düştüğü savunulmaktadır. Daha büyük boyutları kil kavramına dahil edilmemektedir (D.P.T., 2001).

Kilerin özellikleri; kation değiştirme kapasitesi, suyla etkileşim, organik bileşiklerle etkileşim, plastisite, tiksotropi, emülsiyon vb. gibi kendilerine özgü olan mineralojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri ile doğrudan veya dolaylı yoldan ilişkilidir. Bu özellikler killeri endüstri için çok yönlü, kullanışlı malzemeler kılar. Kil suyla karıştırıldığında plastiklik gösterir ve şekillendirilen ürünün kurutma veya pişmeden sonra bu şeklini korumasını sağlar.

Bu nedenle kil seramik bünyede aşağıda verilen fonksiyonları yerine getirir:

- Alümina (Al_2O_3) ve silikanın (SiO_2) ucuz bir kaynağını oluşturur.
- Bağlayıcı olarak görev yapar.
- Ürüne yaş ve kuru halde iyi mekanik mukavemet verir.

Killer tane boyutu, tane şekli ve bünyelerinde buldukları sudan dolayı plastik karakterlidirler. Sudan başka alkali oksitlerin yanı sıra karbon, kükürt ve karbonatları da içerirler. Bu nedenle pişirim esnasında bir çok reaksiyon gerçekleşir. Isıtıldığında 200°C'ye kadar fiziksel suyunu atar. 200°C ile 650°C arasında karbonatlar

ve sülfatlar parçalanır. 980°C’de ise müllit oluşumu başlar ve çekme meydana gelir. Bu sıcaklıktan itibaren camlaşma başlar.

2.2 Kaolin

Kaolinler tortul ve artık yataklar olarak oluşurlar. Artık kaolin yatakları ana kayacın yerinde altere olması ile oluşurlar. Bununla birlikte refrakter malzeme olarak kullanılanlar genellikle tortul kökenlidirler. Ergime dereceleri 1760°C olup, daha çok refrakter malzeme olarak değerlendirilmektedirler. Kaolinit, bir kil minerali olup, iki tabakalı ve eş boyutlu özelliğinden dolayı diğer kil minerallerinden ayrılmaktadır. Bu ayrılma kristal yapısı dikkate alınarak yapılan bir mineralojik sınıflamadır. Fiziksel özellikleri ve bulunduğu ortam şartı nedeniyle kaolinleşme, orijinal ana kayacın alterasyon (bozunma) işleminin yerinde gerçekleşmesiyle oluşan cevherleşmedir. Yani bir kaolin yatağını bir kil yatağından ayıran en önemli fiziksel faktör, cevherleşme ile orijinal kayacın aynı yerde olmasıdır. Kil yatakları ise taşınarak depolanmış yataklardır. İster kaolin yatağında ister kil yatağında ana mineral kaolinit olması halinde, kaolin olarak sınıflandırılabilir. Kil yatağında orijinal birincil mineralin başka mineral olması halinde kaolinden ayrılarak halloysit, illitik kil, montmorillonitik kil v.s gibi isimlerle orijinal kaynaktan itibaren ayrılmaktadır (M.T.A., 1995).

İdeal Kaolin Bileşimi; $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ bileşimlerinden oluşup kaolinit içeriği aşağıdaki gibidir;

SiO ₂ (Silika)	%46,54
Al ₂ O ₃ (Alüminyum Oksit)	%39,50
H ₂ O (Su)	%13,96

Kaolin içindeki Al₂O₃ haricindeki diğer bileşenlerin yüksek olması demek, Al₂O₃ oranının idealden (%39,50’den) az olması demektir. Buda kalitesinin daha düşük olması demektir.

Kaolinler killere göre çok az plastiktirler. Bünyelerinde daha çok kristal su bulundurlar. Yer karolarında kullanılan kaolinler daha çok karonun ısı karşısında deforme olmasına engel olur. Killere göre kaolinlerin ısıl genleşme değerleri yüksektir. Genelde kaolinler yer karolarında dolgu malzemesi olarak kullanılır.

2.3 Feldispat

Potasyum, sodyum ve kalsiyum alümina silikat bileşimli mineral gruplarına feldispat denilir. Seramik çamuruna Na_2O , K_2O , CaO bileşiklerinin girmesiyle yapıda cam fazın oluşması sağlanır. Çamurlarda sinterleme sonucu cam fazı oluşturduğu gibi sirlarda eriticilik özelliği gösterirler.

Seramik reçetesine flakslar (eriticiler), bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Alkali içeriği, feldispat nispeten düşük erime sıcaklığa kazandırır. Böylece kil, feldispat ve kuvarstan oluşan tipik seramik reçetesinde feldispat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer, buna karşılık kil ve kuvarsı katı halde ıslatır ve gözenekler arasında dereceli olarak dağıtıldıkça, yüzey gerilimi taneleri birbirine çeker. Belirli bir minerolojik bileşime sahip her seramik hamuru, bu mukavemet kazanma ve yoğunlaşma işlemlerinin gerçekleştiği sabit bir pişme sıcaklığına sahiptir ve bu sıcaklık genellikle $1100\text{-}1300^\circ\text{C}$ arasında bulunur. Örneğin porselen, yarı camsı porselen ve sıhhi tesisatta bu sıcaklık 1300°C , buna karşılık sert porselen imalatında pişirme sıcaklığı 1400°C civarındadır. Eritici (flaks), pişirme sırasında seramik bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder ve ürün fırından istenen camlaşma derecesinde çıkar.

Eritici özelliğine etki eden faktörler arasında silika içeriği, bünye bileşimi ve daha önemli olarak toplam alkali içeriği ile Na_2O , K_2O ve LiO_2 gibi alkali oksitlerin oranları sayılabilir. Alkali içeriği yükseldikçe, eritici özellik de artar ve buna bağlı olarak erime noktası düşer.

Feldispatlar, izomorf karışımları ve oluşum özellikleri bakımından iki gruba ayrılırlar.

1- Alkali Feldispatlar

2- Plajioklaslar

1. Alkali Feldispatlar

Bu mineraller arasında kristolografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük çaplı bir katyon olan potasyumun bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik, sodyum bakımından zengin olanlar trikliniklidir.

Alkali feldispatlarda potasyum ile sodyum feldispatlar arasında katı çözelti oluşum alanları çok dar olup, potasyum yerini belirli ölçülerde ve bazı fiziki şartlarda sodyum alabilir. Tabiatta potasyum feldispatlar çoğunlukla sodyum feldispatlarla birlikte ve daha tali olarak da kalsiyum feldispatlarla birlikte bulunur. Bu grup içerisinde gerek oluşum gerekse seramik sektörü için en önemli olan ortoklastır. Bu grubun sinterleme aralığı, sodyum feldispatından daha geniştir. Bu da sinterleşen ürünün mukavemetinin fazla olmasını sağlar.

2. Plajioklaslar

Sodyumlu feldispatlardan, plajioklas grubunun kalsiyum içermeyen üyesi albit olup, formülü $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 'dir. Doğada albit, potasyum feldispat ile katı çözelti oluşturmayıp, ancak bir miktar potasyum feldispat ile birlikte bulunur. Albitlerin seramik ve cam hammaddesi yönünden önemi çok fazladır.

Feldispatlar doğada çok yaygın bulunmasına rağmen az sayıda oluşum cam ve seramik sanayiine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, feldispat, özellikle potasyum feldispat oluşumlarının büyük çoğunluğunun ince taneli kayaçların bileşeni olarak bulunması, demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır.

Seramik ve cam sektörü için feldispatların erime derecelerinin büyük önemi olup, büyüklükleri ve erime dereceleri büyük rol oynamaktadır. Literatürde kesin rakamlar bulunmakla birlikte çok az miktarlarda da olsa içlerinde diğer feldispat kristallerinin izomorf halde bulunmaları erime derecelerini değiştirmektedir. Örneğin;

- 1- Potasyum Feldispat : 1170°C
 2- Sodyum Feldispat : 1122°C
 3- Kalsiyum Feldispat : 1500-1550°C’lerde erimekte-dir (D.P.T., 2001).

Çizelge 2.1. Bazı Feldspat Minerallerinin Kimyasal Bileşimi

Mineral	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Albit	11,0	-	-	19,4	68,8
Ortoklas	-	10,9	-	18,4	69,7
Anortit	-	-	20,1	28,6	43,3

Ticari feldispatlar; potasyum feldispat ve albit, birkaç cins feldispat mineralini içinde bulundurur. Bu nedenlerle teorik formüllere ulaşmak mümkün değildir. Ayrıca bu sektörde hiç istenmeyen mika (muskovit ve biyolit), turmalin, granat vb. mineraller kaliteyi etkileyen en önemli unsurlar olup, ekonomik bir şekilde manyetik ayırma ve flotasyon suretiyle bunları azaltmak mümkündür.

Feldispat, yerkabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimenter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretimi veya feldispat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaçların direkt olarak sanayide kullanımı mümkün olmaktadır. Ticari feldispat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleri şunlardır.

- Pegmatitler : Potasyum feldispat ve kuvarsın hakim olarak bulunduğu ayrıca başka ekonomik mineraller de içerebilen, kaba taneli magmatik bir kayaçtır. Genellikle

granit-granodiyorit bileşimli kayalarla ilişkili olarak bulunur. Ayrıca metamorfik provenanslarda da bulunmaktadır. Sanayide direkt olarak veya zenginleştirmeyi müteakip kullanılmaktadır.

- Aplitler : Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayacın dokusunu; ticari olarak ise, büyük ölçüde albitten oluşan feldispatik bir damar veya dayk kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayide kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayalarla ilişkili olarak oluşmuşlardır.

- Feldispat Filonları : Granitik kayaların kendi bünyeleri içinde veya kontakt halindeki yan kayalarda enjeksiyon damarları halinde oluşmuş feldispatça zengin sokulumlardır. Çok zengin tenörlü sodyum veya potasyum feldispat içerirler, impürite oranları daha düşüktür.

- Nefelin Siyenit : Silisçe fakir kristalin bir kayacın olup albit ve mikroklin türü feldispat ile nefelinden oluşur. Az miktarda mafik silikatlar ve diğer aksesuar mineralleri içerir. Dünyada geniş yayımlıdır. Serbest silis içermemesi, yüksek alkali ve alümine içerdiği, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, cam endüstrisine ideal uyum gösteren karakteristiklerdir. Bu mineralin feldispata kıyasla daha yüksek alümina ve alkali katılımı anlamına gelmektedir. Kayacın endüstriyel özelliklerini temin eden nefelin minerali $Na_3KAl_4Si_4O_{16}$ kimyasal bileşimine sahip, $Na/K=3/1$ olan, hegzagonal sistemde kristallenen, Mohs sertliği 5-6 ve özgül ağırlığı $2,5-2,7 \text{ gr/cm}^3$ olan bir mineraldir. Alterasyon sonucunda sodalit, kankrinit, zeolit türleri ve özellikle de analime dönüşür. Nefelinli siyenitin bazı türleri: kongressit, kregmantit, ditroit, fenit, foyait, iyolit, laurdalit, litfieldit, melteigit, miyaskit, monmoutit, raglanit, rouillit ve urtit'tir. Nefelinli siyenit, Türkiye açısından da potansiyel feldispat kaynağı olarak gelecek vaat etmekte olup, Kırşehir masifindeki sodalitli siyenit ve miyaskit türü kayalar, zenginleştirme çalışmaları sonucunda Norveç nefelinli siyenitine eşdeğer alkali zenginleşmesi ve demir oksit/karbonat impüriteleri alt limit değerlerinde oldukça iyi verimle kazanılmış bulunmaktadır. Nefelinli siyenit, önemli bir silika (%59-60 SiO_2), alümina (%23-24 Al_2O_3) ve alkali (%9,8-10,2 K_2O) kaynağıdır.

- Alaskit : ABD'de Kuzey Carolina'da Spruce Pine'de en yaygın olarak gözlenen belirli bir kayaç türünü ifade eder. Ancak ticari olarak farklı bileşimdeki granitik kayaçlara uygulanır. Granit-pegmatit arası bir kimyasal bileşime sahip olduğu söylenebilir. Ortalama mineralojik bileşimi: %45 plajiyoklaz, %25 kuvars, %20 mikrolin, %10 muskovit şeklindedir.

- Grafik Granit (Yazı Graniti) : Potasyum-Feldispatın hakim olduğu, sekonder mineral olarak kuvars içeren ve yüksek K_2O oranı istendiğinde kullanılan bir pegmatitik kayaç cinsidir. Ticari değeri üstte belirtilenler kadar fazla değildir.

- Perlit : Potasyum-Feldispat içinde mikroskobik plajiyoklaz büyümelerinden teşekkül eder. Grafik granit ve pegmatitlerde perlit oluşumu yaygındır ve kayaca belirgin bir dokusal özellik kazandırır.

- Feldispatik Kumlar : Doğal veya işlenmiş halde feldispat ve kuvars karışımından oluşmuş kumlardır. Feldispatça zengin kayaçların erozyonu ve taşınıp depolanması sonucu oldukça zengin plaser yataklar oluşabilir ve büyük rezerv arz edebilir. Bazı pegmatitik metalik maden işletmelerinde zenginleştirme sırasında yan ürün olarak da elde edilmektedir. Bu tür feldispat kumları kaolinlerin yıkanması sırasında da açığa çıkmaktadır.

- Altere Granitler : Granitik kayaçların atmosferik şartlar altında veya hidrotermal etkilerle belirli ölçüde alterasyonu sonucu, içerdiği feldispatlarda kaolinleşme gelişir ve kayaç bünyesindeki mafik mineraller belirli ölçüde uzaklaştırılarak demir oksit impüritesi azalır. Saf feldispat kaynaklarının son yıllarda rezerv yönünden darboğaza girme eğilimi göstermesi neticesinde söz konusu granitlerin seramik sanayiinde değerlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır.

2.4 Kuvars

Kimyasal formülü SiO_2 olup özgül ağırlığı 2,6, sertliği 7'dir. Granitlerin, liparitlerin, tonalitlerin ve kuvarslı porfirlerin bileşiminde bulunur. Tortul kütlelerden kuvarsitleri ve greleri meydana getirir.

Saf kuvars daima renksiz ve saydamdır. Volkanik kayaçların bileşiminde %12 oranında bulunur. Ufalanıp dağılması ile çeşitli iriliklerde çakıl ve kumlar oluşur. Toprakların bileşiminde önemli oranlarda bulunur.

Kuvars seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanma alanı bulur. Seramik endüstrisinde en çok kuvars kumu ve kaya kuvarsları şeklinde kullanılır. Doğada bol ve yaygın olarak bulunan ince taneli kumlar, demir ve diğer zararlı katkıları içermiyorsa, büyük kırma ve öğütme masraflarına gerek olmaksızın seramik endüstrisinde öncelikle kullanılırlar.

Kuvarsın birçok modifikasyonları vardır. Bunlar ısıtma ve pişirme esnasında birbirine dönüşür. Bu dönüşümler esnasında %2,7-7,0 arasında hacim değişmesi olduğundan bu kritik dönüşüm noktalarında kolaylıkla çatlama olur. Çekme ve kırılma mukavemetini azaltır. Çok kuvars ihtiva eden bisküvide soğuma esnasında çekme, glazürlemede fazla olacağından böyle karolar bombeli olarak çıkar.

Çizelge 2.2. Kuvarsın Isısal Değişimi

Modifikasyon	Sıcaklık	Yoğunluk
α -Kuvars	573°C	2,65
β -Kuvars	573-870°C	2,60
β 2-Tridimit	870-1470°C	2,32
β -Kristobalit	1470-1670°C	2,21

Kuvars oda sıcaklığında kararlı formu α kuvars'dır. α kuvars'ın 573°C'ye kadar ısıtılması ile bu sıcaklıkta β kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşlü olup, bu sırada

kuvars hacimce %2'lik büyüme gösterir. Isıtmanın yavaş sürdürülmesi halinde β kuvars 870°C'de β tridimite dönüşür, hacim %12 artar. 1470°C'de β kristobalite dönüşür ve hacim %5 artar. Bu dönüşümler dizini 1713°C'de kristobalitin ergiyerek kuvars camı haline gelmesi ile son bulur.

Kuvarsın tüm bu dönüşümleri tersinirdir. Kuvarsın yüksek sıcaklıktaki formlarından olan tridimit ve kristobalit, soğuma sırasında birden düşük sıcaklık formlarına dönüşürler. Bu formlardan olan β tridimit 163°C'de, γ tridimit 117°C'de β kristobalite 230°C'de oluşur. Silisyum dioksitin dönüşümleri sonucu ortaya çıkan formların hepsi farklı özgül ağırlıklara sahiptir.

Dönüşümler dizisindeki reaksiyonların belirtilen özellikleri göstermesi ve her birinin geri dönüşümlü olması çeşitli faktörlerden etkilenir. Örneğin: yavaş ısıtma ve soğutma, silisyum dioksitin içinde doğadan gelen yabancı maddelerin bulunup bulunmaması ve silisyum dioksitin doğal türü gibi (Sarıöz v.d. 1992).

Silisyum dioksit seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanma alanı bulur. Kuvars katkısı, çamurlarda şu etkileri gösterir:

- Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci katkı oranı arttıkça azalır.
- Pişmiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar.
- Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar. Katkı oranının çok artması ile birlikte küçülme yerine büyüme görülür.
- Eridiği ortamlarda genleşme katsayısını düşürücü etki yapar. Tam olarak erimemesi durumunda, aksine genleşme katsayısını yükseltir. Erimemiş kuvarsın genleşme katsayısı, erimişe göre 150 kat büyüktür.
- Seramik yapılarda iskelet görevi yapar ve deformasyonu önler.
- Asitlere dayanıklılığı artırır.
- Pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir.

2.5 Alternatif Bir Hammadde : Bazalt

2.5.1 Alternatif Hammadde Arayışlarının Nedenleri

- Seramik sanayisinin hızla gelişmesi
- İhtiyaçların artması
- İhtiyaç duyulan ürünler için mevcut kullanılan ve diğer hammaddelerin zamanla azaldığı göz önünde bulundurularak yeni kil yataklarının veya aynı fonksiyonları sağlayacak hammaddelere gereksinim vardır.

Alternatif hammaddelerin seramik bünyelerde, mevcut hammaddelerin özelliklerini taşıması veya özelliklerini sağlaması önemlidir. Bu amaçla, alternatif hammaddeler kompozisyonu olarak;

- Silika kaynağı olmalı,
- Alümina kaynağı olmalı,
- Alkali kaynağı olmalıdır.

2.5.2 Bazaltın Tanımı

Bazalt, dünyanın her tarafında bulunan ağır, koyu renkli bir lavdır. Yeryüzünde en çok rastlanan volkanik kayaçlardır. Endüstriyel hammaddelerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılmasında “aşındırıcı – parlaticı mineraller” sınıfına giren bazalt, jenerik sınıflandırmada “magmatik kayaç” sınıfında yer alır.

Bazalt; yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ve sıcaklığı 600–1300°C arasında değişen uçucu bileşenler (gazlar) bakımından doymuş bir silikat eriyiği olan magmanın; basınç ve sıcaklığın azalması ve katılaşması/kristalleşmesi sonucu oluşturduğu magmatik kayaçların “yüzey kayaçları” grubuna girer. Yeryüzünün 2,5 milyon km²’den

fazla yüzeyini bazaltlar örter. Bazaltik lavlar, daha akıcı olmaları nedeni ile geniş alanlarda yayılım gösterirler (Uz, 1991).

Klasik sınıflandırmada bazaltlar şu sırayı izler;

- Magmatik taşlar
- Feldispatlı taşlar
- Feldispatı Na ve Ca olanlar
- Feldispatoidsizler
- Gabro ailesi (yüzey taşları / volkanik taşlar)
- Yarı kristalin mikrolitli ve camsı olanlar
- Bazalt

Bazalt gabro ailesinin en bazik ve en önemli taşı olup, rengi genellikle siyah, homojen, yoğun ve ağırdır. Bileşiminde ojit mikrolitleri, manyetit ve olivin bulunur. Bazaltın siyah ve ağır olması içerdiği manyetitten ileri gelir. Hatta manyetiti fazla olan bazaltlar manyetik özellik gösterir (Lefond, 1975).

Ticari olarak siyah volkanik kayaç olarak adlandırılan bazalt, piloksaj ve piroksenden meydana gelir. Fakat o kadar ince dokuludur ki, bu mineralleri görmek oldukça güçtür. Genel olarak kayaç yarı yarıya feldispat ve demir–magnezyum minerallerinden oluşur, fakat bünyelerinde az veya çok volkanik cam ile olivinde bulunabilir. Rengi koyu gri ile yeşilimsi siyah arasında değişir. Kurak bölgelerde bazalt mostraları beyaz, kireçli kabuklar oluşturur. Rutubetli bölgelerde ise bazalt içindeki demir, okside olarak bazalta paslı kahverengi bir renk verir.

Bazaltlarda kuvars genellikle hiç görülmez fakat %5'ten fazla kuvars içerenlere kuvars bazalt denir. Bunun dışında bazalt çeşitleri şöyledir;

- Traki bazalt : Sanidin ve yanında biyotit içeren bazalt
- Oseanit bazalt : Çok koyu renkli, olivince çok zengin (%20 – 25) bazalt
- Aknamit : Çok koyu renkli, ojitçe zengin bazalt
- Mujearit : Oligoklas bazaltı, trakitik dokuludur
- Melafir : Altere olmuş bazalttır, koyu yeşil renklidir.
- Bazaltik camlar

Bazaltlar filon, dayk ve akıntı halinde bulunurlar. Bunların lavları daha akışkandır. Bu taşların en karakteristik özellikleri altıgen prizmalar halinde büyük kolonlar oluşturmalarıdır. Prizma eksenleri daima soğuma yüzeyine dik olur. Bunlar magmanın soğuma ve büzülmesinden meydana gelmişlerdir. Bazalt prizmalarının yüksekliği bazen 50m'ye kadar çıkar (Öcal, 1997).

Ülkemizdeki bazaltların genel kimyasal bileşimleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Bazaltların Kimyasal Bileşimleri (Yılmaz, 1997)

Oksit	Manisa (Kula)	Konya (Acıgöl)	Erciyes Dağı (Akdere)	Nemrut Kayaçları
SiO ₂	47,5-48,24	50,13	47,5	46,55
Al ₂ O ₃	18,52-20,95	17,6	18,04	13,23
Fe ₂ O ₃	3,29-4,75	2,49	3,13	1,90
FeO	5,2-6,32	5,00	6,41	7,14
CaO	7,56-8,37	11,26	10,35	18,9
MgO	4,36-5,54	7,09	7,18	7,88
Na ₂ O	5,08-7,66	4,04	3,50	2,96
K ₂ O	0,69-2,31	0,91	0,49	1,26
P ₂ O ₅	0,13-0,97	0,18	0,22	0,22
TiO ₂	-	-	1,36	2,29
MnO	-	-	0,14	0,18

Ülkemizin bazı volkanik arazisinin bir kısmı bazalt veya bazalt lavlarından oluşur. Bunlar Diyarbakır, Elazığ, Eskişehir, Gaziantep, Kastamonu, Kahramanmaraş, Kayseri, Konya, Sivas-Divriği, Tekirdağ, Urfa, Van, Manisa-Kula, Kızılcahamam-Ankara, Adıyaman bazaltları olarak sıralanabilir.

2.5.3 Bazaltın Kullanım Alanları

Bazaltın pek çok kullanım alanı vardır. Bunların bazıları yapıtaşı, döküm taşı, asfalt dolgusu, karo yer döşemesi, sır, pigment, cam, cam-seramik, portland çimentosu hammaddesi, beton agregası ve nükleer atık stabilizatörü sayılabilir. Bu alanlar içinde son yıllarda en yaygın olan ısı ve ses yalıtımı için fiber uygulamasıdır. Sanayide kaya/taş yünü adıyla kullanılmaktadır. Cam yününe göre hem daha yüksek sıcaklığa dayanmakta ve hem de daha iyi ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır.

Asfalt stabilize edici olarak 60-325 mesh'e öğütülülerek %60 oranında kullanılır.

Bazalt sert olduğu için beton agregası olarak kullanılır. Ayrıca aşındırma indeks testinde aşındırıcı toz olarak kullanılır.

Döküm bazalt, doğal bazaltın eritilip kalıba dökülmesiyle elde edilen aşınmaya dayanıklı bir malzemedir. Sertliği 8-9 mohs, basınç dayanımı ise 5000 kgf/cm² civarındadır. Endüstriyel kaplama malzemesi olarak bunkerlerde, taşıyıcılarda ve termik santrallerde kullanılır. Ayrıca yer döşemesi olarak ta kullanılır.

Bazalt ucuz yer karosu ve sır yapmak için de kullanılır. Bazalt sıırı yer karosu dışında terracotta'larda ve sıhhi tesisatlarda uygulanır. Bazalt karolar renkli olup, eğilme dayanımı, aşınma dayanımı, aside ve baza dayanımı yüksektir.

Nükleer atıkların stabilizasyonunda bazalt cam ve bazalt cam-seramiğinden yararlanılır.

Bazalt yünü 600°C'ye kadar ısı ve ses yalıtımı için ideal olup, bazaltın kireçtaşı, dolomit veya kokla karıştırılıp 1450°C'de eritilip fiber haline getirilmesi ile elde edilir. Alternatif olarak %85 bazaltın %15 yüksek fırın curufuyla karıştırılıp 1400°C'de eritilerek fiber eldesi de mümkündür. Son yıllarda bazalt fiberini polimerlerle karıştırarak yeni uygulama alanları yaratılmaktadır (Öcal, 1997).

3 YER KAROSU ÜRETİMİ

3.1 Öğütme

Karo üretiminin en önemli kademelerinden öğütme, çekme yüzdesi, su emme, darbe mukavemeti ve ısıl genleşme değerini belirleyen en önemli parametredir (Lombardo, 1996; Billi, et al., 1993). Öğütme ne kadar kontrollü yapılırsa ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri de o derece kontrol edilebilir.

Öğütme zamanı hem enerji hem de kapasite açısından son derece önemlidir. Dolayısıyla öğütme, üretimin hassas dengelerini oluşturur. Karo üretiminde bu işlem genellikle bilyalı değirmenlerde ve sulu ortamda yapılır. Öğütülecek hammaddelerin tane boyutu, sertliği, reolojik özellikleri öğütme zamanını etkileyen parametrelerdendir (Lorici, et al., 1990).

Yer karolarının bünyelerinde %50'ye varan oranda sert hammaddeler bulunur. Bu nedenle öğütme zamanları uzundur.

Bilyalı değirmenler silindirik şekilde olup genellikle 34,000 litrelik hacme sahiptirler. Kaplama malzemesi lastik, alümina tuğla veya sileks taşıdır. Kaplama malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değirmen kapasitesi azalır veya artar. Değirmen bilyası olarak flint taşı, alümina bilya veya bunların karışımı kullanılır. Son yıllarda toplam öğütmenin %30'unun cidarlarda, %70'inin de bilyalar arasında olduğu düşünüldükçe lastik kaplamalı değirmenler kullanılmıştır. Bu değirmenlerin kapasitesi sileks taşı kaplamalı değirmenlere göre daha fazladır. Değirmenlerde kullanılan bilyalar küresel şekilli olmalıdır. Çünkü değirmen içindeki öğütme iki türlü gerçekleşir. İlki yuvarlanarak meydana gelen öğütme, ikincisi çarpışma ile meydana gelen öğütmedir. Yuvarlanma esnasında kürenin yüzey alanının büyük olması öğütmeyi iyi yönde etkileyecektir. Değirmen içine ilave edilen bilyalar öğütme ortamının hacimce %25-35 'idir.

Genelde çamur değirmenlerinde çapı 8-10 cm'lik bilyalar %20-35, çapı 6-8 cm'lik bilyalar %25-35, çapı 4-6 cm'lik bilyalar %35-50 oranlarında kullanılır. Bilya dağılımı küçüldükçe çarpışmayla yapılan öğütme artar. Bilyalar irileştikçe yuvarlanmayla yapılan öğütme artar. Yuvarlanma ile yapılan öğütme, değirmende öğütme zamanının ilk iki saatinde aktiftir. Daha sonraki zamanlarda çarpma ile yapılan öğütme etkilidir. Bu yüzden öğütmenin son bölümünde elek bakiyesini düşürmek zorlaşır. Değirmenin öğütme zamanı, belirlenen elek bakiyesiyle sınırlanır. Daha düşük bir elek bakiyesine ulaşmak için daha çok öğütme zamanı gereklidir. Çamurun viskozitesi düştükçe öğütme zamanı azalır. Bu nedenle viskoziteyi düşürmek için değirmenlere elektrolit ilavesi yapılır. Özellikle yer karosu reçetelerinde kil oranı arttıkça viskozite yükselir. Bu nedenle kullanılacak elektrolit son derece önem kazanır. Genellikle elektrolit olarak sodyum silikat, sodyum tripolifosfat veya nadiren de hegzametrafosfat kullanılır. Çamur değirmenlerine ilave edilen suyun viskozite üzerinde etkisi büyüktür. Bu nedenle düşük sertlikte ve sülfatsız su kullanılarak viskozite düşürülebilir. Çamurun litre ağırlığı azaldıkça viskozitesi de düşecektir. Ayrıca öğütme zamanı azalacaktır. Değirmene ilave edilen hammaddelerin miktarıda öğütme zamanı açısından önemli parametrelerdendir. Öğütme işlemi sonrası elde edilen çamurun elek bakiyesi, viskozitesi ve litre ağırlığı ölçülebilen kolay parametrelerdendir. Bu parametreler bir sonraki üretim kademesi için sabitlenmelidir.

3.2 Püskürtmeli kurutucu

Havuzlardan pompalarla alınan çamur püskürtmeli kurutucuya beslenir. Püskürtmeli kurutucu içinde çamur borularının uç taraflarında dörtlü, beşli yıldızlar bulunur. Çamur bu yıldızların enjektör başlarından belli bir sabit basınçla sıcak hava akımının ters yönünde püskürtülür. Püskürtme sırasında yüzey alanı genişlemiş olan çamur hızlı bir şekilde kurutulur. Meydana gelen granüller küresel olup belli bir tane boyut aralığındadır.

Tane boyutunu etkileyen parametreler pompa basıncı, viskozite, enjektör çapı ve kalınlığıdır (Sacmi, 1994). Püskürtmeli kurutucuda çıkan granüllerin rutubeti

preslemeye uygun bir değerde olmalıdır. Genelde bu değer %5,30 - %7,00 arasındadır.

Granüllerin akıcılığı ve litre ağırlığı granül dağılımına bağlıdır. Püskürtmeli kurutucularda enerji tüketimi açısından litre ağırlığı son derece önemlidir. Litre ağırlığı arttıkça tüketilecek enerji azalırken kapasite artar. Litre ağırlığı azaldığında ise enerji tüketimi artar, kapasite azalır. Litre ağırlığının yükselmesi ile viskozite yükseleceğinden uygun elektrolitle akıcılık arttırılarak litre ağırlığı yükseltilir.

Granüllerin rutubetleri arttıkça preslenmiş ürünün yoğunluğuda artar (Çifci, 1999).

3.3 Presleme

Optimum şartlarda üretilen granül 300-350 kg/cm²'lik basınçla preslenir. Preslemede granüle iki tür basınç uygulanır. Birinci preslemede tanecikler arasındaki havayı sistemden uzaklaştırmak için 50-60 barlık bir basınç uygulanır. Uygulanan bu basınçtan hemen sonra ikinci presleme 300-350 bar basınçta yapılır.

Preslemede basınç arttıkça ham mukavemet artar, pişme sırasında çekme yüzdesi ve su emme yüzdesi azalır (Çifci, 1999). Pres basıncındaki değişim üretim kapasitesi ve toleranslara göre ayarlanır. Pres kalıpları genelde izostatik kalıp olduklarından preslenen ürünün her yüzeyine eşit basınç uygulanır. Fakat kalıp doldurma homojenliği sağlanmazsa karonun her bölgesi eşit kalınlığa erişemez. Rutubetin yüksek olması halinde granüller kalıba yapışır. Hava karo merkezinde kenarlara paralel, kalınlığa dik yönde meydana gelir. Granül dağılımının çok ince olması halinde havalı basma olayı ile karşılaşılabılır. Bu nedenle preslenecek granüllerin tane dağılımı ve rutubetlerinde kararlılığa ihtiyaç vardır. Bunun en kolay yolu stoklu çalışmaktır.

3.4 Kurutma

Preslenen ürün bünyesindeki rutubeti atmak ve kuru mukavemeti arttırmak amacıyla kurutulur. Preslerden sonra dikey ve yatay kurutucular vardır. Yaş ürün kurutucuya yaklaşık %5 nem oranı ile girer ve %0,5 nem oranı ile çıkar. Kurutma sırasında karoda %0,2-0,8 oranında bir çekme meydana gelir.

Kurutuculardaki sıcaklıklar 120-200°C arasında değişir. Bunun sebebi sır cinsine göre ürünün kurutma sıcaklığını ayarlamaktır. Çıkan ürünün sıcaklığı yaklaşık 60-80°C'dir. Kurutucularda doğalgaz veya LPG kullanılabilir. Kurutuculardan çıkan karolar sırlama bantlarına beslenirler.

3.5 Sırlama

Sırlama bantlarında rutubeti alınmış karo üzerine önce engop atılır. Ardından sır uygulanır, daha sonrada uygulamaya bağlı olarak desen baskı yapılır. Kurutmada çıkan ürün bantlarda uygulanacak uygulamalara dayanıklı olmalıdır. Genelde yer karolarına engop 300 gr/m², sır ise 780 gr/m² miktarında atılır.

Karolara engop örtücülük sağlamak, sır gramajını azaltmak, karo yüzeyi ile sır arasındaki bağı güçlendirip tek bir parça gibi davranmaları için uygulanır (Çifci, 1999)

Sırlama sonrası başlangıçta rutubeti alınmış karo engop, sır, pasta, üst sır gibi aplikasyonlardan gelen rutubeti bünyesine taşır. Bu nedenle fırına girmeden önce bu rutubetin bir kısmının atılması gerekir.

3.6 Stoklama

Sırlama bantlarından çıkan ürünler fırınlarda pişirilmek üzere stok arabalarına

yüklenirler. Stok arabalarında yükleme ve boşaltma işlemi otomatik olarak yapılır. Stok arabalarında hazır bulunan yarı mamüller fırın girişine gelir ve besleme işlemi başlar.

3.7 Pişirme

Yer karosu pişirmede kullanılan roller fırınlar enleri 1,45-1,65 m boyları 70-90 m ve brülör sayıları 60-100 arasında değişen değerlerde olabilir. Preslenmiş, kurutulmuş ve sırlanmış ürün dönen rulolar üzerinde 1200°C’de 35-40 dakika pişirilir. Bu fırınlar dört bölümden oluşur.

- Ön ısıtma
- Ateş bölgesi
- Ani soğutma
- Yavaş soğutma

Ön ısıtma bölgesinde oda sıcaklığındaki karo 700°C’ye kadar ısıtılır. Bu ısıtma işlemi 10-15 dakika içinde gerçekleşir. 700°C ile 900°C arasındaki ısıtmanın hızı daha düşüktür. Bu bölgede ise karbonlar, kristal su, karbonatlar ve sülfatlar parçalanırlar. Dolayısıyla bu bölge yavaş geçilmelidir. Gaz çıkışı ve reaksiyonların tamamlanması açısından 900°C ile 1200°C arasındaki ısıtma hızı ön ısıtma hızına yakındır. 1200°C’deki karo aniden 600°C’ye soğutulur. Bu hızlı soğutma ile sıvı fazdaki sır camsı formda kalır. Yavaş soğutma bölgesinde özellikle 650°C ile 550°C arası yavaş geçilmelidir. Bu bölgede β kuvars, α kuvarsa dönüşür. Dönüşüm sonrası hacimsel daralma meydana geleceğinden bu geçiş yavaş olmalıdır. Aksi takdirde ısıl şoka maruz kalınır.

Roller fırında her bölümde farklı bir basınç vardır. Ön ısıtma bölgesi emiş (-), ateş bölgesi (0), ani soğutma bölgesi (+), yavaş soğutma bölgesi (0) basınçtır.

(0) basınç sisteme giren hava miktarı ile sistemden emilen hava miktarının eşit olduğunu, (+) basınç sisteme giren havanın sistemden emilen havadan daha fazla olduğunu, (-) basınç sisteme giren havanın sistemden emilen havadan daha az olduğunu gösterir. Bu nedenle ısı akımı ateş bölgesinden ön ısıtma bölgesine doğru yayılır. Ani soğutma bölgesinde görülen 600°C'lik sıcaklık, ateş bölgesinden çıkan karonun getirdiği sıcaklıktır (Çifci, 1999).

Genellikle roller fırınlardan çıkan havanın sıcaklığı 50-80°C arasında değişir. Pişme sonrası karolar genellikle pres kalıplarına bağlı olarak %6 ile %7 çekme gösterirler.

Yüksek kaliteli bir sır yüzeyi için fırın rejiminin doğru bulunması ve ön ısıtma hızı, maksimum sıcaklıkta tutma süresi, soğutma ve fırın atmosferi her bir safha için kontrol edilmelidir.

Düşük sıcaklık, sırnın tam olgunlaşmamasına, yüksek sıcaklık ise ürün ve sır renginin koyulaşmasına, yüzeyde deliklenmelere neden olur. Uygun olmayan pişirim sıcaklığı ve zamanı ürünün kalitesinde dalgalanmaya neden olur.

Çevrede oluşan tozlar, üfleme fanlarından ürün üzerine yapışıp leke oluştururlar. Fırın içindeki izolasyon malzemelerinin dökülmesi, refrakter malzemelerinin ufalanması da lekeler yol açar. Sırlarda homojen olmayan sır kalınlığı, fırın sıcaklığı, pişirim süresi ve fırın atmosferi renk değişmelerine neden olurlar.

Fırının bazı bölgelerinde rulo motorlarının ayarsızlığı yüzünden karolar birbirlerine yapışık olarak hareket ederler. Bundan dolayı ergime ve soğutma sonunda birbirlerine yapışırlar, ıskarta oranının artmasına ve kalitenin düşmesine neden olurlar.

3.8 Kalite kontrol

Ürün proses kontrol birimi tarafından, ürünün işletme ve mevcut standartlara uygunluğu kontrol edilir. Bu kontrol püskürtmeli kurutucudan başlayıp, ürünün paketlenmesine kadar yapılan kontrolleri kapsar. Ara ve nihai ürünlerde boyutsal, fiziksel, kimyasal ve dış görünüş özelliklerinin kontrolleri çeşitli cihazlar kullanılarak yapılır (Töre, 1999).

3.8.1 Boyut ve Kalınlıkların Kontrolü

Karo boyut ölçümleri kumpas kullanılarak yapılır. Ölçülen her kenarın boyutları kayıt edilir. Kalınlık kontrolü ise komperatör kullanılarak yapılır. Ölçüm numunenin kenarından yaklaşık 10 mm. uzaktan olacak şekilde karo altındaki ayaklardan yapılır ve kaydedilir. Çıkan değerlerin standartlara uygunluğu kontrol edilir.

3.8.2 Gönyeden Sapmanın Kontrolü

Ürünlerde gönyeden sapmanın kontrolü, boyut ölçüm sonuçlarına göre, aynı karoda iki kenar arasındaki boyut farkı 10 mm'den büyük olduğu zaman yapılır. Kontrol edilecek ürünün, üst yüzü çelik düzlem üzerine gelecek şekilde yerleştirilir ve sentil kullanılarak karo ile gönye arasındaki boşluklar varsa tespit edilir. Karo ile gönye arasındaki sentil kalınlığı, gönyeden sapma olarak kaydedilir.

3.8.3 Eğilme Dayanımın Kontrolü

Ham (yaş) mukavemet, kuru mukavemet ve pişme mukavemetini ölçmek için karo numuneler üzerine üç nokta eğme testi uygulanır.

Eğilme dayanımı kontrolü için alınan numune, mukavemet cihazının mesnetleri

arasına yerleştirilir. Numune üzerine sabit hızda kuvvet uygulanarak kırılır. Kırıldığı andaki cihaz üzerindeki değer kırılma yükü (kg) olarak okunur.

3.8.4 Su Emmenin Kontrolü

Su emme değeri saptanması istenen ürün pişirilir. Ortamda rutubet almayacak şekilde soğutulan pişmiş ürün değişmez ağırlıkta tartımı yapılır. Daha sonra suda 4 saat kaynatılır ve 24 saat su içinde bekletilir.

Suyun içinden çıkarılan numunelerin, üzerlerindeki su tabakası kurulanır ve yaş tartımları yapılır. Yaş tartım ile kuru tartım arasındaki fark, parçaların emdiği su miktarını verir.

3.8.5 Isıl Şok Testi

Karolara, ani ısı değişimleri sonucunda bünyede meydana gelebilecek hataların belirlenmesi amacı ile harkort testi uygulanır. Fırın çıkışlarından alınan numuneler ısıl şoka dayanıklılık testine girmeden önce yüzeylerine malahit yeşili sürülür ve çatlak olup olmadığına bakılır. Eğer çatlak varsa deneye tabi tutulmaz. Hazırlanan numuneler 125°C'ye getirilmiş etüve konulur. Etüvde 90 dakika bekletilir ve çıkarılıp içerisinde 15±5°C su bulunan bir kap içerisine konulur. Numuneler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra sırlı yüzeylerine malahit yeşili sürülür ve yüzeyleri kontrol edilir. Çatlak görülen numuneler (-) olarak, görülmeyen numuneler ise (+) olarak kaydedilir. Deney 125°C'den başlayarak sırası ile 140, 150, 170 ve 185°C'ye kadar tekrarlanır.

3.8.6 Basınçlı Buhara Dayanım Testi

Karoların yüksek basınç altında meydana gelebilecek hataların belirlenmesi amacı ile otoklav testi uygulanır. Numuneler otoklava yerleştirilir ve otoklavın kapağı

kapatılarak deneye başlanır. Otoklavın basınç değeri 5 atm oluncaya kadar ısıtılır. Basınç 5 atm olunca bir saat bekletilir. Daha sonra numuneler dışarı alınır ve sırlı yüzeylerine malahit yeşili sürülerek çatlak olup olmadığı kontrol edilir.

3.8.7 Lekelenmeye Dayanım Testi

Numune yüzeylerine metilen mavisi ve potasyum permanganat çözeltileri 3 cm çapında olacak şekilde damlatılıp yayılır. Çözeltinin üzerine konveks bir cam kapatılarak 24 saat bekletilir. Daha sonra yüzey suyla yıkanıp incelenir. İnceleme sonunda leke su ile çıktıysa 1. derece, ıslak bez ile çıktıysa 2. derece, leke çıkmadıysa 3. derece olarak belirlenir.

3.8.8 Asit ve Alkalilere Dayanım Testi

Numunelerin yüzeyleri temizlenir. 8 cm çapında lastik contanın bir yüzü gres yağı ile yağlanarak yüzeye yapıştırılır. Her bir conta içerisinde aşağıda belirtilen asit ve alkalilerden 5 ml çözelti konulur ve belirlenen süre kadar bekletilir.

Amonyumklorit	100 gr/lt	6 saat
Hidroklorik asit	%3'lük	7 gün
Sitrik asit	100 gr/lt	6 saat
Potasyum hidroksit	%3'lük	7 gün

Numunelerin çözelti ile temas eden kısmı ışık altında bakılarak renk ve görünüş farkı olup olmadığı tespit edilir.

3.8.9 Yüzey Sertliğinin Kontrolü

Numunelere mohs sertlik cetvelinde verilen minerallerden oluşmuş kalemlerin

sivri ucu sırlı yüzeye hafifçe bastırılarak sürülür. Uygulamaya küçük numaralı kalemnden başlayarak, yüksek numaraya doğru devam edilir. Sırlı yüzeyde çizilme oluşana kadar işlem devam eder. Çizilme görüldüğünde o ürünün sertlik derecesi, çizilmeyi oluşturan mineralin sertlik değerinden bir önceki mineralin sertlik derecesidir.

<u>Mineral</u>	<u>Mohs Sertlik Değeri</u>	<u>Mineral</u>	<u>Mohs Sertlik Değeri</u>
Talk	1	Feldspat	6
Jips	2	Kuvars	7
Kalsit	3	Topaz	8
Florit	4	Korund	9
Apatit	5	Elmas	10

3.8.10 Sırlı Yüzey Aşınmasının Kontrolü

Sırlı yüzey aşınma testi yüzey aşındırma cihazı kullanılarak yapılır. Ürünlerden 10x10 cm boyutlarında numuneler kesilerek cihaza yerleştirilir. Sırlı yüzeyle temas edecek şekilde her göze 20 ml saf su, 3 gr alüminyum oksit ve aşındırmada kullanılan bilyalar konulur. Daha sonra cihaz sırası ile 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1200, 1500 ve 1500'den büyük devir sayılarına ayarlanarak çalıştırılır. Her kademedede devir sayısı tamamlandıktan sonra numune yüzeyleri kontrol edilir. Aynı devir sayısında daha fazla numunede aşınma görülür ise ondan bir önceki devir sayısı ürünün aşınma direncini ve sınıfını belirler.

<u>Devir Sayısı</u>	<u>Sınıfı</u>
150	I
300, 450, 600	II
750, 900, 1200, 1500	III
>1500	IV

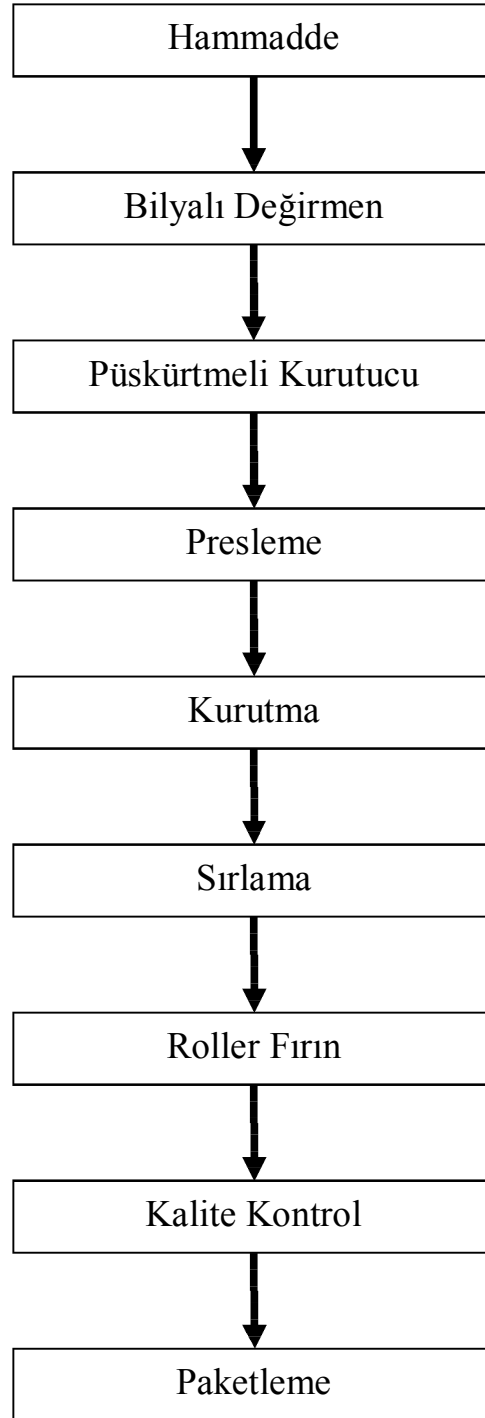
3.8.11 Dona Dayanımın Kontrolü

Test uygulanacak ürünler $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilir. Sabit ağırlığa gelen numuneler soğutulur ve tartılır. Tartımları yapılan numuneler içerisinde $1/5$ 'ine kadar saf su bulunan kap içerisine, birbirine değmeyecek şekilde dik olarak yerleştirilir., 2. gün $2/5$ 'ine, 3. gün $3/5$ 'ine, 4. gün $4/5$ 'ine ve 5. gün $5/5$ 'ine kadar saf su ilave edilerek numuneler 5 gün süre ile kap içerisinde bekletilirler. 5. gün sonunda numuneler kap içerisinden çıkartılır ve % su emme miktarları hesaplanır.

Daha sonra numuneler -15°C 'deki dona dayanım cihazına yerleştirilirler ve 2 saat bekletilirler. 2 saat sonunda numuneler cihazdan çıkartılarak saf su kabına konulur. Saf su kabında 2 saat bekletilir ve kaptan çıkartılıp yüzeylerine malahit yeşili sürülerek çatlama olup olmadığı kontrol edilir. Bu işlemler 125 defa tekrarlanır ve her tekrar sonrası yüzey kontrol edilir. Çatlama var ise (-), çatlama yoksa (+) olarak kaydedilir.

125 tekrar sonrası numuneler etüvde kurutulur ve tartılırlar. Teste başlamadan önceki kuru ağırlığından test sonrası kuru ağırlık çıkarılıp numunedeki donma çözünme sonrası meydana gelen ağırlık kaybı hesaplanır.

Yer karosu genel üretim şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Yer Karosu Akım Şeması

4 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

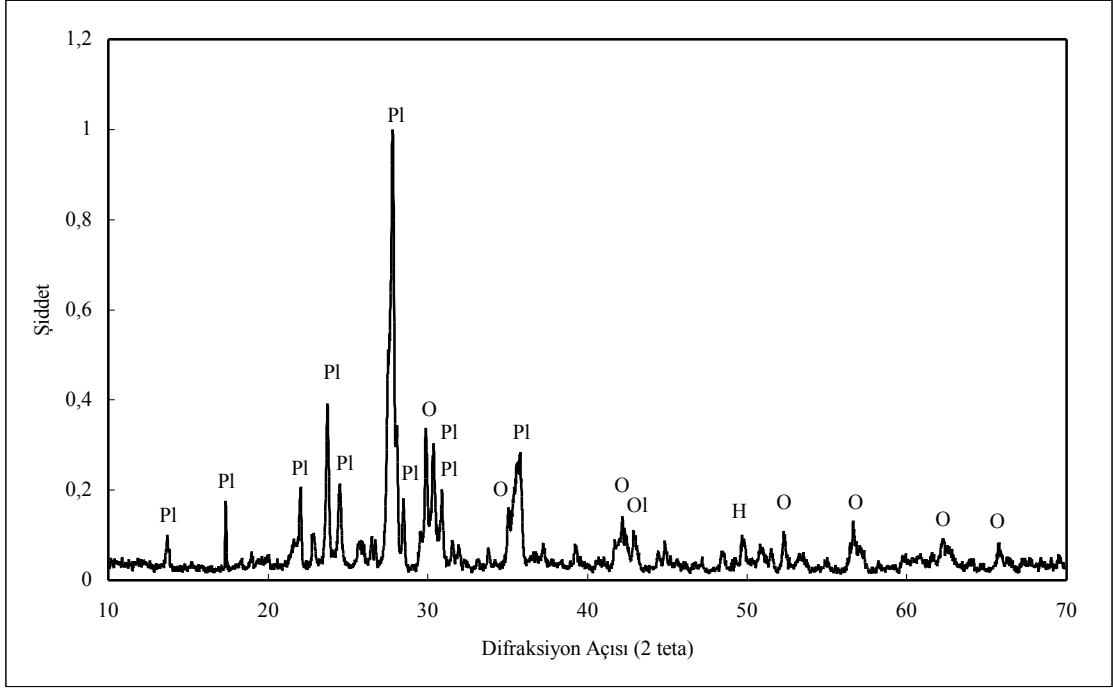
4.1 Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada işletme şartlarında üretimi yapılan sırlı granit yer karosu reçetesi standart olarak alınmış ve bu reçetede kullanılan albit yerine artan oranlarda bazalt ilavesi yapılmıştır. Granit yer karosu reçetesinde kullanılan hammaddeler fabrika stok sahasından, bazalt ise Eskişehir-Kızılinler bölgesindeki bazalt ocağından temin edilmiştir. Kullanılan hammaddeler ve kimyasal içerikleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Kullanılan Hammaddelerin Kimyasal Analizleri

HAMMADDELERİN KİMYASAL ANALİZLERİ (%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K.
Kil A	65,93	22,25	2,44	0,40	0,76	0,18	0,17	1,50	6,36
Kil B	56,08	28,07	3,22	0,39	0,82	0,18	0,48	1,22	9,52
Kil C	61,23	27,05	1,05	1,00	0,57	0,18	0,86	1,34	6,71
Albit	68,23	20,15	0,17	0,30	1,07	0,18	9,29	0,17	0,32
Kaolen	72,40	16,86	0,52	0,32	1,71	0,36	0,74	1,92	5,14
Pegmatit	75,50	14,90	0,65	0,15	1,13	0,02	3,48	1,90	2,23
Bazalt	47,80	15,90	10,50	1,36	10,70	6,56	3,16	1,62	1,82

Deneylerde kullanılan bazaltın numunesinin XRD cihazı ile minerolojik incelenmesinde ana minerallerin plajioklas, ojit, olivin ve hematit olduğu görülmüştür. Bazaltın XRD analizi sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Bazalt Numunesinin XRD Analizi
(Pl: Plajioklas, O: Ojit, Ol: Olivin, H: Hematit)

4.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması

4.2.1 Reçete Hazırlama

Ocaktan alınan bazalt değirmene beslenecek şekle getirilmek için çeneli kırıcıda önce 1-2 cm boyutuna (kaba kırma), daha sonra 8 mm boyutuna (ince kırma) indirilmiştir.

Hammaddeler reçetede kuru olarak hesaplandığı için, nem tayinleri yapıp içerdikleri % nem hesaba katılarak tartımları yapılmıştır.

Reçete bileşimine göre tartımı yapılan hammaddeler, % 45 oranında su olacak şekilde, % 0,5 STTP ilavesi ile Gabbrielli MILL-2 marka laboratuvar tipi jet değirmende

45 dakika öğütülmüştür. Reçeteler ve kullanılan hammadde oranları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Reçete Oranları

Reçete Hammadde Oranları (%)							
Hammaddeler	STD ^a	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Kil A	10	10	10	10	10	10	10
Kil B	5	5	5	5	5	5	5
Kil C	17	17	17	17	17	17	17
Kaolen	8	8	8	8	8	8	8
Pegmatit	30	30	30	30	30	30	30
Albit	30	25	20	15	10	5	0
Bazalt	0	5	10	15	20	25	30

^a STD: Standart reçete

4.2.2 Granül Hale Getirme

Değirmende hazırlanan çamur kurutulduktan sonra tamamı 0,3 mm'lik elekten geçecek şekilde kırıcıda kırılmıştır. Elde edilen toz yaklaşık % 7 neme getirilip, 1 mm'lik elekten geçirilerek granül masse haline getirilmiştir.

4.2.3 Presleme

Hazırlanan granül masse Gabbrielli marka laboratuvar tipi preste 120 bar basınçta 110 x 55 mm kalıp boyutlarında tabletler şekillendirilmiştir. Şekillendirilen tabletlere yaş mukavemet kontrolü yapılmıştır.

4.2.4 Kurutma

Şekillendirilen tabletler Gabbrielli-Selectra marka etüvde 110°C'de %0 neme gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutmada çıkan tabletlerin Mitutoyo marka dijital kumpas ile boyut ölçümleri alınmış ve tabletlere kuru mukavemet kontrolü yapılmıştır.

4.2.5 Pişirme

Kurutmadan çıkan tabletler iki gruba ayrılmış; birinci grup doğrudan, ikinci grup ise işletme şartlarındaki engop ve sırlama bölümlerinden geçirilerek işletmede Sacmi marka roller fırında 1205°C'de 37 dakikada pişirilmiştir.

4.3 Uygulanan Deneyler

4.3.1 Boyut Değişimi

Toplam küçülme aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Toplam Küçülme} = \frac{(L1 - L3)}{L1} \times 100$$

L1 : Numunenin ham uzunluğu

L3 : Numunenin pişmiş uzunluğu

4.3.2 Mukavemet

Preslenen numunelerin ham, kuru ve pişmiş mukavemet ölçümleri Gabbrielli marka mukavemet test cihazında ölçülmüştür.

Numuneler mukavemet cihazı mesnetleri arasına yerleştirilir. Numune üzerine sabit hızda kuvvet uygulanarak kırılır. Numunenin kırıldığı andaki kırılma yükü değeri cihaz üzerinden okunur. Numunenin kırılma bölgesindeki genişliği ve yüksekliği kumpas ile ölçülür. Mukavemet değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$$

σ : Mukavemet (kg/cm²)

P : Kırılma yükü (kg)

L : Mesnet aralığı (cm)

b : Numunenin kırılma bölgesindeki genişliği (cm)

h : Numunenin kırılma bölgesindeki yüksekliği (cm)

4.3.3 Su Emme

Su emme testi yapılacak numunelerin Sartorius-CP 3202S marka hassas terazide değişmez ağırlıkta tartımı yapılmıştır. Daha sonra su içine konulup 3 saat kaynatılmış ve 20 saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numuneler, üzerlerindeki parlaklık tam olarak giderilmeden kurulanmış ve yaş tartımları yapılmıştır. % su emme aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Su emme} = \frac{(\text{İkinci tartım} - \text{İlk tartım})}{\text{İlk tartım}} \times 100$$

4.3.4 Renk Değerleri Ölçümü

Pişmiş numunelerin L, a, b renk değerleri Minolta 3600d marka renk ölçüm cihazıyla bulunmuştur. Burada L beyazlığı, a kırmızılığı ve b sarılığı ifade etmektedir.

4.4 Deney Sonuçları

4.4.1 Toplam Küçülme

Ölçülen toplam küçülme değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Toplam küçülme değerlerinin genel olarak artan bazalt oranına bağlı olarak standart reçeteye göre arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.3 Toplam Küçülme Değerleri

Reçete No	Toplam Küçülme (%)
STD	6,93
B1	7,70
B2	7,82
B3	7,84
B4	8,00
B5	8,16
B6	8,00

4.4.2 Su Emme

Sonuçlar Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Su emme değerlerinin artan bazalt oranına bağlı olarak düştüğü ve sifıra yaklaştığı görülmektedir. Su emme değerlerindeki bu azalma bazaltın reçeteye eklenmesiyle bünyedeki porozitenin azalmasına bağlanabilir. Toplam küçülme değerlerinde gözlemlenen artış da bunun bir göstergesidir.

Çizelge 4.4 Su Emme Değerleri

Reçete No	Su Emme (%)
STD	1,03
B1	0,08
B2	0,06
B3	0,05
B4	0,03
B5	0,03
B6	0,01

4.4.3 Mukavemet

4.4.3.1 Ham Mukavemet

Sonuçlar Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Ham mukavemet değerlerinde önemli bir değişme görülmemiştir.

Çizelge 4.5 Ham Mukavemet Değerleri

Reçete No	Ham Mukavemet (kg/cm ²)
STD	10,60
B1	10,43
B2	9,77
B3	8,88
B4	8,87
B5	10,97
B6	8,86

4.4.3.2 Kuru Mukavemet

Sonuçlar Çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Kuru mukavemet değerlerinde önemli bir değişme görülmemiştir.

Çizelge 4.6 Kuru Mukavemet Değerleri

Reçete No	Kuru Mukavemet (kg/cm ²)
STD	27,13
B1	32,40
B2	31,67
B3	35,07
B4	28,56
B5	28,10
B6	25,53

4.4.3.3 Pişmiş Mukavemet

Sonuçlar Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Pişmiş mukavemet değerlerinin artan bazalt oranıyla standart reçeteye göre önemli oranda yükseldiği görülmüştür. Mukavemette gözlemlenen artış toplam küçülme ve su emme değerlerinde görülen değişimlerle uyumludur. Deneyler sırasında artan bazalt ilavesiyle pişmiş bünyelerde görülen camlaşmadaki artış da pişme mukavemetindeki artışın bir göstergesi olabilir.

Çizelge 4.7 Pişmiş Mukavemet Değerleri

Reçete No	Pişmiş Mukavemet (kg/cm ²)
STD	525,93
B1	711,96
B2	731,94
B3	744,51
B4	753,00
B5	804,90
B6	914,51

4.4.4 Renk Değerleri

Numunelerin ölçülen renk değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bazalt içerdiği demir yüzünden numuneleri önce gri renge, reçetedeki oranı arttıkça da kahverengine çevirmiştir.

Çizelge 4.8 Numunelerin Renk Değerleri

Reçete	L	a	b
STD	68,43	+2,27	+12,99
B1	55,46	+2,77	+10,12
B2	52,15	+2,51	+8,28
B3	46,83	+2,88	+8,36
B4	44,70	+2,74	+7,95
B5	41,98	+2,97	+7,94
B6	40,07	+2,84	+7,80

Bünyenin rengini kapatmak için STD, B1, B3 ve B6 kodlu numunelere işletme şartlarında engop ve sır uygulaması yapılmıştır. Daha sonra renk değerleri ölçülüp standart numune ile karşılaştırılmıştır. Engop ve sır uygulanan numunelerin renk

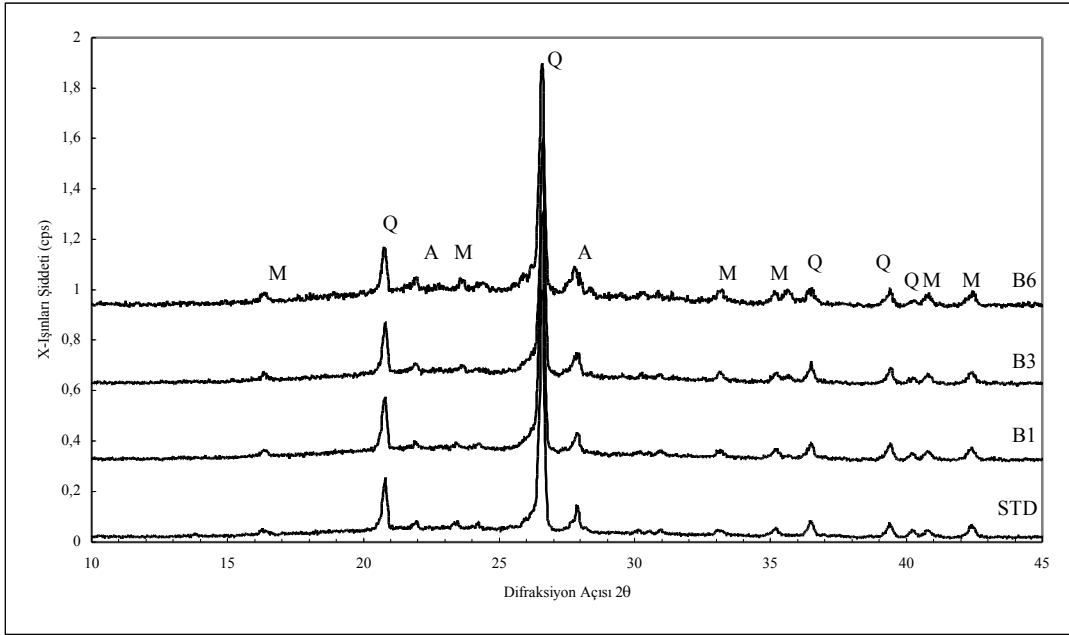
değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Bazalt içeren bünyelere sır uygulanmasıyla renk değerlerinde standart bünyeye çok yakın renk değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 Sır ve Engop Uygulanan Numunelerin Renk Değerleri

Reçete	L	a	b
STD	87,28	+0,15	+10,95
B1	86,53	-0,09	+9,95
B3	86,01	-0,22	+9,66
B6	86,27	-0,22	+9,96

4.5 Pişmiş Numunelerin Faz Analizleri

Faz analizi için STD, B1, B3 ve B6 kodlu reçeteler seçilmiştir. Pişmiş numuneler kırılıp -63μ boyutunda toz elde edilmiş ve XRD analizleri Rikagu Rint 2000 marka XRD cihazında yapılmıştır. XRD analizi sonuçları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

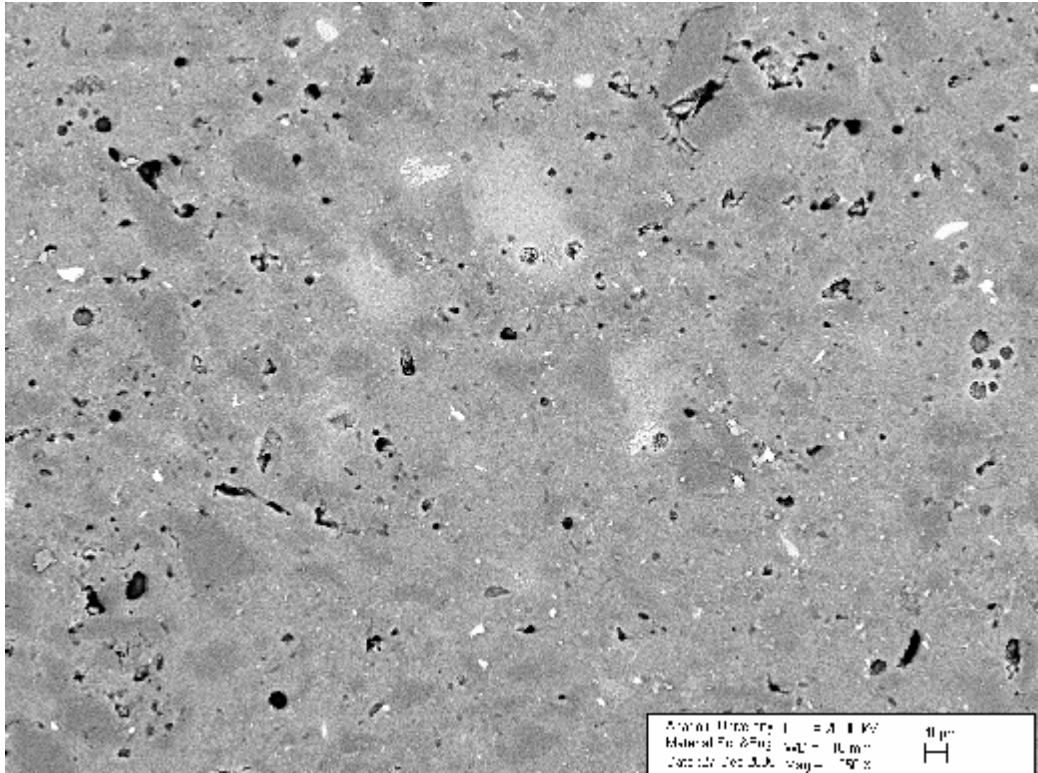


Şekil 4.2. STD, B1, B3 ve B6 Kodlu Reçetelerin XRD Analizi Sonuçları
(Q: Kuvars, M: Mullit, A: Albit)

XRD analizi sonuçları incelendiğinde standart reçetede kullanılan albit yerine yapılan bazalt ilavesinin sonrasında, mevcut kuvars fazlarında bir miktar azalma ve müllit fazlarında bir miktar artış görülmüştür. Bunun dışında genel olarak bazalt içeren numunelerin XRD analizi sonuçları STD kodlu numuneye yakındır. Bu da pişme fazları açısından STD kodlu numunenin ve diğer numunelerin birbirlerine alternatif olabileceklerini göstermektedir.

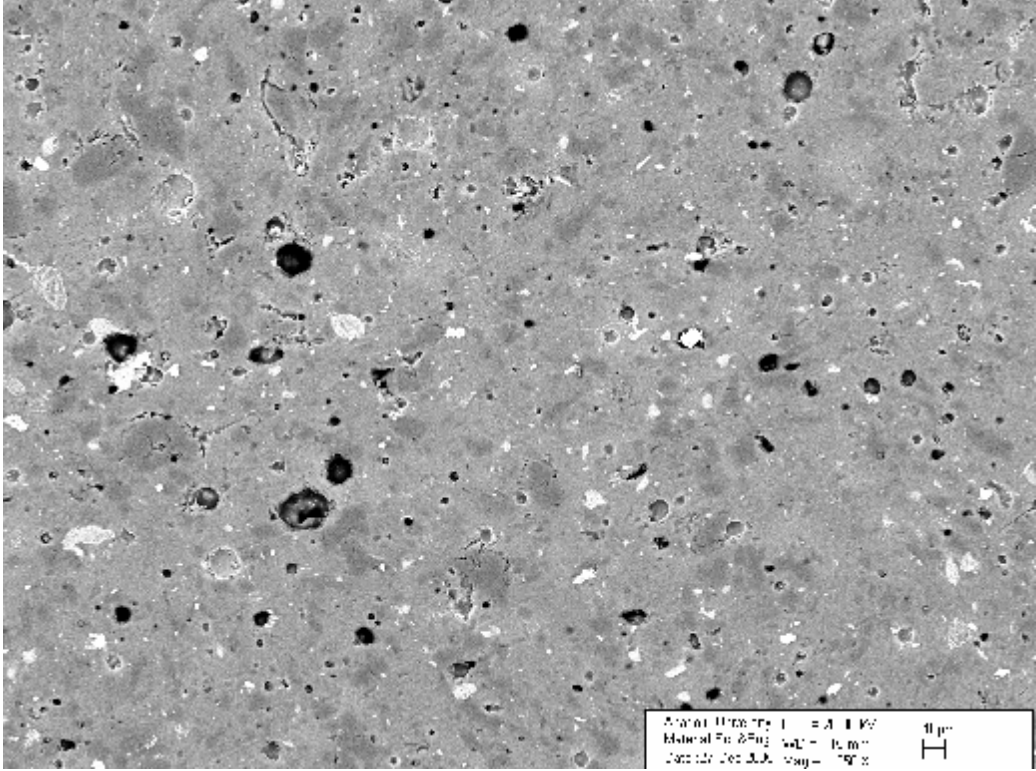
4.6 Pişmiş Numunelerin Elektron Mikroskobunda İncelenmesi

STD ve B6 kodlu pişmiş numuneler kesilip parlatılarak Camscan S4 marka taramalı elektron mikroskobunda temsili geri saçınımlı elektron görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 4.3 STD kodlu, Şekil 4.4 B6 kodlu numunelerin geri saçınımlı elektron görüntülerini vermektedir.



Şekil 4.3 STD Kodlu Numuneden Alınan Temsili Geri Saçınımlı Elektron Görüntüsü (x250)

Genel olarak geri saçınımlı elektron görüntülerinde yüksek atom numaralı elementlerin açık renkte görüldüğü bilinmektedir. Görüntülerde poroziteler ve ergimeyen kuvars taneleri siyah renkli, demir ise beyaz renkli bölgelerdir. Şekil 4.3 ve 4.4 karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, bazalt içeriğinden dolayı B6 kodlu numunede demir oranı artmış, ergimeden dolayı porozitede azalma görülmüş ve kuvars tanelerinin köşeleri yuvarlaklaşmıştır. Bunun dışında genel yapıda çok bariz farklılıklar gözlemlenmemiştir. Bu da mikro yapı olarak B6 numunesinin STD numunesine alternatif olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.4 B6 Kodlu Numuneden Alınan Temsili Geri Saçınımlı
Elektron Görüntüsü (x250)

5 GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada seramik yer karosu üretiminde albit yerine bazaltın alternatif hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Deneysel sonuçlar incelendiğinde, artan bazalt oranına bağlı olarak deneme bünyelerde standart bünyeye göre pişme küçülmelerinin arttığı, su emme değerlerinin azaldığı ve pişme mukavemet değerlerinin önemli oranda arttığı görülmüştür. Artan bazalt oranına bağlı olarak gözlemlenen bu değişiklikler, bazalt içeren bünyelerdeki toplam alkali içeriğinin yüksek olması ve buna bağlı olarak bu bünyelerin standart bünyeye göre daha iyi sinterleşme özellikleri göstermesi şeklinde açıklanabilir.

Bazalt içerdiği demir yüzünden, reçetedeki oranının artmasıyla beraber bünyeyi önce gri renge sonra da kahverengiye çevirmiştir. Bünye renginin kapatılabileceğini görebilmek için STD, B1, B3 ve B6 kodlu numunelere işletme şartlarında beyaz engop ve sır uygulanmış, pişirildikten sonra renk ölçümleri alınmıştır. Renk ölçümlerine göre bazalt kullanılan numunelerin (B1, B3, B6) renklerinin, standart (STD) numuneye yakın olduğu ve bünyenin rengini tamamen kapattığı görülmüştür.

Pişmiş numunelerin XRD analizi sonuçları incelendiğinde standart reçetede kullanılan albit yerine yapılan bazalt ilavesinin, mevcut kuvars fazlarında bir miktar azalma ve müllit fazlarında bir miktar artış meydana getirdiği görülmüştür. Kuvars fazındaki azalmanın, cam fazın artması ve kuvarsın bir kısmının cam faz içinde erimesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Müllit fazındaki artma sonucu ise müllitin iğne şeklinde kristal yapısı bünyeye sağlamlık kazandırmış ve artan müllit fazı ile beraber mukavemetlerde önemli oranda yükselme görülmüştür. Bunun dışında genel olarak bazalt içeren numunelerin XRD analizi sonuçları STD kodlu numuneye yakındır.

Elektron mikroskobu görüntülerinde bazalt içeren bünyede standart bünyeye göre porozitelerin azaldığı, demir içeriğinin arttığı görülmüştür. Genel olarak bakıldığında STD ve B6 kodlu bünyelerin mikroyapıları benzerdir.

Yukarıdaki sonuçlar ışığında ülkemizde ve yöremizde oldukça yüksek rezervlerde bulunan bazaltın seramik bünyelerde alternatif bir alkali kaynağı olarak kullanılabilceği ortaya çıkmıştır.

Seramik bünyelerde bazaltın kullanımına yönelik çalışmaların işletme şartlarında denenmesinde fayda vardır.

Bazalt içeren bünyelerin sırlanarak kullanılması durumunda bünyeye uygun farklı engop ve sır uygulamalarının araştırılması gereklidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Bili, F., Zani, Z., Primio, S., Fabbroni, A., Ravagli, P., 1993, "Influence of Raw Materials on The Thermal Expansion Coefficient" Fourth Euro Ceramics.

Çifci, M., 1999, "Asitborik Tesislerinin Flotasyon Atığı Şlamın Yer Karosu Bünyesinde Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.

DPT, 2001, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri I (Seramik Killeri-Kaolen-Feldspat-Pirofillit-Wollastonit-Talk) Çalışma Grubu Raporu, Ankara.

Lefond, S., J., 1975, Industrial Minerals and Rocks, American Institute of Mining, Metallurgical Petroleum Engineers Inc., Port City Pres, Baltimore, Maryland, U.S.A..

Lombardo, C., A., 1996, "Optimizing Throughput in Tile Plants", Ceramic Eng. Sci.

Lorici, L., Bresciani, A., 1990, "Some Remarks of Ceramics Grinding", Interceram.

MTA, 1995, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu Cilt-I, Ankara.

Öcal, H., A., 1997, "Bazaltların Seramik Sanayinde Kullanım Alanlarının Araştırılması", M.T.A. Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Sacmi, 1994, "From Technology Through Machinery to Kilns", technological notes on the manufacture of ceramic tiles.

Sarız, K., Ve Nuhoglu, İ., 1992, Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciliği, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:62, Eskişehir.

Töre. İ., 1999, "Siyenit Hammaddesinin Seramik Bünyelere Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.

Uz, B., 1991, Mağmatik Kayaçlar, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

Yılmaz, Ş., 1997, "Volkanik Bazalt Kayaçlarından Cam-Seramik Malzeme Üretim Koşullarının Araştırılması ve Özelliklerinin İncelenmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.