

**OLIVİN KALIP KUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Alim KANARYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
METAL EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2010  
ANKARA**

Alim KANARYA tarafından hazırlanan OLİVİN KALIP KUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Kadir KOCATEPE

.....

Tez Danışmanı, Metal Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr Yunus TÜREN

.....

(Metal Eğitimi, Karabük Üniversitesi)

Doç. Dr. Kadir KOCATEPE

.....

(Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr Neşet AKAR

.....

(Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Tarih: ...../...../.....

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Alim KANARYA

**OLİVİN KALIP KUMLARININ ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Alim KANARYA**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Haziran 2010**

**ÖZET**

Bu tez, metal döküm üretiminde yaş kalıp kumu olarak Türk Olivin kumunun genel özelliklerinin incelenmesini içermektedir. Olivin kalıp kumunun Termogravimetrik, (TGA), Diferansiyal termogravimetrik (DTG) ve Diferansiyal termal (DTA) analizleri yapılmıştır. Olivin kumunun tane şekli metalografik olarak gözlemlenmiştir. Olivin kumunun AFS incelik numarası ve partikül dağılımını belirlemek için AFS standart elek analizi uygulanmıştır. Olivin kumuna, olivin kumunun yaş basma dayanımı, yüzey sertliği, gaz geçirgenliği ve akıcılığını belirlemek için değişik oranlarda Na bentoniti (%2 den %12'ye kadar) ve su (% 4'den %7'ye kadar) ilave edilmiştir. Sonuçlar, 41 AFS incelik numarasına sahip olivin kumunun %6 Na bentonit ve %5 su ilavesi ile çelik döküm üretiminde yaş kalıp kumu olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Bilim Kodu : 710.3.011**  
**Anahtar Kelimeler : Kalıp kumları, olivin**  
**Sayfa Adedi : 120**  
**Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Kadir KOCATEPE**

**DETECTION OF THE CHARACTERISTICS OF OLIVINE MOLD SAND**  
**(M.Sc. Thesis)**

**Alim KANARYA**

**GAZİ UNIVERSITY**  
**INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**June 2010**

**ABSTRACT**

This thesis comprises of a study of the investigation of general properties of Turkish olivin sand as a green moulding sand in metal casting production. The termogravimetric (TGA), diferansiyal termogravimetrik (DTG) and differential thermal (DTA) analysis of Olivin sand were carried out. Grain shape of olivine sand was observed metallographically. AFS standard sieve analysis of olivine sand was achieved in order to determine AFS grain fineness number and particles distribution. The various rate of Na bentonite (from 2% to 12%) and (from 4% to 7%) water were added into olivine sand to achive green compressive strength, permeability, surface hardness and flowability. The results indicated that olivine sand having 41 AFS grain fineness number with addition of 6% Na bentonite and 5% water can use as a green moulding sand in steel casting production.

**Science Code : 710.3.011**  
**Key Words : Mold sand, olivene**  
**Page Number : 120**  
**Adviser : Assoc. Prof. Dr. Kadir KOCATEPE**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Kadir KOCATEPE' ye yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Yrd. Doç. Dr. Neşet AKAR' a, Yrd. Doç. Dr. Necati YALÇIN'a, ayrıca Kimya teknisyeni İsmail ESER' e, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarım A.Kadir DENİZ' e, M. Uğur DİLER' e, Erdoğan KUTBAY'A ve Mustafa SARITAŐ' a teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xx
1. GİRİŞ .....	1
2. KALIP KUMLARI VE KİLLERİN ÖZELLİKLERİ.....	2
2.1. Kalıp Kumları .....	2
2.1.1. Kalıp kumlarının genel özellikleri.....	4
2.1.2. Silika kumu.....	27
2.1.3. Kromit kumları .....	33
2.1.4. Zirkon kumu.....	34
2.1.5. Olivin kumu .....	34
2.1.6. Alüminyum silikatlar.....	35
2.2. Killer .....	37
2.2.1. Bentonitler .....	37
2.2.2. Ateş kili.....	42
2.3. Diğer İlaveler .....	42

	<b>Sayfa</b>
2.3.1. Karbon içeren ilaveler .....	43
2.3.2. Selülozik katkı maddeleri .....	43
2.3.3. pH dengeleme.....	44
2.3.4. Tahıl unları .....	44
2.4. Kum Kalıplarda ve Maçalarda Kullanılan Bağlayıcılar.....	46
2.4.1. Silika bazlı bağlar .....	46
2.4.2. Fosforik asit bağlar.....	50
2.4.3. Organik bağlar.....	51
3. OLİVİN .....	52
3.1. Olivinin Tanımı ve Sınıflandırılması .....	52
3.2. Olivinin Önemi.....	54
3.3. Olivinin Özellikleri.....	55
3.3.1. Fiziksel özellikleri .....	55
3.3.2. Kimyasal özellikleri.....	57
3.3.3. Olivinin jeolojik özelliği .....	57
3.4. Dünyada Mevcut Durum .....	58
3.4.1. Rezervler.....	58
3.4.2. Tüketim .....	59
3.4.3. Üretim .....	66
3.5. Olivinin Türkiye'deki Durum .....	70
3.5.1. Türkiye'de bulunan Çayırbağı ve Kızıldağ Olivin işletmeleri .....	72
4. DENEYSEL ÇALIŞMA .....	77
4.1. Materyal ve Metot .....	77

	<b>Sayfa</b>
4.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumu.....	77
4.1.2. Olivin kumuna uygulanan termal analizler.....	77
4.1.3. Olivin kumunun yoğunluk deneyi.....	78
4.1.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunun hazırlanması .....	79
4.1.5. Olivin kumunun tane şeklinin belirlenmesi .....	80
4.1.6. Olivin kumunun elek analizlerinin yapılması.....	81
4.1.7. Deneylerde kullanılan bentonitin süspansiyon deneyinin yapılması .....	84
4.1.8. Olivin kumunun fiziksel özelliklerinin belirlenmesi .....	85
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	89
5.1. Termal Analizler .....	89
5.1.1. Olivin kumunun TGA DTG ve DTA eğrileri.....	89
5.2. Olivin Kumunun Yoğunluğu.....	91
5.3. Olivin Kumunun Tane Şekli.....	92
5.4. Olivin Kumunun Elek Analizi .....	93
5.5. Olivin Kumunda Kullanılan Bentonitin Özelliği .....	100
5.6. Olivin Kumunun Fiziksel Özellikleri .....	101
5.6.1. Olivin kumunun gaz geçirgenliği.....	101
5.6.2. Olivin kumunun sertliği .....	104
5.6.3. Olivin kumunun yaş basma dayanımı .....	108
5.6.4. Olivin kumunun akıcılığı .....	112
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	117
6.1. Sonuçlar.....	117

	<b>Sayfa</b>
6.2. Öneriler .....	117
KAYNAKLAR .....	118
ÖZGEÇMİŞ.....	120

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. AFS Standardına göre Elek Numaraları ve Boyutları .....	12
Çizelge 2.2. AFS tane incelik numarasının hesaplanması (Örnek: 50 g kum örneği).....	13
Çizelge 2.3. Farklı tane boyut dağılımına sahip iki kumun AFS incelik numarası .....	14
Çizelge 2.4. % kil oranının kromit ve silika Kumlarının mekanik özelliklerine etkisi .....	22
Çizelge 2.5. % beziryağı oranının kromit ve silika kumlarının mekanik özelliklere etkisi .....	23
Çizelge 2.6. Çeşitli silika kumlarının kimyasal bileşimi.....	28
Çizelge 2.7. Nişasta ve dekstrin ilavesinin yağ kum özelliklerine etkileri.....	45
Çizelge 3.1. A/S Olivin firmasına ait numunenin kimyasal analizi (%) .....	68
Çizelge 3.2. TSE'nin olivini kimyasal bileşimine göre sınıflandırması .....	69
Çizelge 3.3. İngiliz firmaları tarafından üretilen olivinin tane boyutları.....	70
Çizelge 3.4. Türk standartları enstitüsü'nün elek analizi yöntemi ile olivin cevherini sınıflandırması .....	70
Çizelge 3.5. Guleman'dan alınan fosterit niteliğinde olan olivinlerden alınan bir numunenin kimyasal analizi .....	71
Çizelge 3.6. Adana-Karsanti (Kızılyüksek) yöresine ait olivinin kimyasal analizi .....	74
Çizelge 3.7. Bursa-Orhaneli yöresi olivinlerinin kimyasal analizi.....	75
Çizelge 3.8. Muğla-Köyceğiz yöresel olivinlerinin kimyasal analizi .....	75

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.9. Beykrom firmasının ürettiği olivin kimyasal analizi.....	76
Çizelge 4.1. Deneysel çalışmalardaki olivin kumunun hazırlanmasında kullanılan bentonit ve su % oranları.....	80
Çizelge 5.1. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-1.....	94
Çizelge 5.2. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-2.....	95
Çizelge 5.3. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-3.....	97
Çizelge 5.4. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-4.....	98
Çizelge 5.5. % bentonit ve % suya bağlı olarak gaz geçirgenlik değerleri .....	101
Çizelge 5.6. % bentonit ve % suya bağlı olarak sertlik değerleri .....	104
Çizelge 5.7. % bentonit ve % suya bağlı olarak yaş basma dayanımı değerleri .....	108
Çizelge 5.8. % bentonit ve % suya bağlı olarak akıcılık değerleri .....	112

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tane şeklinin yaş mukavemetine etkisi .....	15
Şekil 2.2. Tane boyutunun yaş mukavemete etkisi .....	16
Şekil 2.3. Farklı tane boyutunun artan nem ile yaş mukavemetine etkisi .....	17
Şekil 2.4. Bağlayıcı miktarının yaş mukavemete etkisi.....	17
Şekil 2.5. Tane şeklinin gaz geçirgenliğine etkisi .....	19
Şekil 2.6. Tane boyutunun elek numarasına göre gaz geçirgenliğine etkisi .....	20
Şekil 2.7. Tane boyutunun % nem oranına göre gaz geçirgenliğine etkisi .....	20
Şekil 2.8. Bağlayıcı miktarının gaz geçirgenliğine etkisi.....	21
Şekil 2.9. % kil oranının kromit ve silika kumları basma mukavemetine etkisi .....	22
Şekil 2.10. % beziryağı oranın kromit ve silika kumlarının basma mukavemetine etkisi.....	23
Şekil 2.11. % nem miktarının gaz geçirgenliğine etkisi .....	24
Şekil 2.12. Üç ayrı kil için bileşik nem (kristal suyu) kaybı üzerine sıcaklığı etkisi .....	27
Şekil 2.13. Yabancı maddelerin silika kumunun rafrakterlik özelliğine etkisi .....	29
Şekil 2.14. Kuartz'ın sıcaklık ile faz dönüşümü .....	31
Şekil 2.15. Silika kumunun ısı genleşmesi .....	31
Şekil 2.16. Farklı döküm kumlarının termal genleşmesi.....	36
Şekil 2.17. Kalıp kumunun kuru basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi.....	41

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.18. Kalıp kumunun 900 °C'de sıcak basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi .....	41
Şekil 2.19. Kalıp kumunun yaş basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi .....	41
Şekil 2.20. % 0.075 tipik nişasta veya dekstrin ilavesinin %5 Sodyum Bentonitle bağlanmış kumun bağ özelliklerindeki değişikliği göstermektedir .....	45
Şekil 2.21. Kalsiyum bentonitinin su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi .....	47
Şekil 2.22. Sodyum bentonitinin su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi .....	47
Şekil 2.23. Kaolinit (Ateş kili) su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi .....	48
Şekil 5.1. Olivin kumunun TGA eğrisi.....	89
Şekil 5.2. Olivin kumunun DTG eğrisi .....	90
Şekil 5.3. Olivin kumunun DTA eğrisi.....	91
Şekil 5.4. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-1 .....	94
Şekil 5.5. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-1.....	95
Şekil 5.6. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-2.....	96
Şekil 5.7. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-2.....	96
Şekil 5.8. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-3.....	97
Şekil 5.9. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-3.....	98
Şekil 5.10. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-4.....	99
Şekil 5.11. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-4.....	99
Şekil 5.12. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenliği .....	101

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.13. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenliği .....	102
Şekil 5.14. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenliği .....	102
Şekil 5.15. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenliği .....	103
Şekil 5.16. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun gaz geçirgenliğine etkisi .....	103
Şekil 5.17. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	104
Şekil 5.18. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	105
Şekil 5.19. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	105
Şekil 5.20. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	106
Şekil 5.21. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	106
Şekil 5.22. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik .....	107
Şekil 5.23. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun sertliğe etkisi .....	107
Şekil 5.24. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	108
Şekil 5.25. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	109
Şekil 5.26. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	109
Şekil 5.27. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	110
Şekil 5.28. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	110
Şekil 5.29. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı .....	111

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 5.30. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun yaş basma dayanımına etkisi .....	111
Şekil 5.31. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	112
Şekil 5.32. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	113
Şekil 5.33. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	113
Şekil 5.34. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	114
Şekil 5.35. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	114
Şekil 5.36. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık .....	115
Şekil 5.37. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun akıcılığa etkisi....	115

## RESİMLERİN LİSTESİ

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.1. Yuvarlak kum tane şekilleri .....	6
Resim 2.2. Köşeli kum tane şekilleri .....	7
Resim 2.3. Bileşik kum tane şekilleri .....	7
Resim 2.4. Yarı köşeli kum tane şekilleri .....	8
Resim 2.5. Kaba döküm kumu .....	8
Resim 2.6. İnce döküm kumu.....	9
Resim 2.7. Kaba yuvarlak döküm kumu ile hazırlanmış kalıp yüzeyi .....	9
Resim 2.8. İnce yuvarlak döküm kumu ile hazırlanmış kalıp yüzeyi.....	10
Resim 2.9. 0,4 ve 0,104 mm kum karışımından yapılan kalıp yüzeyindeki gözeneklilik .....	10
Resim 3.1. Olivin kristali.....	52
Resim 3.2. Olivinin polarizan mikroskop görüntüleri (x100, sol taraf tek, sağ taraf çapraz nikol) .....	57
Resim 4.1. Termal analiz cihazı .....	78
Resim 4.2. Yoğunluk ölçme cihazı .....	79
Resim 4.3. Mikroskop .....	81
Resim 4.4. Hassas terazi .....	82
Resim 4.5. Kurutma fırını .....	82
Resim 4.6. Titreşimli laboratuvar eleği .....	83
Resim 4.7. Yüksek devirli karıştırıcı .....	84
Resim 4.8. Kum karıştırma kolları .....	85
Resim 4.9. Sulu gaz geçirgenlik deney cihazı.....	86

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 4.10. Sertlik ölçme cihazı .....	87
Resim 4.11. Yaş basma dayanımı ölçme cihazı .....	88
Resim 5.1. Olivin kumunun tane şekleri.....	92
Resim 5.1. Devamı .....	93

**HARİTALARIN LİSTESİ**

<b>Harita</b>	<b>Sayfa</b>
Harita 3.1. Çayırbağı ve yöresinin jeolojik haritası .....	72
Harita 3.2. Kızıldağ ve yöresinin jeolojik haritası .....	73

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AFS</b>	American Foundrymens Society
<b>AŞ</b>	Anonim Şirketi
<b>AT</b>	Avrupa Topluluğu
<b>CIF</b>	Cost Insurance Freight
<b>DPT</b>	Devlet Planlama Teşkilatı
<b>DTA</b>	Diferansiyel Termal Analiz
<b>DTG</b>	Derivatif Termogravimetri
<b>EFTA</b>	Avrupa Serbest Ticaret Bölgesi
<b>FOB</b>	Free On Board
<b>GF</b>	George Fischer
<b>GFN</b>	Grain Fineness Number
<b>KDV</b>	Katma Değer Vergisi
<b>MTA</b>	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
<b>TGA</b>	Termogravimetrik Analiz
<b>TSE</b>	Türk Standartları Enstitüsü
<b>VB</b>	Vebenzeri
<b>VS</b>	Vesaire

## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte önemi fark edilen olivinün üretim ve değerlendirilmesi giderek artmaktadır. 1950'li yıllarda dünyanın yıllık olivin tüketimi 800.000 ton iken 1990'lı yılların başında 4 milyon tondan daha fazla olduğu sanılmaktadır. Olivin kumu 1960'lı yıllarda döküm kumu olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak günümüzde olivin demir-çelik sanayi başta olmak üzere refrakter sanayi, döküm sanayi, aşındırıcı, elektrikli ısıtıcı ve balast olarak kullanılmaktadır. Olivin birçok avantajından dolayı Avrupa ve dünyanın birçok ülkesinde oldukça önemli bir mineral durumuna gelmiştir. Dünitlerin büyük kütleli kayaçlar halinde bulunması maliyetini düşürdüğü için kullanımını arttırmaktadır.

Olivin kumunun döküm endüstrisinde döküm kalıp malzemesi olarak kullanımı silis kumuna göre daha üstün yüzey kalitesi üretmesi, bentonit ilavesi ile şekil alma özelliğinin kontrol edilebilmesi, özellikle sağlık riskinin olmaması, tekrar kullanılabilirlik ve yüksek refrakterlik özelliğinin birçok döküm hatasını elimine etmesi gibi avantajlarından dolayı artmaktadır.

Fosterik olivinün yüksek sıcaklıkta çalışan fırınlarda dolomit ve silis kumu yerine kullanılması ekonomik, sağlık ve çevre açısından oldukça önemlidir.

Ülkemizde olivin kullanımına 1990'lı yıllardan sonra başlanılmıştır. Sadece bazı mermer işleyen firmalar dünit bloklarını mermer olarak kullanmışlardır. Ülkemizde yüzey alanın yaklaşık % 15'inin ultrabazik kayaçlardan oluşmasına rağmen olivin kullanımına çok fazla rastlanılmamaktadır.

Bu çalışmada olivin kumunun döküm endüstrisinde kalıp malzemesi olarak kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla olivin konusunda detaylı literatür araştırması (Bölüm 2) yapılmış ve olivin kumuna değişik oranlarda bentonit ve su ilavesi ile yaş kum kalıp kumlarına yapılan standart deneyler uygulanmıştır.

## 2. KALIP KUMLARI VE KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Kalıp Kumları

Kalıp kumları, kayaların parçalanması ya da dağılması sonucu meydana gelen parçacıklar olarak bilinir. Kum çapları 0,05 ile 2 mm arasında değişir. Kalıp kumları içinde farklı oranlarda minareler de mevcuttur [1].

Dökümlerin büyük bir kısmı kumdan elde edilen kalıplara yapılır. Genel bir ortalama olarak 1 ton döküm elde etmek için yaklaşık 4-5 ton kuma ihtiyaç duyulur. Bu miktar dökülen metalin cinsine, parça büyüklüğüne ve kalıplama şekline göre değişebilmektedir [2].

Kalıp kumları doğal kalıp kumları ve sentetik kalıp kumları olarak iki gruba ayrılır.

Doğal kalıp kumlarında doğal olarak kil mevcuttur. Buldukları şekilde kullanılırlar, kumun istenilen özelliklere sahip olması için dışarıdan su ilavesi yapılır. Doğal kalıp kumu, nem miktarını uzun süre koruyabilmektir bu özellik ise doğal kalıp kumu için bir avantajdır. Fakat değişken özelliklere sahip olduğu için kendisine dezavantaj teşkil etmektedir. Bu değişkenlikten dolayı döküm kalitesi düşmektedir. Doğal kalıp kumlarına bazen bentonit ilavesi yapılabilir. Zaman zaman bentonit ilavesi yapılarak yarı sentetik özellik kazandırılabilir. Doğal kalıp kumları refrakterlik özelliğini düşüren değişik türde oksit, mineral ve feldspat gibi birçok madde içermesi, çalışma rutubetinin fazla olması ve tane boyut dağılımının kontrol edilememesinden dolayı günümüzde kullanımı yok denecek kadar azdır [2].

Sentetik kumlar ise, doğal kalıp kumlarına göre çok az miktarda kil ve su içermektedir. Tane boyutu ve dağılımının kontrol edilebildiği sentetik kalıp kumlarına bağlayıcılık özelliği kazandırmak için bentonit ve su ilavesi yapılır.

Sentetik kalıp kumlarının kullanımı aşağıda verilen avantajlarından dolayı oldukça yaygındır.

- 1-Homojen ve kontrol edilebilir tane boyutu dağılımı
- 2-Homojen tane boyutu
- 3-Yüksek refrakterlik özelliği
- 4-Daha az suya ihtiyaç duymaları
- 5-Daha az bağlayıcı ilavesine ihtiyaç duymaları
- 6-Özelliklerinin kontrol edilebilir olması
- 7-Depolama için daha az yer işgal etmeleri
- 8-Daha iyi otomatik kalıplama özelliklerine sahip olmaları
- 9-Daha kaliteli döküm üretmeleri
- 10-Daha yüksek gaz geçirgenlik özelliğine sahiptirler. Bu yüzden kalıp sertliği daha fazladır.
- 11-Daha temiz döküm yüzeyi verirler
- 12-Daha uzun kullanım süresine sahiptirler [3].

Bu özellikler sentetik kalıp kumlarına geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır.

Sentetik kumlarının gaz geçirgenliği ve akıcılığı oldukça yüksektir. Bu özellikler daha iyi kalıplanabilme imkânı sağlar ve yumuşak kalıplamadan kaynaklanan döküm hatalarını elimine ederler. Sentetik kalıp kumları doğal kalıp kumlarına göre daha kırılğan özelliğe sahip oldukları için model kum kalıptan çıkarıldıktan sonra yapılması gereken tamirleri zorlaştırırlar. Doğal kalıp kumlarında kullanılan temper suyu miktarı, sentetik kalıp kumlarına göre 2-3 kat daha fazladır. Doğal kumlardaki nem oranı yaklaşık %6-8'dir. Sentetik kalıp kumlarında ise %3 neme ihtiyaç duyulur. Düşük miktarda nem oranı döküm sırasında kalıp boşluğunda daha az oksitleyici atmosfer meydana getirir. Sentetik kalıp kumları doğal kalıp kumlarına göre daha uzun süre ve daha az bağlayıcı ilavesi ile tekrar kullanılma özelliğine sahiptirler [2].

### 2.1.1. Kalıp kumlarının genel özellikleri

Kum taneleri farklı şekillere sahip olmakla beraber daha çok yuvarlak, köşeli ve yarı köşeli şekillerde bulunurlar. Yuvarlak taneli kumlar arasındaki temas yüzeyinin daha az olmasından dolayı az miktarda bağlayıcı kullanılır. Bu durum taneler arasında ki gaz geçirgenliğini artırır. Yuvarlak taneli kumların akıcılık özelliğinin iyi olması otomatik ve yarı otomatik kalıplamada önemli bir avantaj sağlar. Köşeli tanelerde yuvarlak taneli kumlara göre temas yüzeyinin daha fazla olmasından dolayı daha fazla bağlayıcı gerektirirler ve daha az gaz geçirgenlik özelliğine sahiptirler.

Döküm kalıplarında çeşitli kumlar kullanabilmesine rağmen döküm kumlarının aşağıda belirtilen özelliklere sahip olması gerekmektedir [3].

1. Yüksek döküm sıcaklıklarında boyutsal ve ısı (termal) kararlılık
2. Uygun tane şekli ve boyutu
3. Uygun tane boyutu dağılımı
4. Sıvı metalle kimyasal reaksiyona girmeme
5. Sıvı metali minimum seviyede ıslatma
6. Döküm sıcaklığında minimum seviyede gaz üretme
7. Bağlayıcılar ile şekil alabilme
8. Kalıplanabilme
9. Ekonomiklik

Günümüzde kullanılan birçok kalıp kumu bu özelliklere sahip olmakla birlikte kum hazırlamada kontrol edilebilen bazı özellikler aşağıda verilmiştir [2,3];

1. Kum Tanelerinin Şekli, Boyutu ve Boyut Dağılımı
2. Yaş mukavemet
3. Kuru mukavemet
4. Gaz geçirgenliği
5. Bağlayıcı miktarı

6. Nem miktarı
7. Sıcak dayanım
8. Refrakterlik
9. Akıcılık

#### Kum tanelerinin şekli, boyutu ve boyut dağılımı

Kum tanelerinin şekli, boyutu ve boyut dağılımları kalıp özelliklerinin kontrolünde oldukça önemlidir. Kalıp kumları yeni kum ve geri dönüştürülen kalıp kumlarının karışımlarından meydana gelir. Boyut, şekil ve tane boyutu dağılımının belirlenmesinde, kum yüzey alanının miktarını belirleyen tane şekli ve kalıbın gaz geçirgenliğini kontrol eden tane boyut dağılımı oldukça önemlidir [4].

#### *Tane şekli*

Döküm kumlarının tane şekilleri, yuvarlak, köşeli, bileşik yarı köşeli olabilmektedir, (Resim 2.1, Resim 2.2, Resim 2.3 ve Resim 2.4)

Yuvarlak taneler en düşük yüzey alan-hacim oranına ve en düşük birbirine olan temas yüzeyine sahiptir [5,6]. Bu sebepten yuvarlak taneler arasında boşluk diğer şekillere göre çok fazladır. Bu durum kumun gaz geçirgenlik özelliğini maksimuma taşıırken dayanım özelliklerini minimuma düşürür. Bu kumlar düşük yüzey alanlarından dolayı en az bağlayıcı gereksinimi duyarlar. Bu sebepten kalıp kumlarına göre nispeten daha güçlü bağlayıcıların kullanıldığı maçaların üretiminde kullanılırlar. Yüksek gaz geçirgenlik özelliği maçalar için daha önemlidir. Çünkü maçaların büyük bir kısmı sıvı metal tarafından kuşatılır. Ancak kalıp kumu sisteminde maça kumları geri dönüşüm yapıldığı zaman şekilleri dezavantaj olabilir. Çünkü normalde hızlı ve otomatik kalıplamayı kolaylaştırmak için yüksek oranlarda kil ve su kullanılır. Köşeli kumlar en büyük yüzey alanına sahiptirler ve daha çok bağlayıcı ve neme ihtiyaç duyarlar [4].

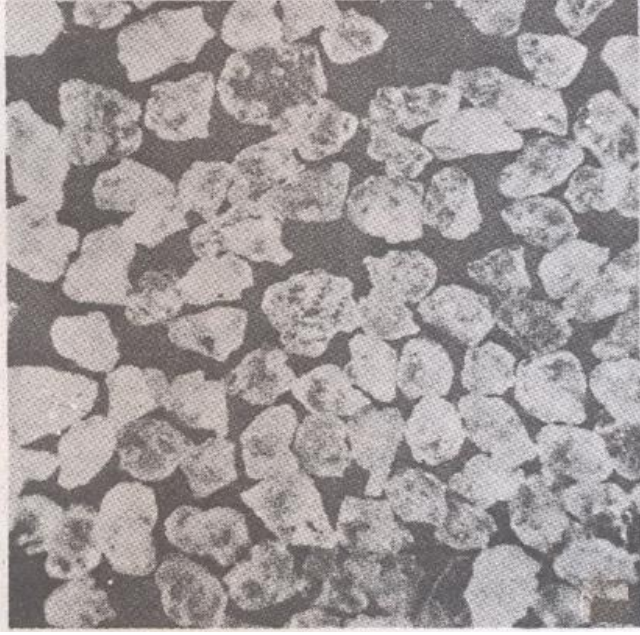
Köşeli kumlar daha çok yüzey alanına sahiptirler ve bu kumlarda daha ziyade bağlayıcı ve neme ihtiyaç duyulur. Termal ve mekanik şoklardan dolayı kullanıldıkça köşeli kum tanelerinin oranı artar. Bu kumların gaz geçirgenlik özellikleri düşerken birbirine olan temas yüzey alanı arttığı için mukavemet özellikleri oldukça yüksektir [4].

Sivri kenarlara sahip köşeli kumlar döküm yapmak için nispeten zayıf kumlardır. Köşeli kumlar öğütülmüş kayalardan elde edilir ve daha az bağlayıcıya ihtiyaç duyarlar [5].

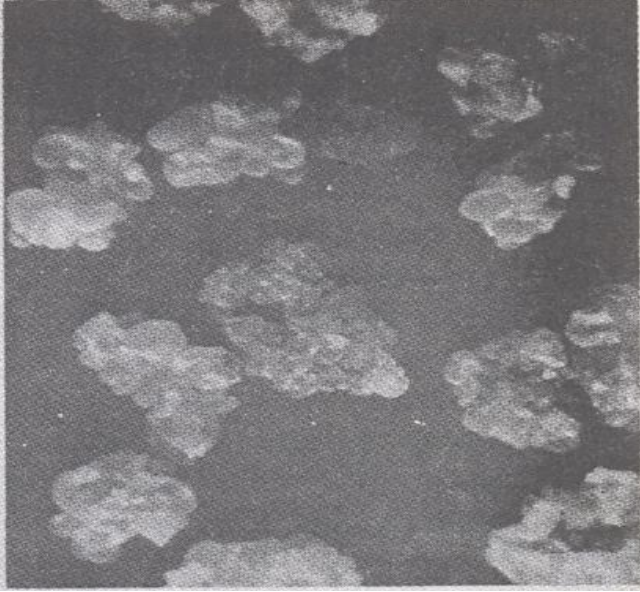
Yarı köşeli kumlar en çok kullanılan tane şekli sınıfıdır. Gaz geçirgenlik ve dayanım özellikleri yuvarlak ve köşeli kumların arasında seyrederek. Tercih edilmelerinin sebebi hem dayanım hem de gaz geçirgenlik özelliklerinin kontrol edilebilmesidir. Bununla birlikte döküm kumlarının şekli bileşik taneler hariç karışık olmalıdır [3].



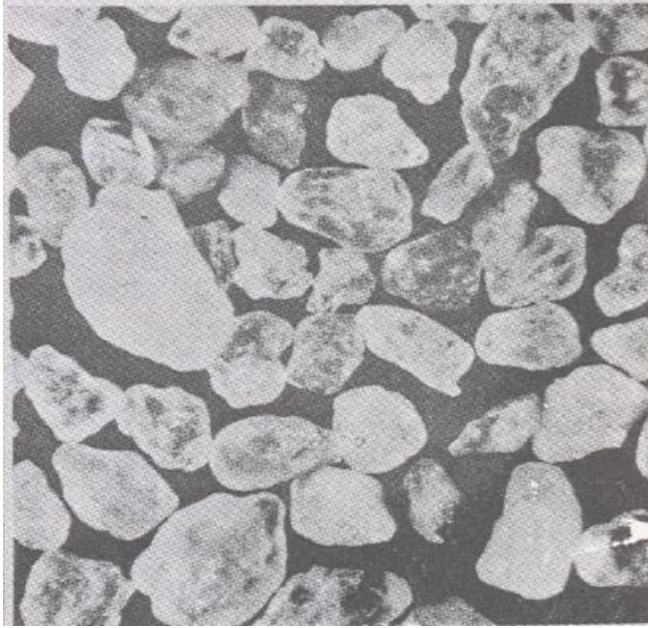
Resim 2.1. Yuvarlak kum tane şekilleri [4]



Resim 2.2. Köşeli kum tane şekilleri [4]

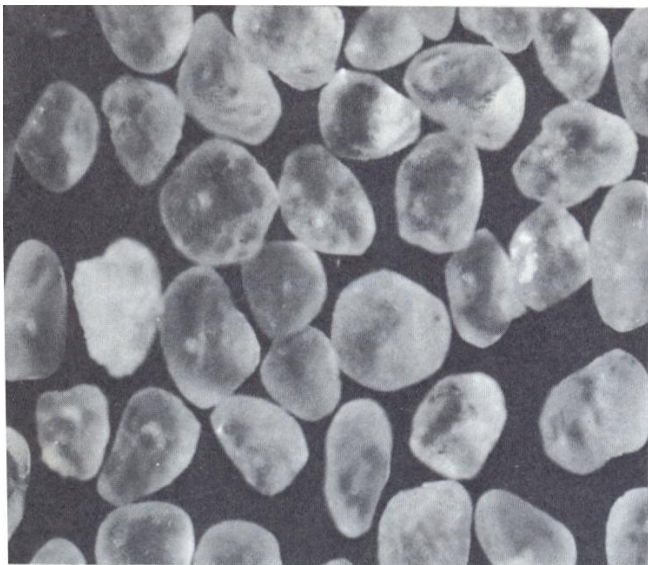


Resim 2.3. Bileşik kum tane şekilleri [4]

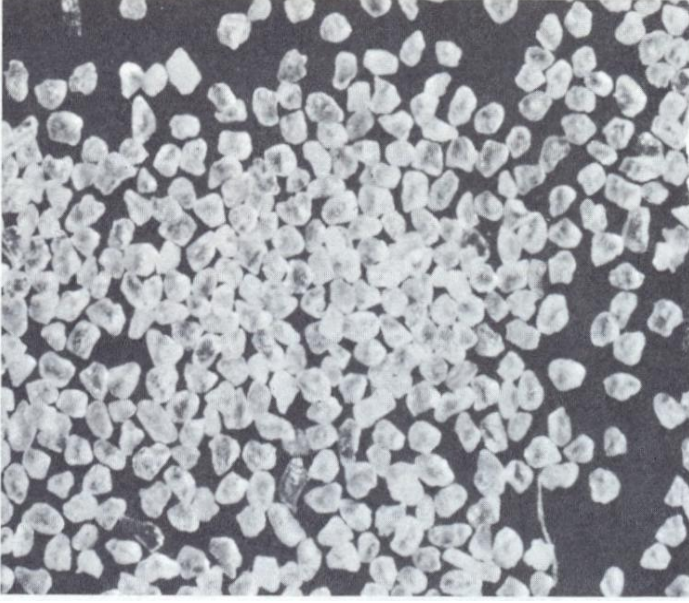


Resim 2.4. Yarı köşeli kum tane şekilleri [4]

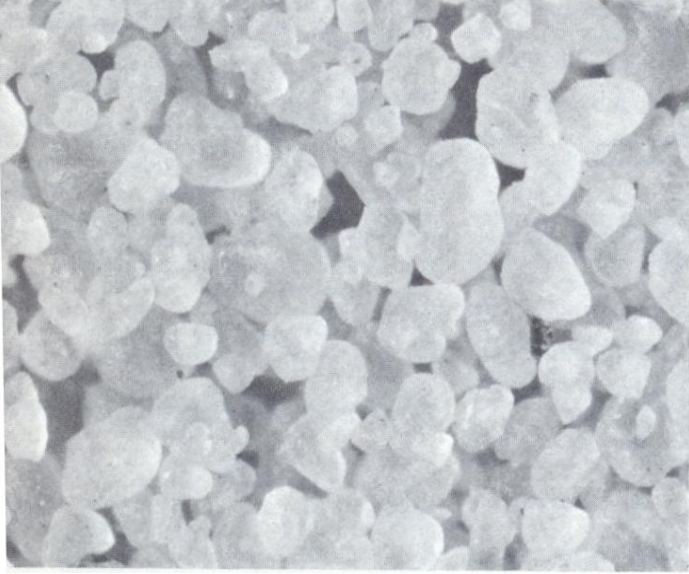
Aynı boyuttaki kum tanelerinin dayanımlarının düşük olacağı bilinmelidir. Tane boyutu dağılımı arttığında büyük taneler arasındaki boşlukların dolması için yeterli miktarda küçük tane boyutuna sahip taneler mevcuttur. Kumlar tekrar tekrar kullanıldıkça her seferinde biraz daha küçülürler ve kalıbın gaz geçirgenliği düşer, fakat kalıbın mukavemeti artar (Resim 2.5, Resim 2.6) [4].



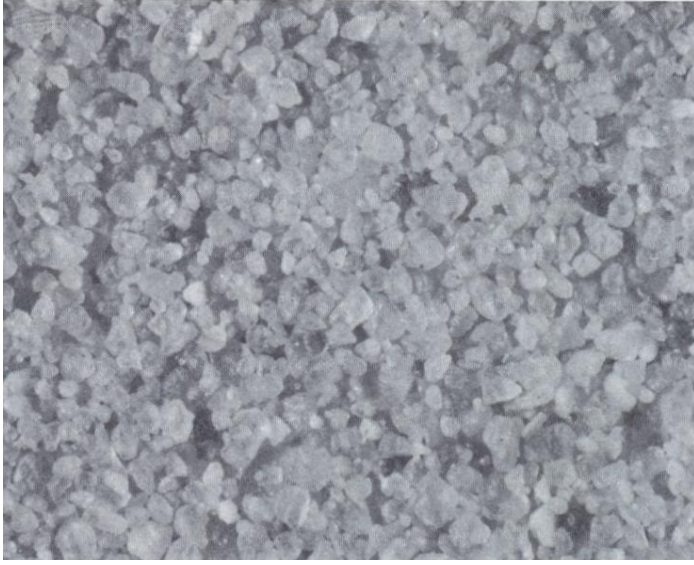
Resim 2.5. Kaba döküm kumu [4]



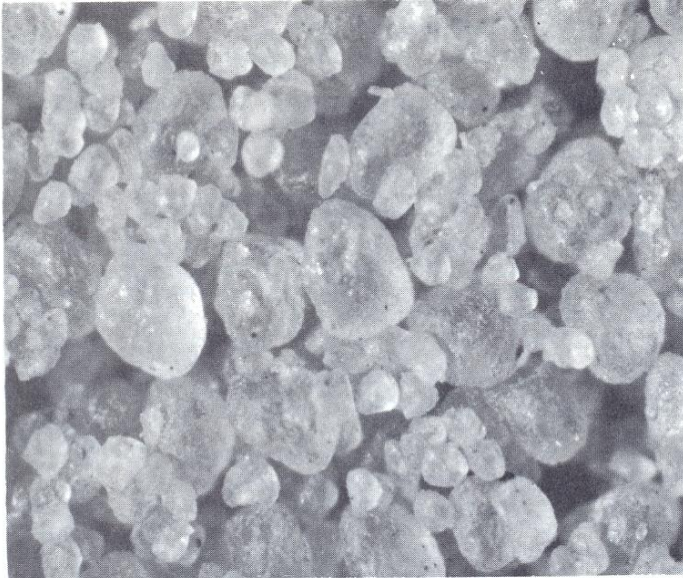
Resim 2.6. İnce döküm kumu [4]



Resim 2.7. Kaba yuvarlak döküm kumu ile hazırlanmış kalıp yüzeyi [4]



Resim 2.8. İnce yuvarlak döküm kumu ile hazırlanmış kalıp yüzeyi [4]



Resim 2.9. 0,4 ve 0,104 mm kum karışımından yapılan kalıp yüzeyindeki gözeneklilik [4]

#### *Tane boyutu ve tane boyut dağılımı*

Döküm kumlarında tane boyutu dağılımının kontrolü tane şeklinin kontrolünden daha önemlidir. Çünkü döküm kumlarının sahip olması gereken özellikleri esas olarak tane boyut dağılımı belirler. Kum tane boyut ve şekil

dağılımında, kumun ince ve kalın kısımlarının miktarı kalıp yoğunluğu ve gözenekliliği kontrol eder [3].

Kalıbın gözenekliliği, döküm sırasında kalıptan gazların dışarı çıkmasına izin veren kalıbın gaz geçirgenlik kabiliyetini kontrol eder, (Resim 2.5, Resim 2.6, Resim 2.7 ve Resim 2.8). En yüksek gözeneklilik hemen hemen aynı boyuta sahip tanelerden oluşan bir elek dağılımında olur. Bu durumun kum dayanımlarını düşüreceği unutulmamalıdır. Tane boyutu dağılımı arttığında büyük taneler arasındaki boşlukların dolması için yeterli miktarda küçük boyuta sahip taneler mevcuttur. Taneler geri dönüşümün her seferinde biraz daha küçülürler ve kalıbın gözenekliliği düşer, fakat dayanım özellikleri artar, (Resim 2.9) [3].

Eğer kalıbın gözenekliliği çok fazla ise sıvı metal kum tanelerinin arasına girerek (penetre ederek) döküm yüzeyinde kum kaynaması ve sıvı metalin kuma nüfuzu vb. döküm hataları meydana gelir. Dolayısı ile kum dağılımı dengede ve kum sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır. Geri dönüşüm sırasında tozların ayrıştırılması ve uygun miktarlarda bağlayıcı ilavesi gereklidir [3].

Kumların tane inceliği (boyutu) AFS (American Foundrymens' Society) tane incelik numarası ile tanımlanır. AFS tane incelik numarası yaklaşık olarak verilen bir eleğin inç karedeki delik sayısı olarak hesaplanır. Eğer kum taneleri eşit dağılımlı ise genel olarak kum tanelerinin ortalama ağırlıkları da eşit olacaktır. Yaklaşık olarak kilin kaplayacağı kumun ağırlığı yüzey alanına orantılı olacaktır [4].

Aşağıda Çizelge 2.1'de AFS Standardına göre elek numaraları ve boyutları verilmiştir.

Çizelge 2.1. AFS Standardına göre Elek Numaraları ve Boyutları [4]

AFS Elek No.	Delik Boyutu, mm	Delik Boyutu, $\mu\text{m}$	Elek Tel Çapı, mm
6	3,35	3350	1,23
8(a)	2,36	2360	1,00
12	1,70	1700	0,810
16(a)	1,18	1180	0,650
20	0,850	850	0,510
30	0,600	600	0,390
40	0,425	425	0,290
50	0,300	300	0,215
70	0,212	212	0,152
100	0,150	150	0,110
140	0,106	106	0,076
200	0,075	75	0,053
270	0,053	53	0,037

Not: (a) bu elekler normalde döküm kumlarının testinde kullanılmazlar.

AFS tane incelik numarası standart elek serisinde tutulan kumun yüzde oranı ile belirlenir. Her elekte kalan kumun yüzdesi kumun içinde kaldığı eleğin çarpanıyla çarpılır ve toplama ilave edilir. Ve daha sonra bu çarpımların toplamı eleklerde tutulan kumun toplamın yüzdesine bölünür. Çizelge 2.1’de standart AFS elek analizinde kullanılan standart eleklerin ölçüleri verilmiştir. Bu eleklerin çarpan faktörleri de Çizelge 2.2’de verilmiştir. Kumun büyük bir bölümünü hacim kısım oluşturur. Hacim kısımda elek sayısı kumun elek dağılımını verir. Hacim kısmın, üzerinde kalan kumun kalın tanelerini, altında kalan ise ince kısmını ifade eder. Kalın ve ince kısımlar %5’den fazla olmamalıdır. Kullanılan kalıp kumları 4 elek dağılımlı olmalıdır. 4 elek dağılımlı kumlar birçok döküm hatasını elimine eder. AFS tane incelik numarasının küçük olması daha iri tanelere sahip kumu, büyük olması daha ince tanelere sahip kumu ifade eder. Yüksek sıcaklıkta dökülen metal ve alaşımlar için iri taneli kumlar, düşük sıcaklıkta dökülen metal ve alaşımlar için küçük taneli kumlar yani AFS tane incelik numarası büyük olan kalıp kumları tercih edilir [4].

Ortalama kum tanelerinin çapını gösteren kumların AFS numaralarıdır. Bu tane incelik numaraları elek dağılımı kadar önemli değildir. Çelik dökümü genel olarak çok düşük tane incelik numarası ile çok iri kum taneleri kullanılır. Örneğin 45–55 AFS GFN, çünkü bunlar acilen temizlenmeleri gereken çok sayıda gaz içerirler. Demir dökümünde biraz daha ince kum kullanılır. 55–70 AFS GFN. Demir olmayan dökümler (alüminyum ve bronz gibi) hatta daha incisini kullanırlar. 65–90 AFS GFN. Bazı demir dışı dökümler plaka ve daha detaylı çalışmalar için 150–180 AFS GFN' ye kadar tane incelikli kumlar kullanırlar [5].

Çelik dökümler için ; AFS 40–50  
 Dökme demir alaşımları için ; AFS 60–80  
 Demirdışı alaşımlar için ; AFS 90–170

Çizelge 2.2. AFS tane incelik numarasının hesaplanması (Örnek: 50 g kum örneği) [4]

AFS elek no	50 g örnekten elekte kalan miktar		Çarpan	Sonuç
	g	%		
6	...	0.0	3	0
12	...	0.0	5	0
20	...	0.0	10	0
30	...	0.0	20	0
40	0.70	1.40	30	42
50	1.40	2.80	40	112
70	1.50	3.00	50	150
100	3.15	6.30	70	441
140	9.05	18.10	100	1 810
200	13.00	26.00	140	3 640
270	11.90	23.80	200	4 760
Tava	9.30	18.60	300	5 580
Toplam	50.00	100.00		16 535

AFS No;  $16535/100= 165$  ▲ ; Kalın kısım, ▲ ; hacim kısım, ▲ ; ince kısım

Çizelge 2.3. Farklı tane boyut dağılımına sahip iki kumun AFS incelik numarası [4]

Elek No	Yüzde	
	Kum A	Kum B
6	0,0	0,0
12	0,0	0,0
20	0,0	0,0
30	1,0	0,0
40	24,0	1,0
50	22,0	24,0
70	16,0	41,0
100	17,0	24,0
140	14,0	7,0
200	4,0	2,0
270	1,7	0,0
Tava	0,3	1,0
Toplam	100,0	100,0
AFS tane incelik no	60,0	60,0

Kalıp kumları kalıp içinde sıvı metalin katılaşması ve soğuması sırasında kalıp duvarı hareketine müsaade etmelidir. Bu sebepten kumun elek dağılımı genişleme özelliğini de etkiler. Yukarıda da değinildiği gibi 4 elek dağılımlı kumlar birçok döküm hatasını elimine ederler [3].

### Yaş mukavemet

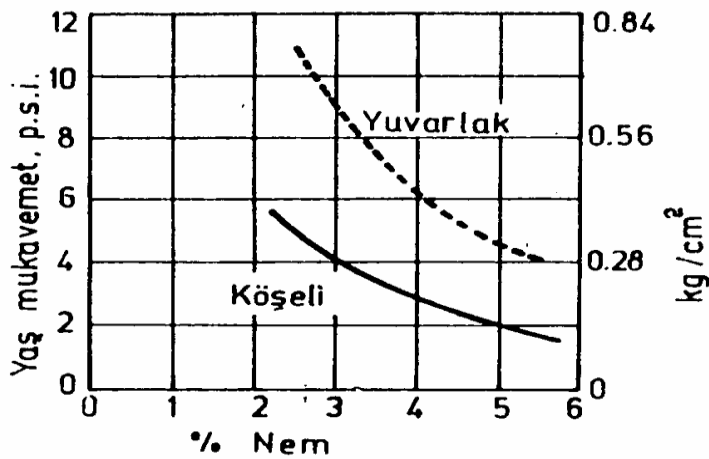
Tutuculuk olarak tanımlanan yaş mukavemet kalıp kumuna bağlayıcı ve su ilavesiyle hazırlanan kalıbın şeklini koruyabilmesi için gerekli olan plastiklik özelliğidir [7]. Diğer bir ifade ile kalıp kumunun temper suyu ilavesinden hemen sonraki ve sıvı metal kalıp boşluğuna döküldüğü zaman kalıbın şeklini muhafaza etmesi için gerekli olan mukavemettir. Standart ölçüdeki kum

deney numunesi üzerinde yaş mukavemeti  $\text{kg/cm}^2$  olarak ölçülür. Yaş mukavemeti kontrol eden faktörler aşağıda sıralanmıştır [2];

- a ) Tane şekli
- b ) Tane boyutu ve dağılımı
- c ) Bağlayıcı cinsi ve bağlayıcı miktarı
- d ) Nem miktarı

Kum tanelerinin birbirine temas yüzeyleri ve temas eden birim alanların artmasıyla doğru orantılı olarak yaş mukavemet de artmaktadır. Kum tanelerinin birbirine temas yüzeyi doğal olarak kum tanelerinin geometrik şekline de bağlıdır. Yuvarlak şekilli ve düzgün yüzeyli taneler, sivri, keskin ve köşeli tanelere göre daha sıkı yerleştikleri için daha mukavemetli olmalarına neden olacaktır, (Şekil 2.1) [3].

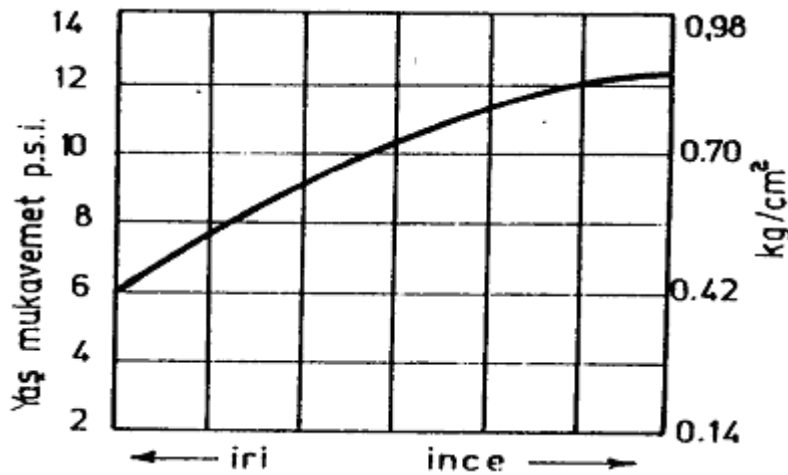
Yaş mukavemeti arttırmak için yuvarlak taneler tercih edilirken gaz geçirgenliğini arttırmak için sivri ve köşeli taneler tercih edilmektedir (Şekil 2.6). Ayrıca kalıp kumunu hazırlama yöntemi de yaş mukavemeti etkileyen önemli bir faktördür [2].



Şekil 2.1. Tane şeklinin yaş mukavemetine etkisi [2]

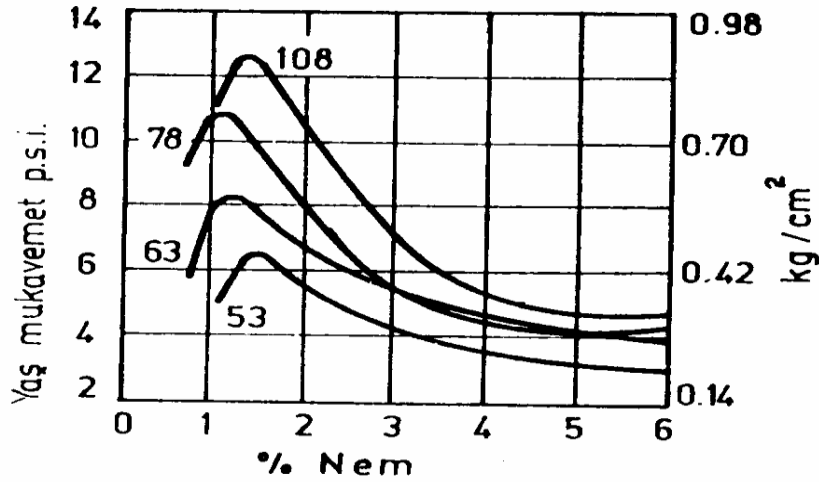
Kumların tane boyutu ne kadar küçük ise, taneler arası temas yüzeyi de o kadar büyüktür. Bu sebepten küçük taneli kumlarda yaş mukavemet oldukça yüksektir. Kumlarda ki tane boyutu arttıkça buna bağlı olarak kum taneleri arasındaki temas yüzeyi azalacağından kumun mukavemeti de azalır (Şekil 2.2) [2].

Farklı ve kompozit birleşimli kum karışımlarında nemin artmasıyla yaş mukavemette de biraz farklılık görülmektedir. Bu değişim yaklaşık ve teoremsel bir grafik olarak Şekil 2.3'de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi en yüksek tane incelik numarasına sahip kumun (AFS 108) yaş mukavemeti en yüksek değerdedir [2].



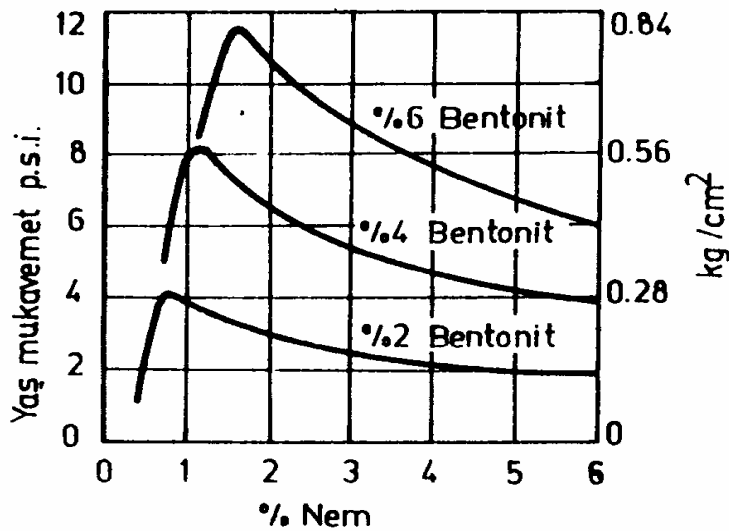
Şekil 2.2. Tane boyutunun yaş mukavemete etkisi [2]

Şekil 2.3'de farklı kum tanelerine sahip kalıp kumu için nem ile yaş mukavemet arasındaki değişim gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Farklı tane boyutunun artan nem ile yaş mukavemetine etkisi [2].

Yaş mukavemet, kalıp kumuna ilave edilen bağlayıcı miktarından doğrudan etkilenir. Doğal olarak artan bağlayıcı miktarı ile yaş mukavemet belli seviyeye kadar artacaktır ancak Şekil 2.4'de görüldüğü gibi mukavemet optimum seviyeye ulaştıktan sonra kalıp kumuna ilave edilen bağlayıcı miktarı yaş mukavemeti tekrar düşürmeye başlayacaktır (Şekil 2.4) [2].



Şekil 2.4. Bağlayıcı miktarının yaş mukavemete etkisi [2]

Yaş mukavemet nem miktarının artmasıyla önce artış gösterir daha sonra düşüş gösterir. Yaş mukavemetin artış gösterdiği noktaya kadar olan neme

“Temper suyu”, yaş mukavemetin inmeye başladığı bölgedeki neme ise “serbest su” adı verilir [2].

### Kuru mukavemet

Sıvı metal kalıp boşluğuna döküldüğü anda kum sıcak metal ile temas eder ve kalıp içerisindeki nem buharlaşarak kaybolur. Kuru kumlar erozyona ve sıvı metalin statik basıncına karşı dayanıklı olmalıdır veya şeklini muhafaza edebilmelidir [7].

Genel olarak kalıp kumlarının kuru mukavemeti ile yaş mukavemeti benzer faktörlerden etkilenir [2]. Ancak kuru mukavemeti en etkin belirleyen faktör bağlayıcı cinsidir. Taneler arasındaki bağlayıcılığı sağlayan malzemenin kumun kendi mukavemetine katkı sağlaması ve her biri ayrı dayanımda olan kum tanelerinin birleşmesinden dolayı yüksek mukavemet meydana getirmektedir.

Bentonitlere nişasta ve dekstrin ilave edildiğinde, çok yüksek kuru mukavemet değerlerine erişilebilmektedir [8].

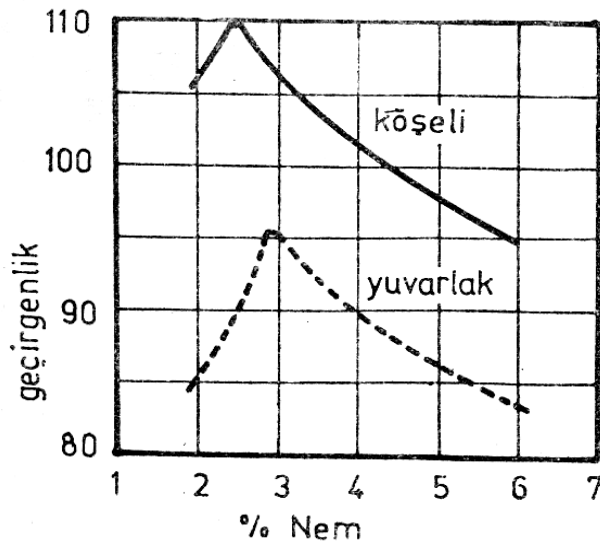
### Gaz geçirgenliği

Döküm anında yükselen sıcaklığın etkisiyle, kalıp kumundaki rutubet ve yanıcı maddelerden oluşan gazlar ile sıvı metalin absorbe ettiği gazların, kalıp boşluğundan dışarı atılabilme özelliğidir. Kullanılan kalıp kumlarının gaz geçirgenlik özelliği iyi değil ise döküm parçalarda gaz boşluklarına rastlamak mümkündür [7]. Dolayısıyla bu gaz boşluğu üretilen parçada da kendini göstermekte ve kalite düşmektedir.

Döküm parçadan meydana gelen ısı yaş kalıp kumlarında su buharı ve diğer gazların meydana gelmesine neden olur. Ayrıca döküm boşluğunda bulunan havanın da kalıp boşluğu dışına atılması gerekmektedir Dolayısıyla kalıp

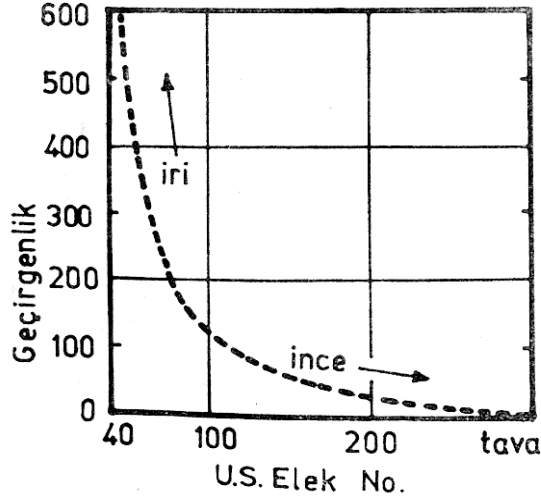
kumları hava, gaz veya buharın geçişine izin verme kabiliyetine sahip olmalıdır. Kalıp kumlarının gaz geçirgenliği standart basınç altında kum içinden havanın geçiş hızı ile ilgili bir sayı ile ifade edilir. Kalıp kumuna bu özelliği kazandıran kum taneleri arası boşluklardır. Gaz boşlukları kontrol eden beş ana faktör aşağıda verilmiştir [2].

- 1) Tane boyutu,
- 2) Tane şekli
- 3) Tane boyut dağılımı
- 4) Bağlayıcı cinsi ve miktarı
- 5) Nem miktarı

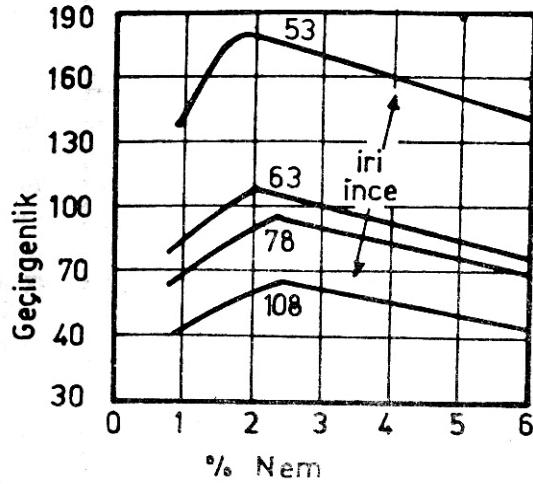


Şekil 2.5. Tane şeklinin gaz geçirgenliğine etkisi [2]

Yaş mukavemet üzerine tane inceliğinin etkisini incelenirken kum tanelerinin birbirilerine temas yüzeyi ne kadar artarsa yani ne kadar sıkı olarak dizilirlerse mukavemet o derece artar. Ancak bu sıkı düzenlenme sonucu kumun gaz geçirgenliğinde azalma meydana gelir. Tane boyutunun elek numarasına göre gaz geçirgenliğine etkisi Şekil 2.6'da ve tane boyutunun % nem oranına göre gaz geçirgenliğine etkisi Şekil 2.7'de verilmiştir [2].



Şekil 2.6. Tane boyutunun elek numarasına göre gaz geçirgenliğine etkisi [2]

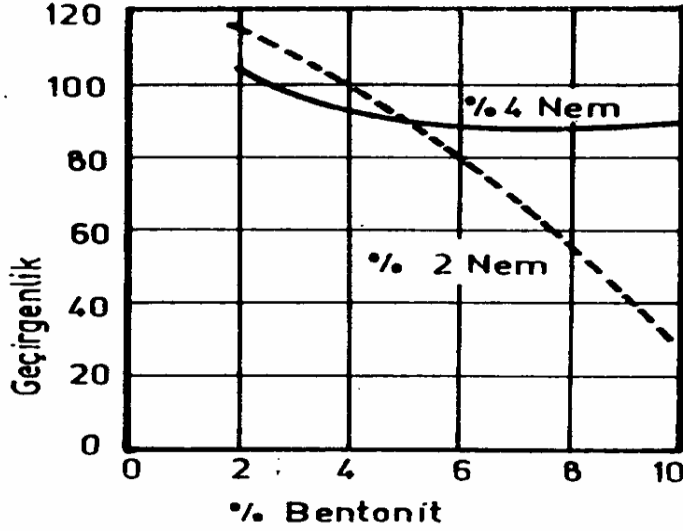


Şekil 2.7. Tane boyutunun % nem oranına göre gaz geçirgenliğine etkisi [2]

### Bağlayıcı miktarı

Kalıp kumlarında kullanılan bağlayıcının cinsi ve bağlayıcının miktarı da gaz geçirgenliğini etkileyen temel faktörler arasındadır. Kullanılan kalıp kumunda bentonit miktarının artması ile gaz geçirgenliği arasındaki değişimi gösteren grafik Şekil 2.8'de görülmektedir. Gaz geçirgenlik değerleri %2 ve %4 nem miktarları için verilmiştir. Şekil 2.8'de %2 nem içeren kumda gaz geçirgenliğinin, bentonitin yüzdesindeki artışla hızla azaldığı ve % 4 nem içeren kumda ise % 4 bentonitten sonra nispeten sabit bir değerde kaldığı

görülmektedir. Bu eğriler deneylerinin yapıldığı kum için %4 nem miktarını belli bentonit yüzdelerinde en iyi gaz geçirgenliği vereceğini göstermektedir [2].



Şekil 2.8. Bağlayıcı miktarının gaz geçirgenliğine etkisi [2]

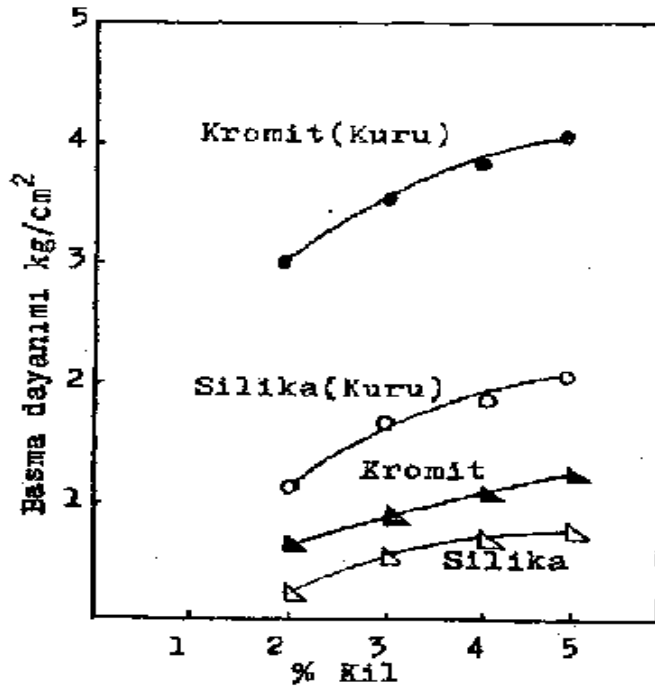
Döküm kumlarında kil, beziryağı, sodyum silikat ve furan başlıca bağlayıcı çeşitleridir.

#### *Bağlayıcı çeşitlerinin kalıp kumlarına etkisi*

Kalıp kumlarının hazırlanmasında kullanılan bağlayıcılardan örnek teşkil etmesi açısından birkaç bağlayıcı türünü inceleyecek olursak; beziryağı yerine kil kullanılması halinde elde edilen basma, eğme ve çekme mukavemet değerleri Çizelge 2.4'de ve Şekil 2.9'da verilmiştir. Beziryağı kullanılması halinde elde edilen basma, eğme ve çekme mukavemet değerleri Çizelge 2.5'de ve Şekil 2.10'da verilmiştir [7].

Çizelge 2.4. % kil oranının kromit ve silika kumlarının mekanik özelliklerine etkisi [7]

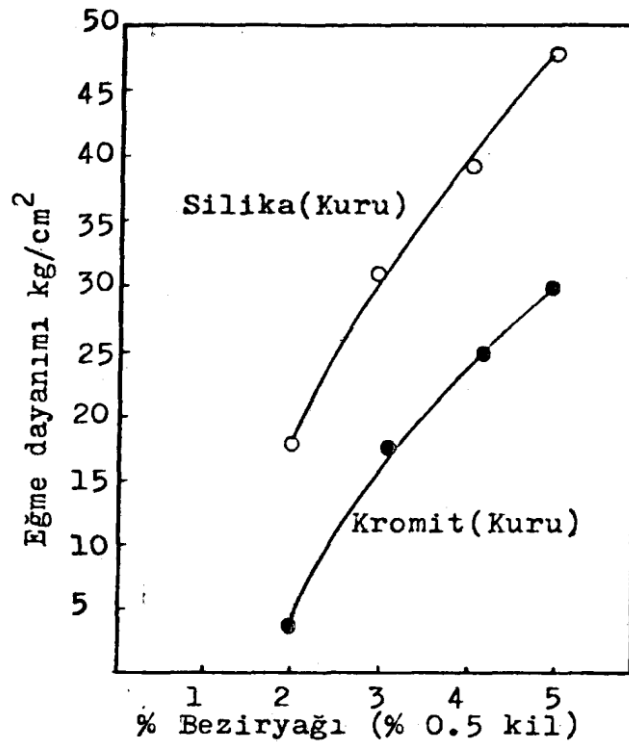
Kum çeşidi	Bağlayıcı çeşidi ve yüzdesi	Yaş basma Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Kuru basma Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Kuru eğme Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Kuru çekme Day. Kg/cm <sup>2</sup>
	Kil + %3 Kum				
Kromit	% 2	0,58	3	1	0,5
	% 3	0,8	3,4	2,6	0,65
	% 4	1	3,8	4	0,98
	% 5	1,2	4	5,16	1,13
Silika	% 2	0,2	1,1	0,5	0,3
	% 3	0,5	1,6	1,5	0,56
	% 4	0,58	1,75	1,8	0,73
	% 5	0,7	1,9	2,2	0,82



Şekil 2.9. % Kil oranının kromit ve silika kumları basma mukavemetine etkisi [7]

Çizelge 2.5. % beziryağı oranının kromit ve silika kumlarının mekanik özelliklere etkisi [7]

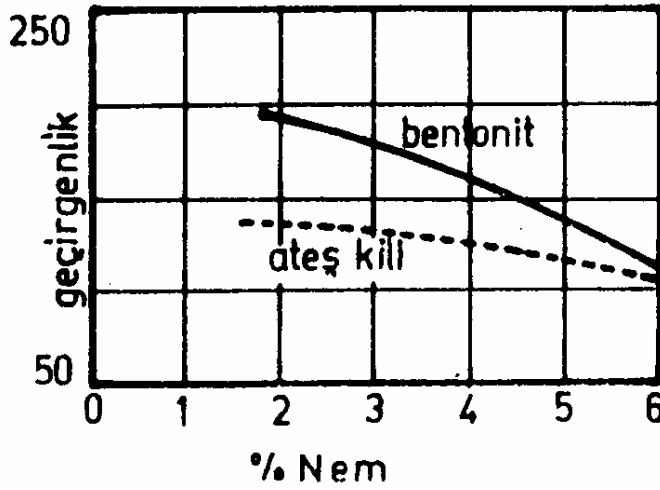
Kum çeşidi	Bağlayıcı çeşidi Ve yüzdesi	Kuru basma Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Kuru eğme Day. Kg/cm <sup>2</sup>	Kuru çekme Day. Kg/cm <sup>2</sup>
	Beziryağı+ (%0,5 kil)			
Kromit	% 2	11,3	4,2	2,9
	% 3	38,3	17	12,2
	% 4	47,6	25,3	16,8
	% 5	52	29,5	18,7
Silika	% 2	21	18	7,3
	% 3	46,5	32	15,2
	% 4	52,6	41,5	20
	% 5	58,3	47,5	22



Şekil 2.10. % Beziryağı oranının kromit ve silika kumlarının basma mukavemetine etkisi [7]

### Nem miktarı

Kalıp kumlarında kullanılan bağlayıcıların temper suyu arttıkça yaş mukavemet arttığı gibi temper suyunun artması aynı zamanda gaz geçirgenliğini de arttıracaktır ancak serbest su miktarı arttıkça gaz geçirgenliği azalacaktır (Şekil 2.11). Yaş mukavemetin artış gösterdiği noktaya kadar olan neme “tav (temper) suyu”, yaş mukavemetin düşüşe geçtiği noktadan sonraki neme ise “serbest su” adı verilir [8].



Şekil 2.11. % Nem miktarının gaz geçirgenliğine etkisi [2,8]

Şekilden de anlaşıldığı üzere nem oranı ya da bentonit oranının belli bir yüzdesine kadar mukavemet artmakta, daha sonra su oranının artmasına karşın mukavemet düşmekte ve sabit bir değere ulaşmaktadır. Yani mukavemetin yükselmesine olanak tanıyan kısımdaki suya temper suyu, düşmesine vesile olan kısma ise serbest su ya da fazla su denmektedir.

### Sıcak dayanım

Kum kalıbın ergitilmiş metalin sıcaklığına eriştiği andaki mukavemetidir ve sıvı metal katılaşana kadar kum kalıbın şeklini koruyabilmesi için gereklidir. Sıcak dayanım ile kuru dayanım hemen hemen aynı faktörlerden etkilenir ve

sıcak dayanım doğal olarak dökümü yapılacak olan ergimiş metal sıcaklığında yapılan deney ile tespit edilir [2,8].

Döküm anında ki kumun sıcaklığı 100 °C'nin üstüne çıktığında kumun içinde bulunan nem buharlaşır ve kalıp kumunun sıcaklığı da buna bağlı olarak artar, eğer kalıp kumunun sıcak dayanımı iyi değilse kalıpta kum erozyonu, çatlamalara ve kırılmalara neden olur [7].

### *Kumun sıcaklık özellikleri*

Ergimiş haldeki metalin kum kalıba dökülmesi anında ergimiş metalin kalıp kumu ile temas etmesiyle beraber bir takım sıcaklık alışverişi olmaktadır. Kumun içinde mevcut olan su 100 °C'nin üstüne çıktığında buharlaşıp kaybolacaktır. Kum daha kuru ve arınmış olarak kuru mukavemet pozisyona geçerken diğer taraftan da kumun tanecikleri arasındaki aderans (bağlayıcı kuvveti) zayıf düşmekte ve kum tanelerinin zafiyeti dolayısıyla kalıpta çatlama ve gevşemeler meydana gelmektedir. Bu durum kaçınılmaz bir şekilde üretimdeki dökümü doğrudan etkilemekte ve istenilen sonuç alınamamaktadır.

Bu durumun tersi düşünüldüğünde, yani sıcaklığın daha düşük kalması ve suyun yeterince buharlaşmaması durumunda kalıbın üretilen parçadan ayrılması güç olmaktadır. Ancak hemen belirtmek gerekir ki bu durum döküm teknolojisinde karşılaşılmayan bir durumdur. Çünkü döküm teknolojisinde sıcaklık sürekli olarak suyun buharlaşmasını sağladığından çok daha fazla olacaktır.

### Refrakterlik

Çelik dökümler 1600-1650 °C sıcaklık aralığında yapıldığından kullanılan kalıp kumunun refrakterlik özelliğinin çok iyi olması gerekmektedir. Alüminyumda olduğu gibi düşük sıcaklıkta dökülen kalıpların yapımında,

kullanılan kalıp kumunun refrakterlik özelliğinin çok iyi olmasına gerek yoktur [7].

### Akıcılık

Kalıp kumunun sıkıştırılabilme özelliği olarak tanımlanır. Profilli kalıpların sıkılığının her tarafta eşit olabilmesi için kullanılan kalıp kumunun akıcılık özelliğinin iyi olması gerekmektedir [3].

Kum modelin şeklini alabilecek kadar akıcı ve kum kalıbın şeklini aldıktan sonra o şekli muhafaza edebilecek kadar plastik özelliğe sahip olmalıdır. Bu özellik, kum tanelerinin boyutu, boyut dağılımı, tane şekli ve kullanılan bağlayıcı cinsine göre farklılık göstermektedir [2,8].

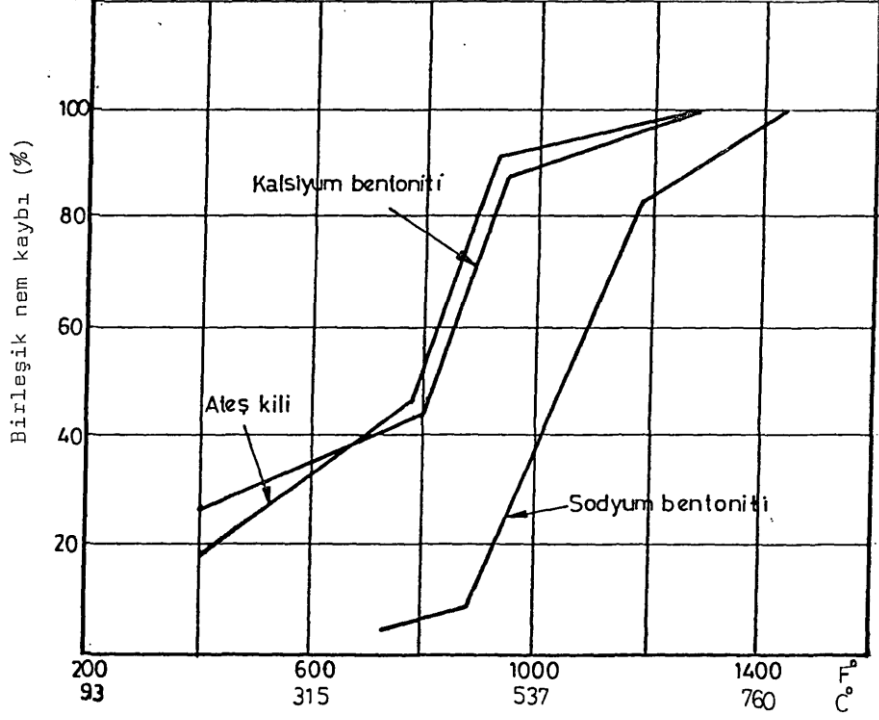
Akıcılık ile aşınma arasında doğrusal ilişki vardır. Akıcılığın belirli bir oranı geçmesi halinde aşınma ya da erozyon etkisi de kendini göstermektedir. İkisinin ayrı ayrı etkisini ve birbirine benzer taraflarını daha iyi irdelemek açısından aşınma etkisinden bahsetmek gerekir.

### *Aşınma(erozyon)*

Kalıp kumlarında kullanılan bağlayıcıların mukavemeti de çok önemlidir. Bu aslında kalıplamada döngü halinde kullanılan kalıp kumuna belirli aralıklarla ilave edilen bağlayıcının miktarını gösterir. Birçok mukavemetli kil, bileşik nemini kaybetmek için yüksek ısıya ihtiyaç duymaktadır. Bileşik nem bentonite su ilave edilmekle tekrar kazanılamaz. Dolayısıyla kalıp kumundaki bentonitin bileşik neminden meydana gelen azalma kalıplama da kullanılan kumun fiziksel özelliklerine doğrudan etki eder. Kumun dayanımını düşürür.

Sıvı metal kalıp içine döküldüğü zaman kalıp sıvı metalin ısını absorbe eder. Absorbe edilen ısı kalıba dökülen sıvı metalin sıcaklığı ve miktarı ile doğru orantılıdır. Dolayısıyla kalıp kumu birleşik nemini kaybedecek ve

bağlayıcı miktarı da buna bağlı olarak değişecektir. Bundan dolayı bu bağlayıcı kaybını karşılamak için taze bentonit ilavesi yapılması gerekir [9].



Şekil 2.12. üç ayrı kil için bileşik nem (kristal suyu) kaybı üzerine sıcaklığın etkisi [9]

### 2.1.2. Silika kumu

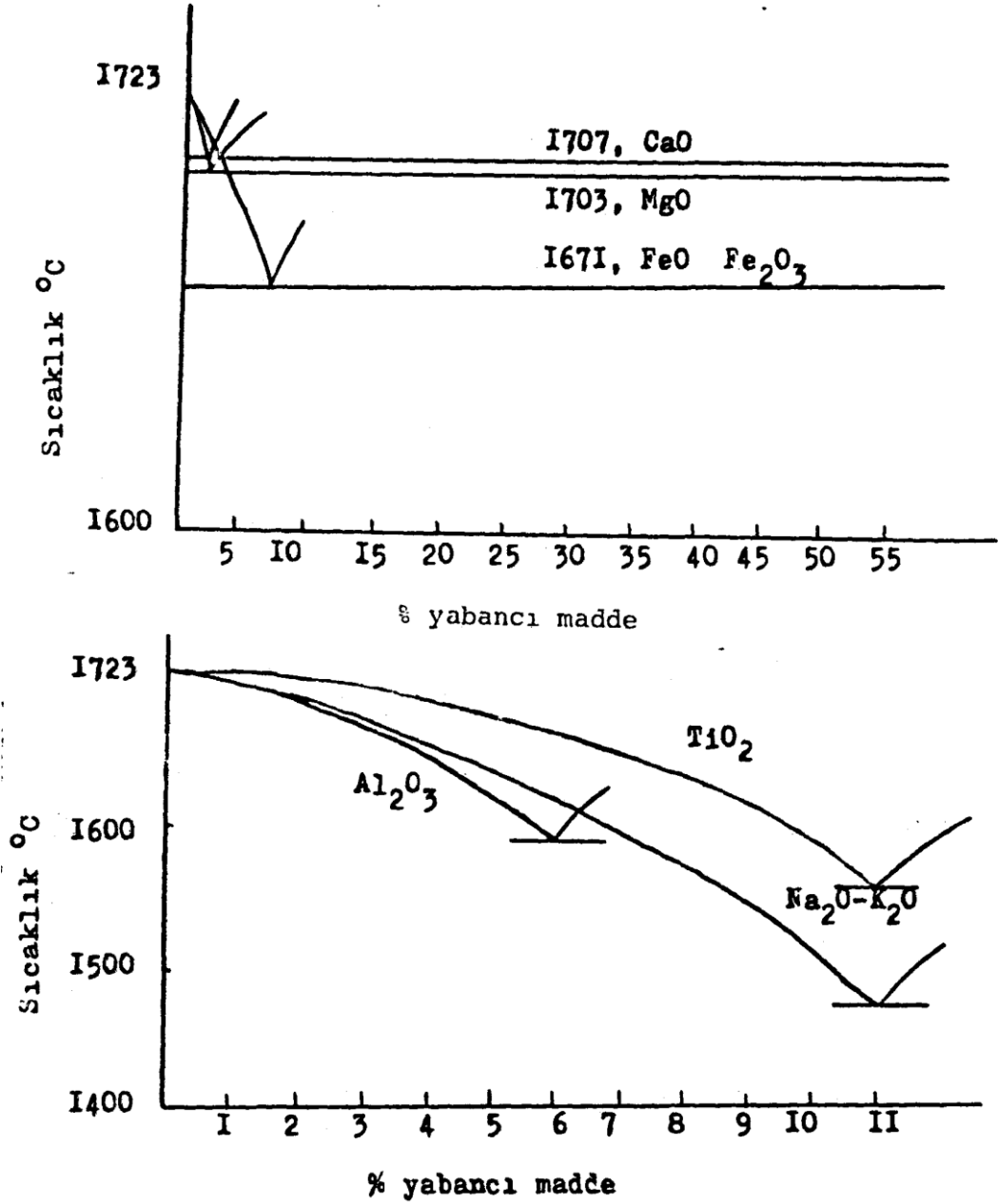
Silika kumu doğada nehir, göl ve diğer sular ile eskiden yeraltı sularının bulunduğu yerlerde bulunur. Farklı metallerin dökümünde döküm kumu olarak kullanılır [1].

Genel olarak silis kumları dökümcülükte döküm kumu olarak kullanılması için istenen döküm kumu özelliklerini karşılarlar. Silis kumları oldukça yüksek bir ısı genleşme katsayısına sahip olduğundan çelik döküm gibi yüksek sıcaklıkta yapılan dökümlerde silis kumları yerine olivin, şamut, zirkon ve kromit kumları kullanılmaktadır [10].

Kalıp kumlarında birden fazla bağlayıcı çeşidi kullanılmakla birlikte, refrakter malzeme olarak bazı özel durumlar dışında silisyumdioksit ( $\text{SiO}_2$ ) kullanılır.  $\text{SiO}_2$  silika kumu (Kuvars) halinde doğada çok yaygın bulunan bir maddedir. Döküm sektöründe yaygın olarak kullanılmasının nedeni ise refrakterliği, sert ve aşınmaya karşı mukavemetli oluşu, çeşitli tane boyutunda ve dağılımında bulunabilmesi, ergimiş metal ve asidik cürüflara karşı mukavemeti yanında kolay bulunabilmesi ve maliyet olarak ucuz olmasıdır. Ancak silika kumunun bu üstün özelliklerinin yanında döküm sektöründe sıkıntılara neden olan bazı olumsuz özellikleri de vardır. Bunlardan bazıları  $\text{SiO}_2$ 'in yüksek ısıl genleşme özelliği, çelik dökümlerde refrakterlik özelliğinin yetersiz oluşu, manganez içeren çeliklerin yüzey kabalığına sebep olması olarak sıralanabilir. Kalıp yapımında kullanılan çeşitli silika kumlarının kimyasal bileşimi Çizelge 2.6'da, yabancı maddelerin silika kumunun refrakterlik özelliğine etkisi Şekil 2.13'de verilmiştir [7].

Çizelge 2.6. Çeşitli silika kumlarının kimyasal bileşimi [7]

Bileşik adı	Yıkanmış Silika Kumu	Yıkanmış ve Kurutulmuş Silis kumu	Deniz Kumu	Kil ilave dilmiş silis kumu		Çöl Kumu
				Yeni	Kullanılmış	
Yanma kaybı			1.02	0.28	0.12	0.80
C				0.13	0.59	
Serbest demir					0.97	
Ferro demir				0.44	0.68	
Ferit demir					0.12	
Toplam demir	0.10			0.44	1.77	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.39			1.32	0.63	
$\text{SiO}_2$	99.08	99.80	92.09	95.7 9	95.54	95.04
$\text{TiO}_2$	0.43					
$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$			6.09			2.0
CaO			0.58			0.60
Alkali						0.20



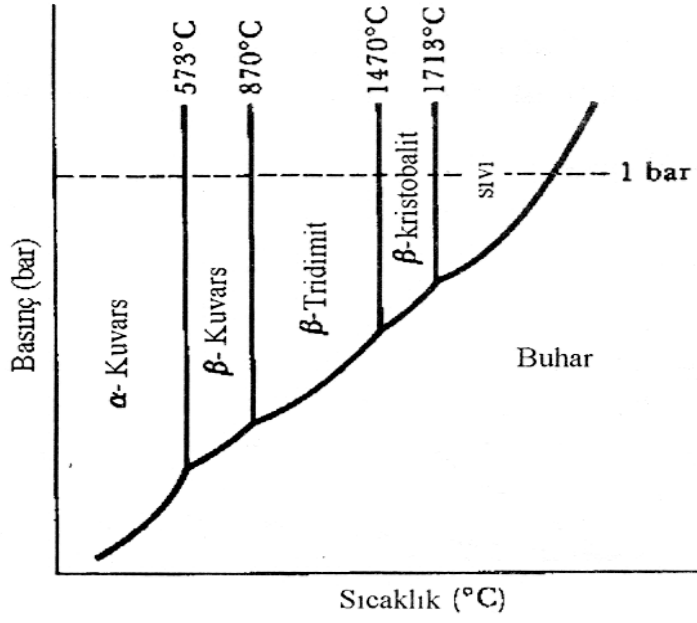
Şekil 2.13. Yabancı maddelerin silika kumunun rafrakterlik özelliğine etkisi [7].

#### Silika kumunun genleşme özelliği

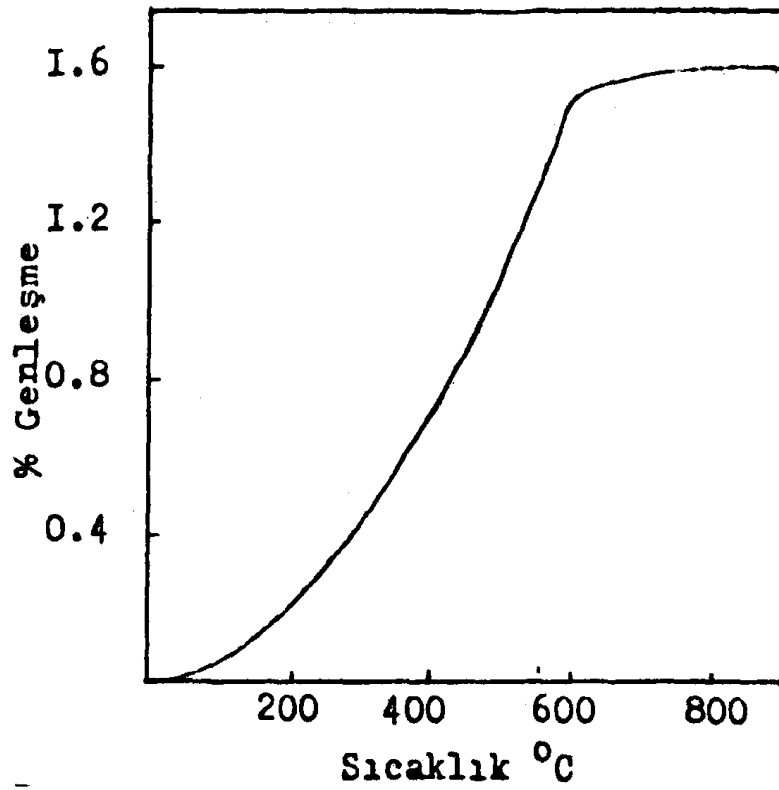
Kumların ısıl genişmesi nedeniyle döküm parçalarda meydana gelen yüzeysel hataların azaltılmasına çalışılır. Bu olumsuz genleşme özelliğine rağmen silis kumlarından kuvarz kumları doğada bol miktarda bulunması ve maliyetinin ucuz olması nedeniyle en çok kullanılan döküm kumlarıdır [10].

Silis kumunun çeşitleri mevcuttur. Kuvarz, tiridymit ve kristobalit olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Döküm kalıplarında kullanılan kumların büyük çoğunluğunu kuvarz kumları oluşturmaktadır. Kuvarz kumları yaklaşık 573 °C'ye kadar bilhassa 300 °C sıcaklıktan sonra hızla artan bir genleşme özelliğine sahiptir. 573 °C sıcaklıkta kuvarzın kristal yapısı değişerek  $\alpha$  kuvarz haline geçer. Bu değişme noktasına kadar ısı genleşme katsayısı hızla yükselir.  $\alpha$  kuvarz bu modifikasyon noktasından başlayarak sıcaklıkla genleşme de hafif bir düşme gösterir. Silis kumları bu iki farklı yapıda taze kum içinde normal olarak mevcut değildir. Ancak yüksek sıcaklığa maruz kalmış kuvarz kumunda aşağıdaki reaksiyonlarla meydana gelmesi mümkündür [10].

Sıvı metalin, silika kumundan yapılmış kalıplara dökülmesiyle  $\text{SiO}_2$  hızla ısınır ve kristalografik dönüşümlere uğrar. İlk olarak 573 °C (1064 °F) sıcaklıkta genişir ve " $\alpha$ " kuartz' dan " $\beta$ " kuart'za dönüşüm gösterir. Bu durum kalıp çarpılmasına (spalling) neden olabilir. Silika kumundan yapılmış kalıpların döküm esnasında genleşme hatalarının oluşmasının sebebi, 573 °C sıcaklıkta oluşan yüksek orandaki genleşmedir. 870 °C (1598 °F) sıcaklığın üzerinde kuartz tridimite dönüşür ve kum bu sıcaklığın üzerinde büzülme gösterir (boyutsal olarak küçülür). Daha yüksek sıcaklıklarda (1470 °C veya 2678 °F üzerinde) tridimit kristabolite dönüşür, Şekil.2.14 [3]. Silika kumunun genleşme karakteristiği Şekil 2.15'te verilmiştir [7].



Şekil 2.14. Kuartz'ın sıcaklık ile faz dönüşümü [4]



Şekil 2.15. Silika kumunun ısı genleşmesi [7]

Kuvars kumlarının ısıl genleşme katsayısından başka ortalama tane boyutu, tane geometrik şekli, tane boyutu dağılımı, özgül tane yüzeyi ( $\text{cm}^2/1\text{gr}$ . yıkanmış döküm kumu), su emme kabiliyeti dökümlerde kullanılan kalıp kumları için en önemli özelliklerdir [10]. Silika, kalıp malzemesi olarak arzu edilen birçok özelliklere sahip olmasına rağmen çelik dökümlerde kullanılmasında bazı sakıncalar vardır [7].

İlave olarak silika sıvı metal ile reaksiyona girerek cüruf şeklinde bileşikler meydana getirir. Sonuç olarak döküm parça yüzeyine kum yapışmasına neden olur. Yine de kum karışımlarına uygun ilavelerle bu problemler çözümlenebildiği için silika en yaygın döküm kalıp kum malzemesi olarak kullanılmaya devam edilmektedir [4].

Ancak silika kumunun ihtiva ettiği nem miktarının belli bir oranını ( ki bu oran hassas ve belli bir değer aralığında olmalı) yakalaması halinde, sıvı metal ile reaksiyona girme özelliği kısmen azalmakta ve dezavantajları minimuma indirmektedir.

Silika kumu (fused silis)  $1675-1705\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ergitildikten sonra katılaştırılan ve daha sonra kırılan kristal silisidir. Bu durum silisin kristallorafik özelliğinin arıtılmasına yardımcı olur. Fused silis zirkon, kromit, olivin ve kristal silisten daha az termal genleşmeye sahiptir [5].

Silika kumunun kimyasal bileşimi  $\text{SiO}_2$ , özgül ağırlığı  $2.65\text{ gr/cm}^2$  ve ergime noktası  $1750-1790\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklıklar arasındadır. Silika kumunun dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

Bu dönüşüm sıcaklığında silika aniden genişir. Silika kumundan yapılmış kalıpların döküm esnasında genleşme hatalarının oluşmasının sebebi,  $573\text{ }^\circ\text{C}$ 'de oluşan yüksek orandaki genleşmedir. Şekil 2.15'te silika kumunun genleşme karakteristiği verilmiştir [7].

### Silika Kumunun Dezavantajları

- 1- Düşük refrakterlik özelliğinden ve sıcaklık dayanımının düşük olmasından dolayı çelik dökümlerde kullanımını sınırlar.
- 2- 573 °C sıcaklıkta faz dönüşümü ve bu dönüşümün meydana getirdiği ısıl genleşme dökülen parçalarda dart hatasının oluşmasına yol açar.
- 3- Döküm anında, sıcaklığın etkisiyle demiroksit ve diğer metaloksitleri meydana gelir. Bu oksitler kalıp kumundaki silika ile kimyasal reaksiyona girerek silikaya nazaran daha düşük ergime sıcaklığına sahip olan demir silikat oluşturur. Sıvı metal silis kumuna nüfuz edemediği halde, bu silikatların bulunduğu kısımlara kolayca nüfuz ederek, döküm parçalarının kaba yüzeyli olmasına sebep olur [7].

### **2.1.3. Kromit kumları**

Yer kabuğunun tabii bileşimlerinden biri kromdur. Böyle olmasına rağmen tasarruflu tek minerali, sipinal grubunda kromit'tir. Teorik olarak  $\text{FeO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  veya  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  formülüyle gösterilir. ( % 68  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , % 32  $\text{FeO}$  ) kübik sistemde kristalleşen kromit mineralinin ve  $\text{RO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$  bölümünü de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oluşturur. Kromitin özgül ağırlığı 4,1-4,9  $\text{gr/cm}^3$ , kırınımı gevrek ve düzensizdir [7].

Kromit kumları kimyasal kararlılığın ve ısıl etkilere karşı dayanıklılığın yüksek olmasının istendiği yerlerde kullanılır [1].

Siyah renkte köşeli kum olan kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) yüksek refrakterlik, kimyasal tepkimeye girmeme, iyi termal kararlılık ve mükemmel soğutucu özeliğine sahiptir. Zirkondan iki kat daha fazla termal genleşmeye sahiptir ve nem içermesinden dolayı sık sık saçma (pinholing) ve gaz hatalarına neden olmaktadır. Kromit kumunda kalsiyum oksit ( $\text{CaO}$ ) ve silisyum oksit ( $\text{SiO}_2$ ) miktarının mutlaka belirtilmesi gerekir. Çünkü bu iki oksit yanmaya neden olan yumuşama ve sıvı metal ile reaksiyona girme eğilimindedir [3].

Bu kumların kullanılmasının iki önemli nedeni de çelik dökümünde görünen kalıp-sıvı metal reaksiyonuna ve metal penetrasyonuna karşı iyi bir özelliğe sahip olmasıdır [10].

#### **2.1.4. Zirkon kumu**

Zirkon kumu zirkonyum silikat ( $ZrSiO_4$ )'tan meydana gelir. Doğadan çıkarıldığı gibi kullanılabilir. Gayet yüksek refrakterlik özellik ve mükemmel döküm karakteristikleri sergiler. Düşük termal genleşme, yüksek termal iletkenlik ve kütle yoğunluğu (kuartza göre dört kat daha hızlı soğuma) ve sıvı metalle çok düşük reaksiyona girme özelliklerine sahiptir [3,5]. Zirkon yuvarlak taneli olduğu için diğer kumlardan daha az bağlayıcı gerektirir. Zirkon kumu çok yüksek boyutsal ve termal kararlılık özelliğine sahip olmasından dolayı çelik döküm ve hassas döküm endüstrisinde kullanım alanı oldukça geniştir. Birçok metalle ıslatılmadığı için kalıp ve maça yüzeylerinin boyanmasında zirkon kullanılır. Oldukça yüksek döküm yüzey kalitesi verir. Zirkon aynı zamanda kimyasal olarak karardır. Organik ve inorganik bağlayıcılar dahil olmak üzere bütün bağlayıcı sistemleri ile kullanılabilirler [3].

Çelik döküm kalıplarında aşınmaya dayanıklı zirkon kumları da kullanılmaktadır. Tercih edilen tane şekli, tane boyutu ve tane dağılımına sahip olmaları üstün özellikleridir. Diğer önemli bir tercih nedeni ise bu kumlarda ısı genleşme katsayısının çok küçük olmasıdır [10].

Zirkon kumunun kimyasal bileşimi  $ZrO_2SiO_2$ , ortalama özgül ağırlığı  $4,6 \text{ gr/cm}^3$  ve ergime sıcaklık noktası  $2450 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir.

#### **2.1.5. Olivin kumu**

Olivin zeytin yeşili renginde doğada bulunan mineraldir. Renginden dolayı İngilizcede zeytin anlamına gelen "Olivene" olarak adlandırılmıştır. Olivin

mineralleri forsterite ( $Mg_2SiO_4$ ) ve fayalite ( $Fe_2SiO_4$ )'in bir katı çözeltilisidir. Fiziksel özellikleri kimyasal kompozisyonlara göre değişim gösterir. Dolayısıyla olivinın kompozisyonunun çok iyi belirlenmesi zorunludur. Olivin mineralinin içerdiği bileşim nemi dökümlerde kalıp kumu olarak kullanılmadan önce mineral bileşimi içinden buharlaştırılmalıdır [3].

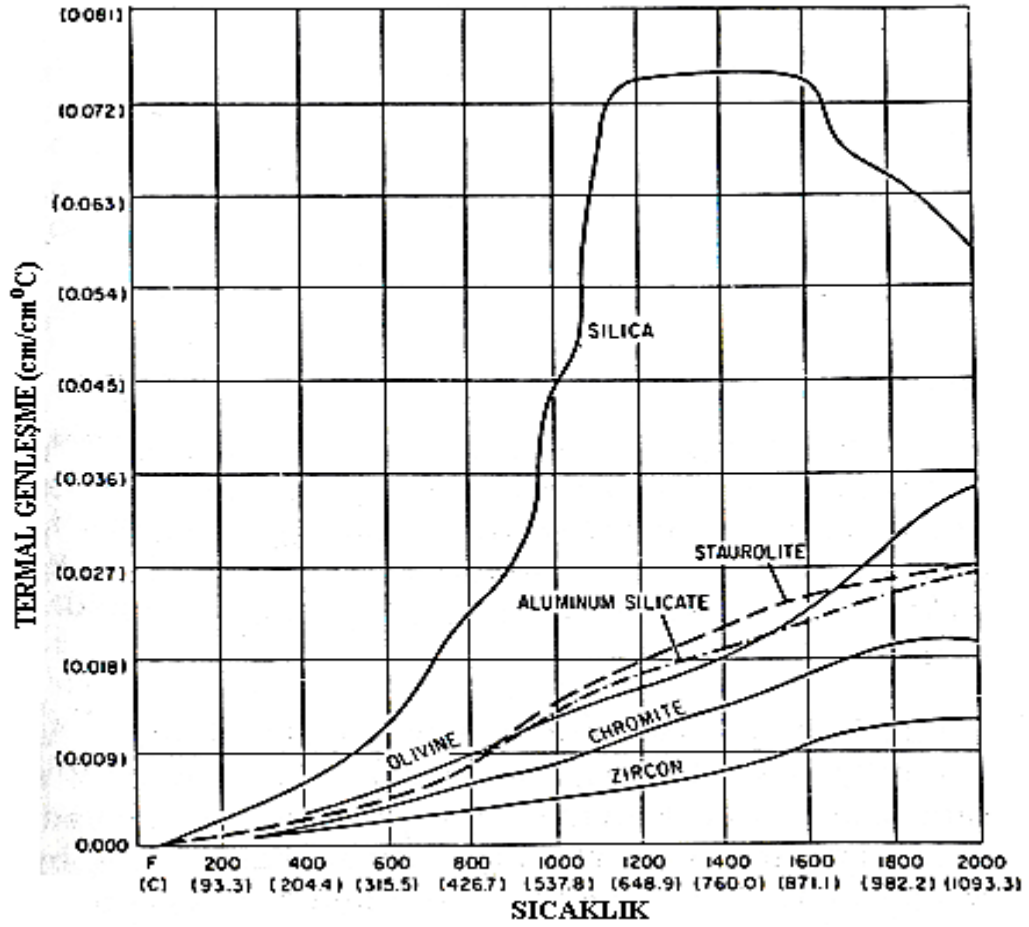
Olivin spesifik ısı özelliği açısından silikaya benzer fakat silikadan çok daha düşük (silikanın 1/3'i) termal genleşmeye sahiptir. Olivinin ısı iletkenliği silikaya göre çok daha yüksektir. Dolayısıyla olivin bu yüksek ısı iletkenliği sayesinde çelik dökümlerde kalıp boyutlarını kontrol etmek için kullanılabilir. Olivin silikaya göre çok daha fazla dayanıklıdır ve köşeli tane yapısına sahip bir kum çeşididir. Köşeli olmasının nedeni mineral kayalarının kırılıp ve daha sonra öğütülmesinden kaynaklanır. Kırılan ve öğütülen olivin kumu önce yıkanır, kurutulur ve eleklerden geçirilerek uygun tane boyut dağılımı elde edilir. Silikadan farklı olarak, olivin kimyasal bazik özelliğe sahiptir. Bu özelliğinden dolayı kil ve diğer organik ve inorganik bağlayıcılarla kullanılabilme imkanı verir. Ancak asidik reaksiyon veren bağlayıcılar ile kullanılamaz. Eğer olivinın kumunun içinde silis kumu bulunursa olivinın refrakterlik özellikleri zayıflar. Silisin olivin kumunun içinde bulunması sinterleşme (yumuşama) noktasını düşürür ve bu durum döküm parça yüzey kalitesini olumsuz etkiler [3].

### 2.1.6 Alüminyum silikatlar

Alüminyum silikatlar ( $Al_2SiO_5$ ), kyanite, sillimanite, and andalusite olarak isimlendirilen üç farklı şekilde bulunurlar. Bu minerallerin hepsinde yüksek sıcaklıklarda mullit ve silikaya dönüşürler. Bu özelliğinden dolayı alümina silikatlar döküm üretiminde kullanmak için yüksek sıcaklıklarda kalsine edilirler. Sinterleme sürecine bağlı olarak silika kristabolit veya amorf silika yapılarında bulunabilirler. Tane şekilleri tam köşelidir. Bu malzemeler yüksek refrakterlik, düşük termal genleşme ve çok yüksek termal şok dayanımı gibi

özelliklere sahiptirler. Çoğunlukla hassas döküm yönteminde zirkon ile karıştırılarak kullanılırlar [3].

Farklı Döküm kumlarının termal genişmesi Şekil 2.16'de verilmiştir.



Şekil 2.16. Farklı döküm kumlarının termal genişmesi [4]

Şekil 2.16'da görüldüğü gibi döküm kumlarının genişme özellikleri çok farklılık göstermektedir. En yüksek termal genişme özelliğine sahip silika kumu görülürken en düşük termal genişme özelliğine sahip kum ise zirkon kumu görülmektedir. Kromit ise zirkondan sonra en düşük termal genişmeye sahip döküm kumudur [5,6]. Olivin ve alüminyum silikat kumları ise yakın termal genişmeye sahip döküm kumları olarak görülmektedir [4].

## 2.2. Killer

Bağlayıcılar, kalıp kumuna sonradan ilave edilen ve kum taneciklerinin birbirlerine tutunmasını sağlayarak, kalıp malzemesine dayanım kazandıran malzemelerdir [1].

Yaş kum kalıplarda bağlayıcılık kil ve suyun etkileşimi ile sağlanır. Doğada bol miktarda bulunan ve farklı özelliklere sahip çeşitli killer minerallerdendir. Fakat saf kile ulaşmak oldukça zordur. Genellikle 0,002 mm'den daha küçük taneli bağlayıcı malzeme kil olarak tanımlanır [3].

Organik maddeler de ihtiva eden killer metal oksitlerle karışık bir şekilde bulduklarından doğal olarak renklenmiş durumdadırlar. Kilin saf olması halinde rengi beyaz olur ve hidrate Alümin Silikat (kaolinit) adını alır. Kil sarımtırak, kırmızımtırak, esmer gibi renklerde de bulunur. Kilin bu özelliği bileşiminde bulunan yanıcı maddeler tarafından belirlenir. Kile *limonit* esmer, *demir peroksit* kırmızı, manganez bioksit siyah ve *organik maddeler* menekşe rengini verir [4].

Killer yapıları itibarıyla su çekme özelliğine sahiptirler. Bu nedenle killer buldukları yerlerde daima nemli olarak bulunurlar. Kili meydana getiren maddeler sulu alüminyum silikatlarıdır. Kum ve kil uygun miktarlarda karıştırılarak doğrudan kalıplama için kullanılabilir. Bu amaç için çeşitli şekillerde farklı özelliklere sahip killer mevcuttur. Genelde killer ince ve küçük kristallerin bir araya gelmesi ile meydana gelir. Bu ince levha şeklindeki partiküller yapılarına ve bileşiklerine göre bentonit ve ateş kil olarak iki gruba ayrılırlar [4].

### 2.2.1. Bentonitler

Bentonit iyon değiştirme özelliğine sahip, çok ince taneli plastik kil yapısına sahip bir mineral çeşididir. Genellikle yaş kum kalıplarında, bağlayıcı olarak

kullanılırlar. Yaş kum kalıplarında kullanılan bentonitler montmorillant veya hidrat alümina silikat şeklinde kullanılırlar. Montmorillant  $[(OH)_4 Al_4Si_8O_{20} nH_2O]$  üç tabakalı bir kil minerali yapısına sahiptir. Yapı, iki silisyum tabakası arasında bir alüminyum tabakası halindedir. Montmorillant tabakalarının yüzeyi kalınlığının yaklaşık olarak 100-300 katı civarındadır. Dolayısıyla montmorillant minerali hacmine göre çok büyük yüzey alanına sahip olması nedeniyle yüksek oranda bağlayıcılık özelliğini sağlamaktadır [3].

İyon değiştirme özelliğine göre bentonitler Na-bentonit (Sodyum bentoniti) ve Ca-bentonit (Kalsiyum bentoniti) olarak iki sınıfta incelenir. Her iki bentonit çeşidi de dökümcülük sektöründe kullanılır fakat bu bentonit çeşitleri çok farklı özelliklere sahiptirler [3].

#### Na-Bentonit (Sodyum bentoniti)

Bentonitin ismi bentonitin büyük ölçüde çıkarıldığı yer olan Ft. Benton, WY den gelmektedir. Sodyum bentonit ayrıca batı bentoniti olarak ta adlandırılır. Sodyum bentonitin başka bir adı da Sodyum Montmorillonite'dir. Çünkü bu bentonit aynı zamanda Fransa'da Montmorille'de de bulunur. Sodyum bentonitinde adından da anlaşılacağı gibi değişen iyon sodyum iyonudur [9]. Alüminyum atomlarının bazılarının yerini sodyum atomlarının alması kile suyu absorbe edebilme özelliği kazandırır. Na-bentoniti kalıp kumuna yüksek yaş ve kuru mukavemet sağlar. Bu özellik demir alaşımları dökümünde aşağıda belirtilen avantajları sağlar [3];

Birinci olarak, plastisite, tokluk ve deformasyon özelliklerini yüksek derecede geliştirir. Sodyum bentoniti suyla karıştırıldığı zaman kuma iyi akıcılık (good lubricity) özelliği kazandır ve kumların birbirine plastik olarak bağlanmasını sağlar. Bu özellikten dolayı kumun modelin etrafına eşit olarak sıkıştırılabilmesi mümkün olmakla birlikte mükemmel kalıp mukavemeti elde edilir [3].

İkinci olarak, Na-bentoniti su ilavesi ile kendi hacminden 13 kata kadar şişebilme özelliğinden dolayı sıkıştırmadan sonra kalıpta kum taneleri arasında mükemmel bağ oluşturur. Tom Cobett'in, The ABC's of Green Sand adlı makalesinde eğer Batı Bentonitine su eklenirse hacminin 18 kat daha artacağı belirtilmektedir [5]. Bu durum kum genişmesinden kaynaklanan döküm hatalarının ortadan kaldırılmasında mükemmel rol oynamaktadır [3].

Son olarak, Na-bentoniti yaklaşık olarak 1287 °C sıcaklığa kadar dayanım özelliğine sahiptir [5]. Bu özelliği sistem kumuna en az miktarlarda yeni bağlayıcı ilave edilerek yeniden kullanılabilme imkanı sağlar. Na-bentoniti kullanımında kil-su oranının kontrolü oldukça önemlidir. Yüksek kil-su oranlarında kum kalıbını aşırı derecede sertleştirerek kalıp bozulmasını zorlaştırır. Kalıp kumlarına değişik katkı maddeler de ilave edilerek bu istenmeyen özelliklerin iyileştirilebilmesine rağmen kil-su oranının kontrolü daha avantajlıdır [3].

#### Ca-Bentonit (Kalsiyum bentoniti)

Kalsiyum bentoniti güney bentoniti olarak ta adlandırılır. Sodyum bentonitinde değişen iyon sodyum olduğu gibi kalsiyum bentonitinde değişen iyon kalsiyumdur [6]. Alüminyumun bazı atomlarının yerini kalsiyum atomları alır. Na-bentonitinde olduğu gibi bu durum kilin iyon değiştirme kabiliyetini arttırır. Ca-bentoniti Na bentonitine göre daha düşük oranda genişen bir kildir [3,5].

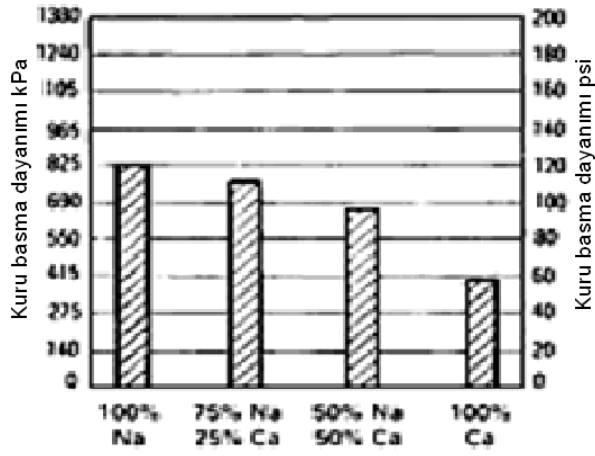
Ca-bentoniti Na-bentonitinden farklı olarak;

- a ) Düşük karıştırma sürelerinde daha yüksek yaş basma mukavemeti,
- b ) Kuru basma mukavemeti Na bentonitine göre yaklaşık %30-%40 daha azdır.
- c ) Sıcak basma mukavemeti Na bentonitine göre daha düşüktür. Bu özellik kalıp bozmasını kolaylaştırır.

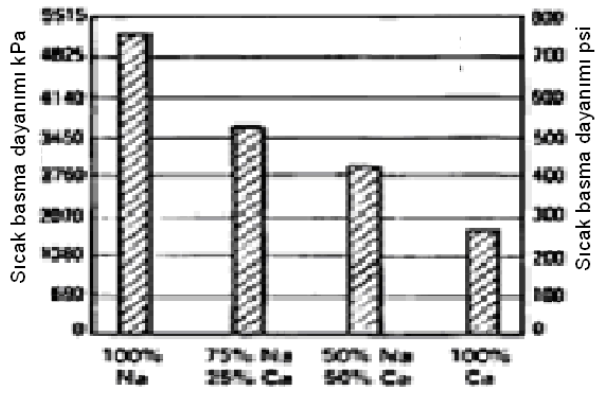
d ) Na-bentoniti içeren kumlar Ca-Bentoniti içeren kumlardan daha akıcıdır ve düşük basınçlarda daha yoğun kalıp sıkıştırılabilme özelliğine sahiptir. Bu özellik ince, delik ve derin boşluk içeren kompleks geometrik şekline sahip parçaların kalıplanması için önemli avantaj sağlar [3,5].

Sodyum bentonitinde olduğu gibi kalsiyum bentonitinde de kil-su miktarı ve oranlarının kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir. Sodyum bentoniti kalsiyum bentonitinden daha az su gerektirir ve daha düşük mukavemet sağlar.

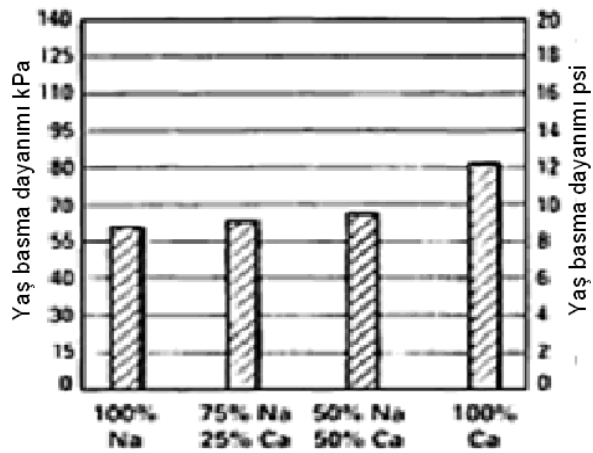
Pratikte döküm tipi, kalıplama ekipmanları ve dökülecek metalin cinsine göre sodyum bentoniti ve kalsiyum bentoniti optimize edilerek kullanılır. Şekil 2.17'de kumun kuru basma dayanımı, Şekil 2.18'de kumun sıcak basma dayanımı ve Şekil 2.19'da kumun yağ basma dayanımı özellikleri üzerine bentonit karışımlarının etkileri verilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda bentonitlerin absorbe ettiği su buharlaşarak kalıptan ayrılır ve dolayısıyla bentonitler su ile kazandığı bağlayıcılık özelliğini kaybederler. Kalsiyum bentoniti sodyum bentonitinden daha yüksek sıcaklıklara kadar suyu muhafaza edebildiği için kalsiyum bentonitili kalıpların yüksek sıcaklık dayanımı daha fazladır. Eğer kum karışımı 600 °C'den daha yüksek sıcaklıklara maruz kalırsa kilin kristal yapısında bulunan su (öz suyu) kili terk eder. Bu durum geriye dönüşümsüzdür ve kil bağlayıcılık özelliğini kaybeder ve kullanılamaz hale gelir [3].



Şekil 2.17. Kalıp kumunun kuru basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi [3].



Şekil 2.18. Kalıp kumunun 900 °C'de sıcak basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi [3].



Şekil 2.19. Kalıp kumunun yaş basma dayanımına Na-Bentoniti ve Ca-bentoniti karışımlarının etkisi [3].

### 2.2.2. Ateş kili

Ateş kili, hidrate alüminyum silikat, diğer bir ifadeyle kaolinit'tir. Genellikle kalıp kumlarında bentonitle birlikte kullanılır. Çok yüksek refrakterlik özelliğine sahip olmasına rağmen düşük plastiklik özelliğine sahiptir. Sahip olduğu bu özellikten dolayı ateş kili kalıpların sıcak dayanım özelliğini artırır. Çok geniş aralıkta su içeriğine müsaade eder. Yüksek sıcaklığa dayanım potansiyelinden dolayı büyük hacimli döküm parçaların dökümlerinde kullanılır. Sistemdeki kumun elek dağılımı optimum olmadığı durumlarda tane inceliği elek analizi ile kontrol edilerek ayarlanmalıdır. Dayanımı düşük olduğu için kullanımı genelde sınırlıdır. Buna ilave olarak genellikle kum karışımı ve kullanılan malzemelerin sıkı kontrolünü elimine etmek için ateş kiline ihtiyaç duyulur [3].

### 2.3. Diğer İlaveler

Kalıp Kumuna kil ve su ilavesi yapıldıktan sonra yaş kum sistemlerinin mukavemetini artıran ve diğer özelliklerini kontrol eden birçok ilave maddeleri de mevcuttur.

Kullanılan ilave maddeleri genel olarak aşağıda sıralanmıştır [5]:

- a) Karbon içeren ilaveler
- b) Akıcık geliştirici ilaveler
- c) pH dengeleyiciler
- d) Islak gerilme kuvveti artırıcı ilaveler

Metal dökümcülerin birçoğu bu ilave maddelerini yılan yağı ve foo tozunun kategorisine koymasına rağmen her biri özel kullanıma sahip ve düzenli kullanıldığında yaş kum sisteminin özelliklerini önemli ölçüde iyileştirir [5].

### **2.3.1. Karbon içeren ilaveler**

Karbon içeren maddeler kalıbın atmosfer kontrolünü sağlamak için ilave edilirler. Karbon içeren ilaveler döküm sırasında yanarak döküm parça ile kalıp yüzeyi arasında ince bir gaz film tabakası meydana getirir. Oluşan bu gaz film tabakası sıvı metali oksitlere karşı koruma özelliğine sahiptir. Karbon, çok ince öğütülmüş kömür ve petrol ürünlerinden (mazot, asfalt vs.) elde edilebilir. Kalıpta aşırı karbon kullanılması durumunda duman ve pis kokulu yüksek miktarda gaz oluşumuna ve dolayısı ile dökülen döküm parçalarda gaz hatalarına neden olur. Asfalt sıcakta yumuşayarak gaz gözeneklerini kapatabildiği için kontrollü kullanılmalı, aşırı kullanımdan kaçınılmalıdır. Döküm kumuna uygun oranlarda karbon içeren malzeme ilave edilmesi durumunda üretilen döküm parçanın yüzey kalitesini arttırmaktadır [3,5].

### **2.3.2. Selülozik katkı maddeleri**

Selülozik ilaveler kalıp kumuna kum genişmesini kontrol etmek ve kalıp kumunun su aralığını genişletmek için ilave edilir. Selülozik ilaveler genellikle odun talaşı, yarfıstığı kabuğu ve fındık kabuğu şeklinde kalıp kumuna ilave edilebilirler [3,5].

Selülozik ilaveler kumun sıcak basma dayanımını azaltır ve kalıp bozulmasını kolaylaştırır. Selüloz yüksek sıcaklıklarda yanarak metal-kalıp ara yüzeyinde karbonlu ilavelere benzer şekilde bir film tabakası meydana getirir ve sıvı metalin kalıbı ıslatmasını azaltır. Bunun yanı sıra kalıplama sırasında döküm kumunun akıcılığını artırır. Selülozik ilaveler fazla miktarlarda kullanıldığında duman ve yüksek miktarda gaz oluşumuna ve dolayısı ile elde edilen döküm parçalarda gaz boşluğu hatalarına neden olur. İlave olarak eğer kullanılan kalıp kumu içerisinde kil miktarı çok düşük ise kum inklüzyonları ve kum yalması gibi döküm hatalarına neden olabilirler [3,5].

### 2.3.3 pH dengeleme

pH dengeleme Cobett, T. The ABC's of Green Sand adlı makalesinde şöyle izah edilmektedir [5].

“Soda külü kumu çok asitli olmadan tutan Bentonit maddelerinin önceden karışımları için genel bir katkı maddesidir. Kuru ya da sıvı konumda az miktarda sodyum silikat pH dengelemek için kullanılabilir.”

### 2.3.4. Tahıl unları

Tahıl unları mısır unu, nişasta ve diğer tahıl unlarını içerir. Tahıl unları döküm kumlarında yeterli miktarda su ile bağlayıcılık özelliği kazanır. Kalıp kumuna ilave edilen unlar kalıbın şekil alabilme kabiliyetini ve kumun içinde sertleşerek kalıbın kuru dayanımını artırırken kalıbın bozulma özelliğini olumsuz etkiler. Fazla miktarlarda kullanımı dökümlerde gaz hatalarına neden olur [3].

En çok kullanılan tahıl ürünü bağlayıcı dekstrin ve nişastadır. Nişasta birçok zirai üründen elde edilmesine rağmen döküm kumlarında mısır ve az olarak da buğday nişastası kullanılmaktadır [6].

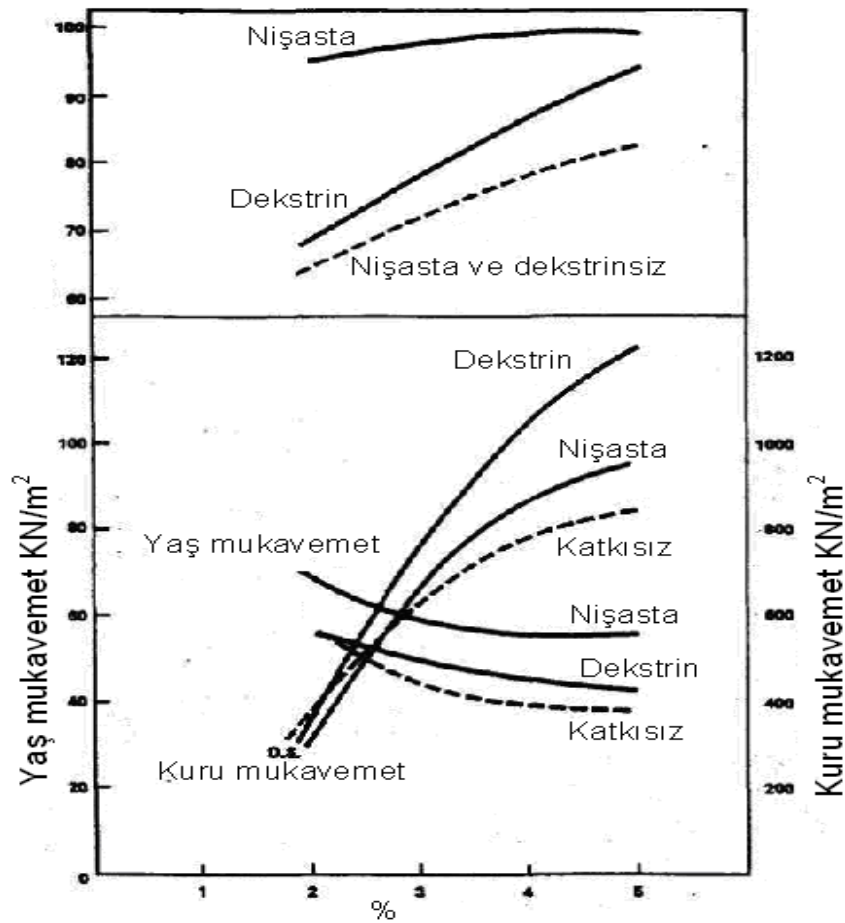
Dökümhanelerde daha çok ısı ile prejelatinize edilmiş nişasta kullanılır. Prejelatinize nişasta suda az çözülme özelliğine sahiptir. Genel olarak %20 den az fakat su ile beraber kullanıldığında %10'a kadar viskoziteyi artırma ve jelleştirme özelliğine sahiptir [6].

Dekstrin, nişastanın zayıf asitle beraber kullanılması ve 120-150°C sıcaklıkta pişirilmesi neticesinde yeniden polimerize olarak dekstrin'e dönüşür. Dekstrin soğuk suda %90 oranında çözünerek şurup meydana getirir [6].

Nişasta veya dekstrinin özellikleri elde edildikleri tahıl ürünü veya nişastanın üretim şekline bağlı olarak değişiklik gösterir. Nişasta ve dekstrin ilavesinin yaş kum özelliklerine etkisi Çizelge 2.7'de verilmiştir [6].

Çizelge 2.7. Nişasta ve dekstrin ilavesinin yaş kum özelliklerine etkileri [6]

Özellik	Nişasta ilavesi	Dekstrin ilavesi
Yas mukavemet	Oldukça arttırır	Az arttırır
Tokluk	Oldukça arttırır	Oldukça arttırır
Yaş deformasyon	Arttırır	Arttırır
Kalıp sıyırma	Geliştirir	Oldukça çok arttırır
Kalıp sıkıştırma	Az etkiler	Az etkiler (yüksek basınçlı kalıplamada arttırır).
Nem değişikliğine duyarlılık	Azalış	Azalış
Kuru mukavemet	Az artar	Yüksek nem miktarında oldukça artar.
Kalıp yüzeyi ufanması	Biraz artar	Oldukça azaltır.



şekil 2.20. % 0.075 tipik nişasta veya dekstrin ilavesinin %5 Sodyum Bentonitle bağlanmış kumun bağ özelliklerindeki değişikliği göstermektedir [6]

## 2.4. Kum Kalıplarda ve Maçalarda Kullanılan Bağlayıcılar

### 2.4.1. Silika bazlı bağlar

Yaş kum kalıplarda genellikle bağlayıcı olarak bol ve maliyet olarak ucuz olduğu için kiler kullanılır. Fakat silikanın değişik formları da kalıp bağlayıcısı olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir [3].

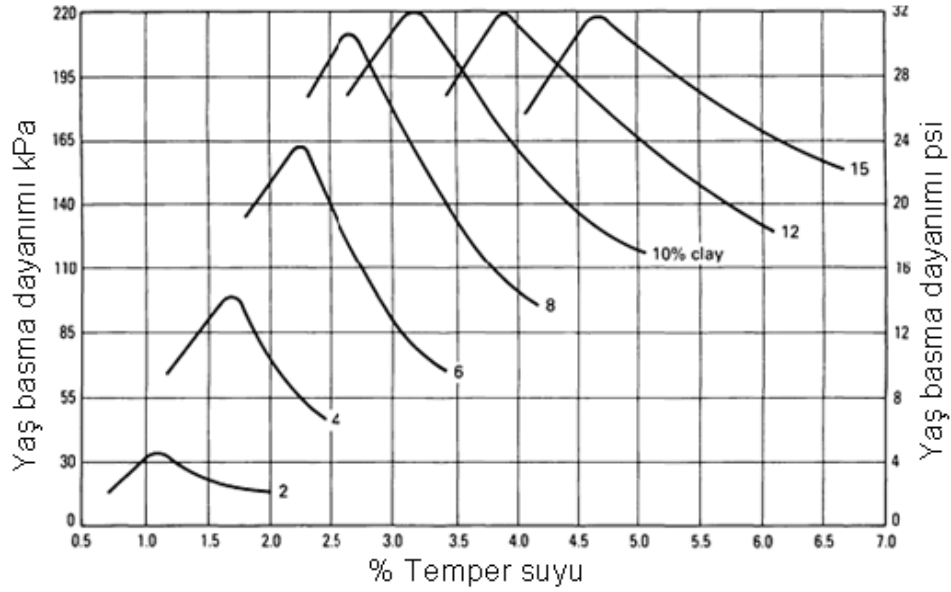
#### Kil-Su Bağı

Bentonitler elektrik yüklüdür ve plakalarının arasına su moleküllerini çekme özelliğine sahiptirler. Su kuartz yüzeylerinde de tutunabilmektedir. Böylece kum üzerinde tutunan su ve kalıp kumunun etrafını saran kil partikülleri arasında bir bağ meydana gelir. Eğer kil her bir kum tanesini tamamen kaplar ise kum taneleri arasında kil-su köprüsü oluşur. Kil partikülleri kum tanelerini tamamıyla kaplamasa bile yine de kil-su köprüsü oluşabilir [3].

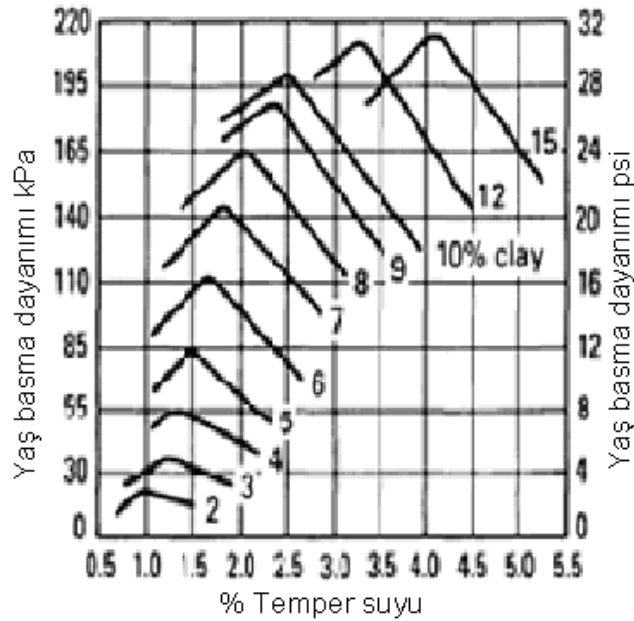
Kil-su bağı kilin spesifik yüzey alanı, hidrad absorbe edilen katyonları etrafını sarması, kil yüzeyindeki su bağının tipi ve mukavemeti ile de açıklanabilir. Kil partikülleri katyonları yüzeyinde tutma özelliğine sahiptir. Kil partikülleri üzerindeki katyon bağı zayıftır ve iyon değişimi mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla kil partiküllerinin etrafı ve iyonlar elektriksel güç alanları tarafından sarılır ve su köprüsü kurulur. Elektrik alan kuvveti, kil yüzeyinden uzaklaştıkça azalır, diğer bir ifadeyle kil yüzeyine en yakın olan iyon bağları en kuvvetli bağlardır [3].

Elektrik alanı etkileyen mesafenin dışında kalan su bir sıvı gibi davranır ve bağ oluşumunda etkili değildir. Kil bağını aktive eden su miktarına tav (temper) suyu denir ve bu su miktarı da temper noktası olarak bilinir. Kalıp kumu içinde bulunan su, tav suyu miktarının üzerinde ise su serbest sıvı olarak bulunur. Kalıp kumu içinde bulunan su tav suyunun altında ise kil bağının aktifleşmesi tam olarak sağlanamaz. Tav noktasında kumun yaş

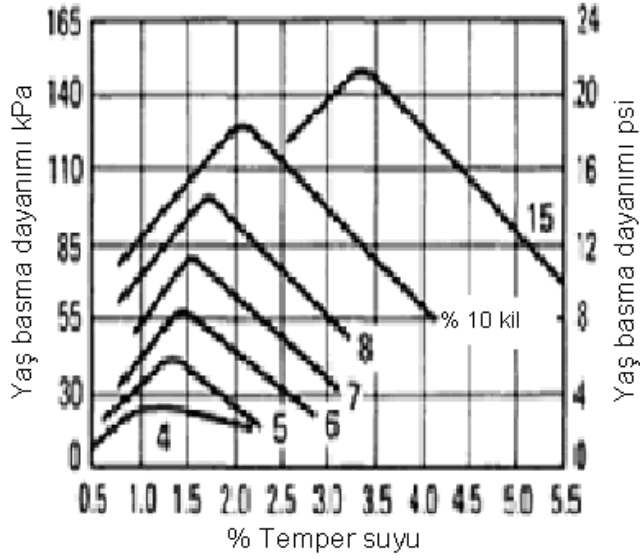
mukavemeti maksimumdur ve bu oranın üstündeki ilaveler kum-kil-su karışımının mukavemetini düşürür. Bu etki Şekil 2.21, Şekil 2.22 ve Şekil 2.23'te görülmektedir [3].



Şekil 2.21. Kalsiyum bentonitinin su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi [3]



Şekil 2.22. Sodyum bentonitinin su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi [3]



Şekil 2.23. Kaolinit (Ateş kili) su miktarına bağlı olarak kalıp kumunun yaş mukavemetine etkisi [3]

#### Koloidal silika bağı

Koloidal silika bağı sistemi hassas dökümde kullanılır. Koloidal silika partikülleri 4-40 nm çapında ve su içinde süspansiyon şeklinde bulunurlar. Koloit denge yüzey yükü (şarjı), pH'ı (asit-baz dengesi), partikül boyutu, konsantrasyon ve elektrolit içeriği ile belirlenir. Silika partikülleri küresel ve amorf yapılıdır. Bu partiküller negatif elektrik yüklü olduğu için birbirini iter ve bu sayede su içinde süspansiyon halinde kalır. Su buharlaştığı zaman (hassas döküm kabuk tabakası kuruduğu şekle benzer) silika partikülleri yoğunlaşır ve partiküller arasında siloksan bağlar meydana gelir [4].

Koloidal silikadan yapılan kalıplar havada kurutulduğunda şekillerini muhafaza edecek yeterli mukavemeti kazanır. Fakat güçlü silika seramik bağı oluşumu için hassas döküm kabuk kalıbının 815 °C'nin üzerinde pişirilmesi gerekmektedir [4].

### Etil silikat bağı

Etil silika bağı silika bağına alternatif olarak hidroksil etil silikatlardan üretilebilir. Bu bağlar;



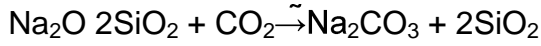
Şeklinde çökeltme gösteren bağlardır. Çökelen silika bağı, bağlayıcı iyon yoğunlaşmasında değişimle meydana gelen bir jeldir [4].

Hidroksil etil silikatın etil alkolle reaksiyon sonucu silikon tetrakloridin üretilir. Bu reaksiyon sonucu elde edilen etil silikatın iki çeşidi döküm kumlarında bağlayıcı olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bunlardan birincisi Etil silikat 30'dur. Tetraetil ortasilikat ve %28 polisilikatın karışımından meydana gelir. İkincisi ise etil silikat 40'dır ve yaklaşık %40 silika polimer içerir [4].

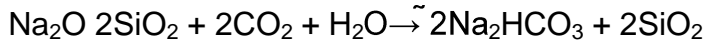
Etil silikat ve fused silika veya zirkondan oluşan kalıp çamuru pH değişimine çok hassastır. Çamurun pH'ı normalde 3 civarındadır. Mum modelin etrafında jel için amonyak buharına maruz bırakılır ve pH değeri 5'e çıkar. Ortamın pH değeri 5'e çıktığında jel meydana gelir. Kabuk daha sonra pişirilir ve etil alkol kabuktan buharlaşır veya yanar. Bu sayede silika bağları yoğunlaşır ve silika bağı oluşur. Etil silikat kalıplarda daldırma (hassas döküm kabuk oluşturmak için) arasındaki bekleme zamanı koloidal silika kalıpların bekleme zamanından çok daha kısa olduğu için etil silikat bir avantaj sağlar. Özellikle dereceli (blok) hassas döküm kalıplarında etil silikat kullanılır. Etil silikatlı kalıplarda pişirme sırasında ince çatlaklar meydana geldiği için koloidal silikat bağlı kalıplardan daha az mukavemet sergilerler [4].

### Sodyum silikat bağı

Sodyum silikat yöntemi silikat polimerinden oluşan diğer bir bağ oluşum metodudur. Sodyum silikat bağında karbon dioksit sodyumu çöktürmek için kullanılır. Burada meydana gelen reaksiyon aşağıda verilmiştir;



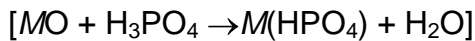
Gaz vermeye devam edilirse reaksiyon aşağıdaki şekilde devam eder[4].



Sürekli verilen gaz amorf silika jeli oluşturur ve kalıp dayanımını artırır. Sodyum silikat bağlayıcı boyutsal kontrol gerektiren ve nispeten dayanımı yüksek olan büyük kalıp ve maçaların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Silikat bağ döküm sırasında yüksek sıcaklıklarda bozunmaya uğrar. Katılaşmadan ve makul sıcaklıklara düştükten sonra kalıp kolaylıkla dağılır. Silikat bağlayıcı kumlar, dökümden ve kalıp bozma işleminden sonra mekanik olarak öğütülebilir ve % 60'ın üzerinde geri dönüşümü sağlanabilir. Sodyum silikat kum sistemlerinin su ile yıkanarak geri dönüşümü de mümkündür [3].

#### **2.4.2. Fosforik asit bağlar**

Fosforik asit bağlar demir ve demir dışı alaşımların çok hassas döküm parça üretimlerinde kullanılır. Reaksiyon bağının genel oluşumu;



Burada, M fritoksit (camsı özellik gösteren oksit) veya fritoksitlerin karışımıdır. pH çok dikkatli olarak kontrol edilmeli ve asidik olarak korunmalıdır. Toz metal oksit sertleştiriciler kuma kuru ilave edilerek karıştırılır ve sıvı halde

bulunan fosforik asit kuru karışımdan sonra ilave edilir. Fosforik asit ile kaplanan kum derece veya maça sandığına sıkıştırılır ve kimyasal olarak sertleşmeye bırakılır [3].

### **2.4.3. Organik bağlar**

Organik bağlar reçineli kumların kullanıldığı kalıplarda kullanılır. Bu sistemlerin kullanımı oldukça yaygındır. Kum reçine ile kaplanır. Daha sonra kumun yüzeyini kaplayan reçine ısıtılarak veya kimyasal katalizör ile sertleştirilir. Reçine kumun etrafını kaplayan katı bir plastik malzemedir. Kumun etrafını saran reçine sertleşerek kum tanelerini bir arada tutar ve gerekli dayanımı sağlama özelliğine sahiptir [3].

### 3.OLİVİN

#### 3.1. Olivinin Tanımı ve Sınıflandırılması

Ortorombik kristal sistem yapısına göre kristalleşen olivin grubu mineralleri esas olarak  $Mg^{+2}$  ve  $Fe^{+2}$  silikatlardan meydana gelip orto-silikat grubunda yer alırlar.  $Mg^{+2}$  ve  $Fe^{+2}$  in hakim olduğu esas mineraller  $Mg_2SiO_4$  (Forsterit) ve  $FeSiO_4$  (Fayalit) olarak adlandırılmışlardır. Bu mineraller arasında teforit (tephorite,  $Mn_2SiO_4$ ), fayalit-kneblit (fayalite-knebelite,  $FeMnSiO_4$ ), pikroteforit (picrotephorite), montisellit (monticellite), kirstenit (kirchsteinite,  $CaFeSiO_4$ ), Glokokroit (Glaucocroite,  $CaMgSiO_4$ ) gibi minerallere de rastlamak mümkündür [11,12]. Resim 3.1.'de görülen olivinin kristal bileşimi  $(Mg,Fe)_2SiO_4$ 'dir.



Resim 3.1. Olivin kristali [13]

Doğada doğal olarak tamamen saf forsterit ve fayalitten oluşmuş mineral bulmak oldukça güçtür. Bu nedenle olivin kristalleri adlandırılırken içerdiği forsterit miktarı (Fo) ile belirtilmekte, yani Mg'nin Fe'ye oranı esas tutulmaktadır [11,12].

Olivin mineralinin yapısındaki ara ana mineral olan forsterit ve fayalit minerallerinden başka iki uç mineraller arasında azalan Mg miktarı diğer bir

ifade ile Fo değerlerine göre sırasıyla krisolit (Chrysolite), hiyalosiderit (Hyalosiderite), hortonolit (Hortonolite) ve ferrohortonolit (ferro-hortonolite) minerallerinin olduğu saptanmıştır. Ancak olivin mineralleri tabiatta çok yaygın olarak forsterit ve fayalit olarak bulunurlar [11,12].

Olivin minerali genellikle yeşil veya koyu yeşil renkte olup oldukça sert bir yapıya sahiptir. Güneş ışınları ve atmosferik şartlar ile yeşil ve koyu yeşil olan olivin mineralinin rengi, açık yeşile dönüşmektedir. Sertliği Mohs'un kriterine göre 6,5-7'dir. Olivin mineralinin yoğunluğu da içerdiği Fe miktarına bağlı olarak 3,22-4,40 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir [11,12].

Olivin minerallerine, özellikle forsterit içerikli olivinlere daha ziyade ultrabazik ve bazik kayalar içerisinde rastlamak mümkündür. Olivin mineralleri ultrabazik magmada ilk kristalleşen minerallerdir. Olivin minerali, ultrabazik (peridotit) kayalar içerisinde en fazla olivin dunitler içerisinde bulunur. Teorik olarak dunit içerisindeki olivin miktarı % 95-99 arasında değişmektedir [11,12].

Dunitler genellikle kütleler halinde, bazen de harzburjitler içerisinde dayklar şeklinde bulunurlar. Fe'ce zengin olivinlere yani fayalite çoğunlukla ferrogabrolarda, siyenitlerde, asidik ve alkali volkanik kayalarda rastlamak mümkündür. Ayrıca dolomitlerin sıcaklık altında metamorfizmaya uğramaları sonucunda da Mg'ce zengin olivinlerin meydana geldiği bilinmektedir [11,12].

Dünya'da olivinler ile ilgili çalışmalar teknolojinin özelliklerinden dolayı Mg'ce zengin (forsterit) olivinler üzerinde yoğunlaşmıştır. Doğal olarak saf forsterit bulmak oldukça güçtür. Bu nedenle sanayide forsterit miktarı fazla olan olivinler daha çok tercih edilmektedir. Sanayide kullanılmakta olan olivinlerde genel olarak MgO miktarının % 42'nin üzerinde, toplam Fe-oksitlerin (Demir oksitler) miktarının da % 7-8'den az olması istenmektedir. Ayrıca SiO<sub>2</sub> miktarının %38-42 arasında, diğer metal oksitlerin toplamının %3'den az ve ateş kaybında %1 civarında olması tercih edilmektedir [11,12].

Saf forsteriti bulamanın zor olduğu yukarıda belirtilmişti. Bunun yanında diğer bir problem de olivinlerin çeşitli nedenlerden dolayı oldukça kolay bozuşmaya yüz tutarak çoğunlukla serpantin ve kısmen talk minerallerine dönüşmesidir. Serpantinleşen olivinler, derecesine göre bünyelerine değişik oranlarda su alırlar. Tamamen serpantinleşmiş olivinlerde bu su oranının % 14'e kadar yükselmesi mümkündür [11,12].

Serpantinleşerek bünyelerine su alan olivinlerin sertlikleri ve yoğunlukları oldukça azalmakta, yoğunluğun azalması da olivinin refrakterlik ve aşındırıcılık özelliklerini azaltmaktadır. Ayrıca yapıları sağlamlaştırmak, özellikle demiryollarında temellerin sağlam ve güvenlik açısından güvenilir olması için balast taşı şeklinde ve yine yoğunluklarının azalması dolayısıyla petrol platformlarında kullanıldığında denge sorunlarına neden olacaktır [11,12].

### **3.2. Olivinin Önemi**

Teknolojinin oldukça yüksek bir hızla gelişmekte ve yenilenmekte olduğu günümüzde endüstriyel hammaddelerin üretilmesi ve değerlendirilmesi de aynı oranda önem kazanmakta ve bu hammaddelere olan ihtiyaç artmaktadır. Varlığı ve geliştirilmesi önem kazanan bu hammaddelerden birisi de olivin mineralidir. DPT 2001 olivin raporunda[11] olivinle ilgili olarak şöyle denilmektedir:

"Olivin madenciliğinin geçmişi 50 yıl öncesine dayanmasına rağmen sanayideki önemi son 10-15 yıl içerisinde anlaşılmıştır. Teknolojik ve fiziksel özelliğinde dolayı da son 25 yıl içinde Avrupa ve dünyanın birçok ülkesinde oldukça önemli bir mineral durumuna gelmiştir. Ayrıca yerini alabileceği minerallerden ucuz olması da sanayide kullanılma şansını artırmıştır. Diğer avantajlı yönü de kütleler halinde bulunan dünitlerin(olivin) açık işletmeye uygun olmaları ve krom cevherinin zenginleşmesi sırasında yan ürün olarak doğrudan elde edilmesidir. Bu da işletme maliyetlerinde önemli düşüşler sağlayabilmektedir."

Gelişmiş ülkeler sağlık ve çevre konusunda düzenledikleri yasalar ile serbest silis içeren mineral veya hammaddelerin kullanımını yasaklama yoluna gitmişlerdir. Bundan dolayı döküm sanayi ve bina, köprü gibi çeşitli yapıların temizlenilmesinde kullanılan kuvars kumların yerine olivin tercih edilmiştir.

Olivinin özellikle demir-çelik sanayisinde ergitmeye yardımcı hammadde olarak kullanılması ve yukarıda verilen ekonomik ve diğer avantajlı özelliklerinden dolayı üretime büyük oranda katkı sağladığını söylemek mümkündür. 2001 tarihli DPT raporundan da anlaşılacağı üzere 2001 tarihi itibari ile ülkemizde pek kullanım alanına sahip olmayan olivinler günümüzde öneminin anlaşılmasıyla birlikte üretiminde ve kullanılmasında artış kaydetmektedir.

Ülkemizde 1996 yılına kadar olivinin kullanılması ile ilgili bilgilere rastlanılmamıştır. Sadece bazı mermer üreticileri dünit bloklarını işlemek suretiyle kullanmaya başlamışlardır. Oysa gelişmekte olan ülkemizde özellikle demir-çelik ve refrakter sanayisinde oldukça yaygın kullanım alanı potansiyeli olmasına rağmen olivin yerine daha pahalı olan dolomit ve manyezit tercih edilmektedir [13].

### **3.3. Olivinin Özellikleri**

#### **3.3.1. Fiziksel özellikleri**

##### Parlaklık

Olivin camsı özelliklere sahip bir mineraldir [13].

### Renk

Olivinin rengi zeytinin rengine benzediği için (koyu yeşil, yeşil) İngilizcede zeytin anlamına gelen olivene olarak adlandırılmıştır. Güneş ışınları ve atmosferik şartlar ile renk açık yeşile dönüşmektedir [13].

### Rutubet

Parça halindeki olivin ile toz halindeki ya da kırılmış ve öğütölmüş olivinde istenen nem miktarı aynı değildir. Parça, kırılmış ve toz olivinde istenen nem oranı en fazla sırasıyla %1, %1,5 ve % 2 olarak değişmektedir [13].

### Sertlik

Olivinin oldukça sert bir malzeme olduğu daha önce bahsedilmişti. Olivinin sertliği, ufalanabilme ve öğütölebilme özelliklerine etki eder. Sertliği 6.5-7 Mohs arasında değişmektedir. Olivinler belirgin köşeli yapıya sahiptirler ve olivinin köşeli yapıya sahip olması olivine aşındırıcı özellik kazandırmıştır. Olivinin köşeli parçalardan oluşması daha fazla “kuru kırılma dayanımı”(Green strength) göstermesine neden olmaktadır [13].

### pH

pH derecesi 8,9-9,5 arasında değişen olivin bazik cüruflara karşı çok mukavemetli olmasına karşın asit cüruflarına karşı çok fazla mukavemet gösterememektedir [13].

### Yoğunluk

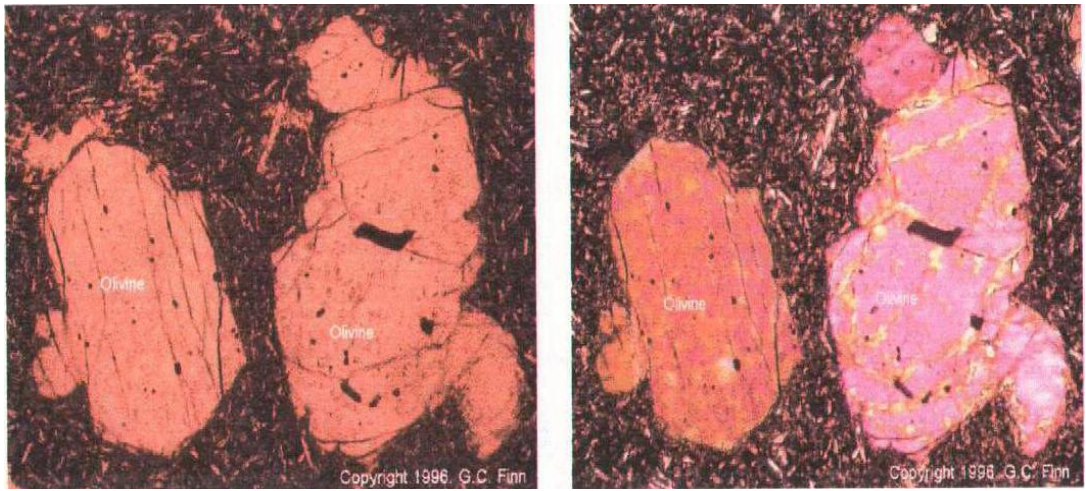
Olivinin yoğunluğu 3,22-4,40 aralığında değişir [13]. Quartz'ın yoğunluğu ise 2,65'dir. Olivin quartz'dan daha ağırdır. Bu özellik olivin için dezavantajdır. Çünkü bu durum eşit hacim için daha fazla kütle gereksinimi gösterir.

### 3.3.2. Kimyasal özellikleri

Dünyada olivinler ile ilgili çalışmalar, teknolojik özelliklerden dolayı Mg'ce zengin (forsterit) olanlar üzerinde yoğunlaşmıştır. Doğal olarak saf forsterit bulmak oldukça zor olduğu için sanayide forsterit miktarı fazla olan olivinler tercih edilmektedir. Sanayide kullanılan olivinin genel olarak MgO miktarı %42'nin üzerinde, toplam FeO miktarının %7-%8'den fazla olmaması istenmektedir. Ayrıca SiO<sub>2</sub> miktarının %38-%42 arasında, diğer metal oksitlerin toplamının %3'ten az ve ateş kaybının da %1 civarında olması önemlidir [13]. Olivin bazik bir refrakter malzemedir. Ergime ve sinterleşme sıcaklığı sırasıyla 1760 °C ve 1450 °C'dir

### 3.3.3. Olivinin jeolojik özelliği

Olivin bazik magmatik ve bazik metamorfik kayalar içinde ikincil olarak meydana gelir. Dunitin foliasyon düzlemleri arasına, magma intruzyonları sırasında yerleşmiştir. Resim 3.2' de mikroskopik görüntüsü verilen olivinler ultrabazik magmada ilk kristalleşen minerallerdir. Fe' ce zengin sedimentleri rejyonel metamorfizması sonucunda da fayalit oluşumuna rastlanmıştır [13].



Resim 3.2. Olivinin polarizan mikroskop görüntüleri (x100, sol taraf tek, sağ taraf çapraz nikel) [13]

### 3.4. Dünyada Mevcut Durum

#### 3.4.1. Rezervler

Dünya'da işletilen en büyük olivin (dünit) yatağı Norveç'te bulunmaktadır. Aheim civarında bulunan ve önemli miktarda forsterit içeren bu dünit kütlesi yaklaşık 6,5 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamakta olup rezervi de 2 milyar tondan fazla olduğu bilinmektedir. Dünya dünit pazarlarında da en fazla söz sahibi olan dünitler bunlar olup bu yatakta 1948 yılından beri madencilik yapılmaktadır. İtalya'da Torino yakınlarındaki Vidrocco ve Castellamonte kasabaları civarındaki dünit rezervleri ise yaklaşık 100 milyon tondur. Bu bölgede ise dünit madenciliğine 1960 yılında başlanılmıştır. İspanya'da ise ülkenin kuzeybatı köşesinde yer alan Galicia civarındaki dünitlerin rezervinin de 100 milyon tondan fazla olduğu ifade edilmektedir. İsveç'te ise 1980 yılına kadar refrakter sanayinde ve ısıtıcılarda (radyatör şeklinde) kullanılmak üzere yılda 50.000 tondan fazla dünit üretilebildiği söylenmekteydi. Ancak İngiltere'ye yapılan satışların durması sonucu bu tarihten itibaren olivin üretimine son verilmiştir. Bu ülkedeki olivin rezervleri hakkında kesin bilgi elde edilememiştir. Avusturya'da ise Styria bölgesindeki Leoben civarındaki dünit kütlesinin rezervi hakkında da bilgiye ulaşılamamıştır. A.B.D.'de Washington ve North Carolina bölgelerinde önemli taze olivin içeren dünitler mevcuttur. Güney Afrika, Japonya, Yeni Zelanda ve Meksika'da işletilmekte olan önemli dünit yatakları mevcut olmakla beraber, rezervleri hakkında sağlıklı bilgilere ulaşılamamıştır. Ayrıca Pakistan, İran ve Yugoslavya'da ise önemli ölçüde dünit yatakları mevcut olmakla beraber bunların sanayide kullanımı ile ilgili olarak herhangi bir yazılı belgeye rastlanılmamıştır [11,12].

Ülkemiz dâhil, dünyanın birçok bölgelerinde dünit yataklarının varlığı bilimsel olarak biliniyor olmasına karşın uygulama sahasında yeteri miktarda adından söz edilmemektedir. Değişik amaçlar için kullanılmış olmalarına rağmen (mermer vb.) belirli bir tarihe kadar yazılı bir belge ya da kayıta rastlanılmamaktadır. Bundan anlaşılıyor ki dünyanın değişik bölgelerinde

değişik zamanlarda kullanılmış olmalarına karşın, düzenli bir kayıt sistemi ve sağlıklı inceleme ve bilimsel çalışmalar ışığında bilinçli bir seyir devam etmemesinden dolayı olması gerektiği kadar gelişmemiştir.

### 3.4.2. Tüketim

#### Tüketim alanları

Olivinin tüketim alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- a) Demir-Çelik Sanayi
- b) Refrakter Sanayi
- c) Döküm Sanayi
- d) Aşındırıcı(Abrasiv) olarak kullanımı
- e) Elektrikli ısıtıcı(Radyatör) olarak kullanımı
- f) Ballast(Denge) Malzemesi olarak kullanımı

#### *Demir-Çelik sanayi*

Günümüzde olivin en çok demir-çelik endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu endüstri alanında olivin yüksek fırınlarda eritici ve cüruf düzenleyici olarak kullanılır. Çelik üretimi için yüksek fırınlarda demir cevheri ve kok kömürü kullanılmaktadır. Ancak çelik üretimi için kullanılan bu hammaddeler yeteri derecede saf değildir. Bu nedenle yüksek fırına giren demir cevheri ve kok kömürü hammaddelerinin yeteri derecede erimesi ve cürufa karışması gerekir. Bu hammaddelerin cürufa karışması için gerekli olan ergimede olivinin eritici olarak büyük bir önem kazanmaktadır. Cüruf genellikle kireç (CaO), magnezyum (MgO), silika (SiO<sub>2</sub>) ve alümina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) içermektedir. Bu elemanlar kısmen, buldukları oran itibari ile impuritelere ortamdan uzaklaşması için önem kazanmaktadırlar. Burada "baziklik oranı" oldukça önem kazanmaktadır. Bazik oksitlerin (genellikle CaO+MgO), asit oksitlere (SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) oranınının 0,8-1,2 arasında olması genellikle tercih edilmekte ve

sülfür ve fosfat gibi impuritelere bu durumda en fazla miktarlarda cüruftan uzaklaştığı ileri sürülmektedir. Silika ve alümina genel olarak yüksek fırına verilen demir cevheri içerisinde impurite şeklinde bulunur. Ancak baziklik oranını azaltmak için arada bir fırına doğrudan kuvars kumu ilavesi yapılır. Kireçtaşı, dolomit veya olivin ilavesi yapılarak baziklik oranı ayarlanır. Olivin ilavesi yapıldıktan sonra cürufun MgO değeri artar ve dolayısıyla cürufun akışkanlığı da artmış olur. Ancak cürufun baziklik oranının değişmemesi gerekir. Ancak Magnezyum oksit ve silika miktarları aynı oranlarda ilave edilmiş olması gerekmektedir. Bu nedenle olivin, düşük silikalı demir cevherlerinin izabesinde dolomitin yerine çok rahat bir şekilde dolomite alternatif olarak kullanılabilir. Olivindeki yüksek magnezyumoksit değerlerinin, cüruf vizkositesinin yüksek fırındaki malzemelerin kompozisyonuna bağlı kalmaksızın hareket etmesini sağlaması olivin için diğer bir avantajdır. Dolomitte bu durum söz konusu değildir. Diğer taraftan olivin kullanıldığı zaman fırında bir başlangıç ısısına gerek bulunmamakta ve ayrıca da olivinin ateş kaybı dolomitten oldukça düşük olmaktadır. Ayrıca olivinin sinterleşme hadisesine oldukça büyük katkı sağlamaktadır. Şöyle ki, olivin sinter tesislerinde kullanıldığında sinterleşme derecesini düşürmekte, böylece enerji kaynağı olarak kullanılan kok tüketimi azalmakta ve sinterin sertliğinin artmasıyla kapasitenin artması sağlanmış olacaktır. Bu süreç ayrıca, demir minerallerinin fırında homojen bir şekilde dağılmasını sağlamış olacak ve böylece impuritelere ortamdaki uzaklaşması daha kolay olacaktır. Olivinin sahip olduğu diğer bir özelliği de fırındaki alkalilerin bir araya toplanmasına mani olmaktır. Çelik sanayinde olivin içeren pelletlerin kullanıldığı da bilinmektedir [11,12].

### *Refrakter sanayi*

Yüksek ergime derecesine sahip olan olivinden forsterit tuğla yapımı 1930 yılından beri sürdürülmektedir. Forsterit tuğlanın refrakterlik derecesi yaklaşık olarak 1890 °C olup başta demir-çelik sanayinde olmak üzere yüksek ergime derecesine sahip fırınlarda, çimento sektöründe ve yüksek ısı gerektiren

birçok fırında iç tuğla ve birçok refrakter malzeme yapımında yine olivin kullanılmaktadır. Potaların iç kısmının sıvanmasında da yüksek ergime derecesinden dolayı olivin kullanılır. Ancak olivinin yüksek fırınlardaki cürufa (yüksek CaO içeren fırınlarda) karşı fazla mukavemet göstermemesi nedeniyle genellikle yüksek fırınların nispeten daha az sıcak kesimlerinde ve taban kısımlarında kullanılmaktadır [11,12].

Olivinin kullanılmasındaki diğer bir avantaj da, olivinin içerisinde bulunan çelik malzemeyi daha çabuk soğutma özelliğine sahip olmasıdır. Devamlı döküm elde etmede kullanılan tundislerin (tundish) imalinde de önemli miktarlarda olivin kullanılmaktadır. Tundislerden geçen eriyik cevher potalarda son şekli verilerek piyasaya sürülür Özellikle tundislerin astar şeklinde kaplanmasında çok miktarda olivin püskürtülerek kullanılır [11,12].

Olivin refrakter sanayisinde değişik oranlarda kullanılarak tuğlalar elde edilir. Bu tuğlalar, farklı oranlardaki olivin ile fosfat, karbon, krom gibi minerallerin inorganik maddeler veya reçine ile bağlanmaları sonucu ortaya çıkar. Bunlara kimyasal bağlayıcı tuğlalar adı verilir [11,12].

Refrakter endüstrisinde manyezitten oluşmuş refrakter tuğlanın kullanılması gayet doğaldır. Zira manyezitin refrakterlik derecesi (2000 °C'nin üzerinde) olivinin refrakterlik derecesinden (1890 °C) daha yüksektir. Ancak olivinin çeliği daha uzun sürede soğutması yani daha yavaş soğutması ayrıca olivine nazaran manyezitin daha pahalı olması manyezit yerine olivinin kullanılması gerektiğini düşündürmektedir [11,12].

Olivin, ayrıca çöp ve benzeri artık malzemelerin yakılıp kül haline getirildiği fırınların imalinde de; özellikle A.B.D.'de, Avustralya'da ve Pasifik Kıyısı ülkelerde bol miktarlarda kullanılmaktadır[11,12].

### *Döküm sanayi*

1970'li yıllarda Avrupa'da döküm sanayisinde yüksek miktarda kullanılmakta olan zirkon ve kromitteki yüksek fiyat artışları, olivinin bu sanayi dalında pazar bulmasına neden olmuştur. Esasen döküm sanayinde en fazla kuvars kumu kullanılmaktadır. Ancak döküm sırasında dökülen metalik malzemelerle kalıp arasında, problemleri durumlarda olivinden yapılmış kalıplar tercih sebebi olmaktadır. Kuvars kumları, döküm sırasında metal ile reaksiyona girmekte, olivin kumundan yapılan kalıp ise metalin kalıp bünyesine girmesine müsaade etmemektedir. Özellikle manganezli çelik dökümünde sadece olivinden yapılmış kalıplar kullanılmaktadır. Zira silis kumu döküm sırasında düşük ergime sıcaklığına neden olmakta, bu da çeliğin kum üzerinde sinterleşmesine sebebiyet vermektedir. Bu durum döküm parça yüzeyinde birçok döküm hatasının oluşmasını sağlamaktadır. Olivin ise manganezli çelik ile düşük ergime sıcaklığına sahip fazı oluşturmaz. Döküm imalinde, olivin kumuna düşük oranlarda krom ve zirkon ilavesi de yapılabilmektedir [11,12].

Döküm sanayinde olivinin silis kumuna göre avantajlı özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanmıştır [11,12].

1. Isı karşısında oldukça düşük ve yeknesak genleşme göstermektedir. Bu durumda genleşmeden dolayı meydana gelebilecek olan hatalar elimine edilmektedir.
2. Düşük ısı genleşmesine sahip olması nedeniyle bağlayıcı olarak sadece bentonit ve suyun %3 oranlarında olması yeterlidir.
3. Termal şoka karşı sürekli mukavemet göstermektedir.
4. Daha kolay şekillendirilebilmektedir.
5. Kısmen köşeli parçalardan oluşması daha fazla kuru kırılma mukavemeti (Green Strength) göstermesine neden olmaktadır.
6. Silis kumları silikosis denen hastalığa neden olmakta, olivinle çalışıldığında böyle bir hastalık ortaya çıkmamaktadır.

7. Olivin işlem sırasında oldukça iyi kalsine olduğundan, bünyelerine oldukça az miktarda su kabul etmekte ve bunun sonucu olarak da yeniden kullanımı da kolay olabilmektedir [11,12].

Olivinin kalıbın iç kısmında 74–50 mikron boyut aralığında kaplama malzemesi olarak kullanılması döküm parçanın yüzey kalitesini artırmakla birlikte kalıptan kolayca çıkmasını sağlamaktadır [11,12].

#### *Aşındırıcı (Abrasiv) olarak kullanımı*

Olivin minerallerinin yoğunluklarının  $3,3-3,5 \text{ gr/cm}^3$ , sertliklerin 6,5-7 mohs ve genellikle köşeli tane yapısına sahip olmaları nedeniyle, olivinlere belirgin aşındırıcı özellikler kazandırmıştır. Avrupa'nın birçok ülkesinde inşaat ve köprüler gibi yapıtların yüzeylerinin temizlenmesinde olivin malzemesi kullanılmaktadır. Temizlenen yüzeylerde yüzeye göre 0,09 mm-1,7 mm boyutlarında olan olivinler basınçlı hava kullanılarak temizlenecek yüzey üzerine olivin püskürtülmek suretiyle kir, pas ve benzeri yüzeylerde istenmeyen materyaller kolayca uzaklaştırılarak yüzey temizleme işleme yapılır. Temizleme işlemine ek olarak düzgün yüzey veya girintili çıkıntılı yüzey elde etmek veya herhangi bir yapının veya dekorun bir kesiminin alınması (koparılması) için de basınçlı hava kullanılarak toz şeklindeki olivinler kesim işleminde de kullanılırlar [11,12].

Avrupa ülkelerinde yüzey temizleme ve kesme işlemleri için 1988 yılından önce arada sırada olivin yerine silis kumu kullanılmaktaydı. Silis kumunun sağlığa zararlı olması ve bir takım hastalıklara sebebiyet vermesi nedeniyle 1988 tarihinden itibaren silis kumunun kullanımı yasaklanmış, yerine serbest silis içermemesinden dolayı olivin kullanılmaya başlanmıştır [11,12].

### *Elektrikli ısıtıcı (Radyatör) olarak kullanımı*

Elektrikli ısıtıcılara Avrupa'da *Gece ısıyı depo eden ısıtıcılar (Night Storage Heaters)* denilmektedir. Bir elektrikli malzemedan ısıyı absorbe eden ve aynı zamanda ısıyı muhafaza eden radyatör şeklinde tasarlanmış olivinden yapılmış tuğlalar, belirli bir zaman sonra özellikle gündüzleri depolanan bu ısıyı yayarak konutları ısıtabilmektedir. Bu depolama işlemi elektrik enerjisi fiyatlarının % 50-60 iskontolu olduğu gece dönemlerinde olduğu için bunlara Night Storage Heater ismi verilmiştir. Elektrikli ısıtıcı sistemi 1965-1975 yılları arasında Avrupa ülkelerinde oldukça büyük oranlarda kullanılmıştır. 1977 yılından itibaren elektrik fiyatlarının artması, bu elektrikli radyatörlere olan ilgiyi 1965-1975 yıllarına oranla azaltmıştır. Özellikle İngiltere ve Almanya'da bu elektrikli radyatör alandaki pazar oldukça küçülmüştür. Misal olarak yılda 120.000 tonluk olivin kullanımı, 1977 yıllarında 40.000 tona kadar düşmüştür. Radyatör olarak dikkate alındığında; İngiltere ve Galler'de 1969-1970 yıllarında toplam 530.000 adet olivinli radyatör satılmıştır. 1977-1978 yıllarında ise bu oranın yaklaşık %10 olan 60.000 adete düşmüştür ve 1980 yılında kısmen canlanarak radyatör satışları 100.000 adete ulaşmıştır. Bu elektrikli ısıtıcıların en fazla kullanıldığı ülke olan İngilterede kullanımı 1980 yılından itibaren oldukça azalmıştır. Bu alandaki yıllık olivin tüketimi 5.000 ton civarlarına kadar düşmüştür. Bu tüketim 1965-1975 yıllarında yıllık tüketimi 120.000 tondur. Ancak geçen birkaç yılda Batı Avrupa ülkelerinde özellikle de Batı Almanya'da bu elektrikli ısıtıcıların kullanımında kısmen artışların kaydedildiği gözlenmiştir [11,12].

Elektrik fiyatlarının artışının yanı sıra, doğal gazın Batı Avrupa ülkelerinde aktif bir şekilde kullanımı elektrikli ısıtıcı olan radyatör pazarını olumsuz etkilemiştir. Aslında olivinli radyatörler ısıyı daha uzun süre absorbe etmesi açısından manyezitli radyatörlere göre daha çok tercih edilmekle beraber, son yıllarda demirden (magnetit) yapılmış radyatörlerin tercihi, olivinden yapılan radyatörlerin pazarını olumsuz etkileyen diğer bir faktördür. Demirden yapılan radyatörler, yoğunluğunun fazla olmasından dolayı daha ince imal

edilmekte olup, bu da daha fazla ısıyı depo etmesine ek olarak estetik bir görünüm sunmaktadır [11,12].

### *Ballast (Denge) malzemesi olarak kullanımı*

Olivin, yüksek yoğunluğundan dolayı, bazı denge fonksiyonlarının esas olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle Kuzey Denizi'ndeki petrol platformlarını dengede tutmak için olivin malzemesi kullanılmaktadır. Olivin, bu alanlardaki betonların gözeneklerini gayet iyi bir şekilde doldurarak, olivinin ağırlığından dolayı denge işlevine yardımcı olmaktadır [11,12].

Tren yollarında sağlam ve dengeli bir temel sağlamak ve aynı zamanda güvenli bir seyahat için de tren yolu zeminlerinde olivin çakılları kullanılmaktadır. Nispeten köşeli ve sağlam çakıllar burada iyi bir drenaj sağlayarak tren yolunun kaymasının önüne geçmektedir [11,12].

### Tüketim miktar ve değerleri

Dünya'da en fazla olivin tüketimi aynı zamanda olivin rezervinin en çok olduğu ülke olan Norveç'te 20.000 ton civarındadır. Kısacası 2,9 milyon ton/yıl üretimin hemen hemen hepsi dış piyasaya sürülmektedir. Avusturya'da prefabrik yapı, kimyasal bağlı tuğla ve refrakter üretiminde 38.000 ton/yıl'dan fazla dünit kullanılmaktadır. İtalya'da bu değer 200.000 ton/yıl'dan fazla dünit tüketilmekte olup bunun %25'i demir-çelik sanayisinde, %30'u döküm ve refrakter sanayisinde, %30'u aşındırıcı olarak, %10'u yer döşemesinde ve %5'i de özel boya malzemesi yapımında kullanılmaktadır [11,12].

Avrupa ülkelerinde dünit tüketimi, özellikle demir-çelik sanayisinde dolomitin yerini dünitin almasıyla artmaya başlamıştır. Diğer taraftan sağlık nedenleri dikkate alınarak döküm ve abrasiv (aşındırıcı) sanayilerinde de olivin üretiminde gözle görülür bir artış kaydedilmektedir. Ancak yukarıda verilen

değerler dışında, Avrupa ülkelerinin her birinde net olarak ne kadar dünit tüketildiğine dair sıhhatli bilgilere rastlanılmamaktadır [11,12].

A.B.D.'de olivin çelik döküm ve refrakter gibi önemli sanayi alanlarında yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Ancak olivin tüketim konusunda sağlıklı rakamlara ulaşamamıştır. Meksika'da 1988-1989 yıllarında demir-çelik sanayinde 25.000 ton/yıl'dan fazla dünit tüketildiği bilinmektedir [11,12].

Japonya'da 1987 yılında 5,3 milyon ton ultrabazik kayaç tüketimi saptanmıştır. Bu tüketimin başta demir-çelik sanayi olmak üzere %34'ü sanayide ve önemli ölçüde yol yapımı olmak üzere %66'sı da inşaat ve yapı sektöründe gerçekleşmiştir [11,12].

### 3.4.3. Üretim

Olivin veya dünit üretimi ve bu ürünlerin pazarlaması söz konusu olduğu zaman ilk akla gelen ülke Norveç'tir. Çünkü dünyada en çok olivin rezervi Norveç'te bulunur ve bu ülkede faaliyet gösteren A/S Olivin isimli şirket A.B.D., Avustralya, Güney Amerika ve Yeni Zelanda ülkelerine olivin satışı yapmaktadır. 1990 yılında Norveç'te 2,9 milyon ton olivin üretimi yapılmış olup bu da dünya genelindeki olivin üretiminin %50'sini oluşturmaktadır. 1988 yılında İsveç'te 50.000 ton, Avusturya'da 38.000 ton ve İtalya'da ise 200.000 ton olivin üretimi yapıldığı kaydedilmiştir. Avrupa ülkelerinde ikinci dünit üreten ülke olarak İspanya dikkati çekmektedir. 1988 yılı içerisindeki İspanya'nın dünit üretimi çoğunluğu demir-çelik sanayinde olmak üzere 1,5 milyon ton civarındadır. A.B.D.'nin değişik bölgelerinde dünit üretimi yapılmaktadır. Ancak sadece Aimcor şirketinin yapmış olduğu 75.000 tonluk bir üretimden bahsetmek mümkündür. 1988 yılında Meksika'daki dünit üretimi 25.000 ton olarak bilinmektedir [11,12].

Japonyada son yıllarda, özellikle 1988 yılına kadar yılda ortalama 5 milyon ton civarında ultrabazik kayaç üretimi yapılmıştır. Peridotit ve serpantinden

meydana gelen bu üretimdeki olivin/dünit payı sadece 350.000 ton civarındadır. 1988 yılından itibaren üretimin 6 milyon tondan fazla olması beklenmekte olduğu kaydedilen bilgiler arasında yer almaktadır [11,12].

### Olivin üretim yöntemi ve teknolojisi

Olivin üretiminde gerek yeraltı ve gerekse yeryüzü madenciliği yapmak mümkündür. Yeraltında oda topuk yöntemiyle işletilen olivinli zonlar, loderler ile yükleme yapılarak yer yüzeyine çıkartılır. Bazen de gerek duyulursa cevher konveyörler ile olivinlerin yüzeye çıkartılması mümkündür [11,12].

Dünitler, oluşum şekli itibariyle kütleli yayılımlar olarak bulunduğundan yüzey açık işletme yolu ile de kolayca üretilebilme özelliğine sahiptirler. Patlama metoduyla patlatılıp parçalanmış cevherli zon loderler ile doğrudan kamyonlara yüklenerek tesislere taşınmaları mümkündür [11,12].

Kızıldağ maden ocağından çıkartılan olivin madeni, açık işletme yöntemi kullanılarak üretilmektedir. Üretim şekli ise delme-patlatma ve dozerlerle yükleme şeklinde olup, oldukça ekonomik olarak kolayca tesislere taşıma işlemi gerçekleştirilmektedir [13].

Delme-patlatma yöntemi ile elde edilen olivin için tijli gözenek açma metodu kullanılmaktadır. Daha önce belirlenen kayacın muhtelif yerlerine tijler yardımıyla delme işlemi yapılır (yatay ankraj ya da yatay iksa uygulaması). Daha sonra kayacın bu delinen yerlerine patlayıcılar yerleştirilip fitiller ateşlenmek suretiyle patlayıcılar patlama işlemine tabi tutulur. Böylece kayaç patlamanın etkisiyle parçalanarak iş makinelerinin yardımıyla yüklemeye uygun hale getirilmiş olur [13].

### Ürün standartları

Dünyanın birçok ülkesinde ve özellikle Avrupa ülkelerinde kullanılan olivinlerin/dünitlerin kesin bir standart değeri bulunmamaktadır. Doğrusu kullanıldığı sanayi dalına göre belirgin spesifikasyonlarında bazı değişimler olabilir. Misal olarak yüksek fırınlarda; çelik üretiminde ve sinterleşme uygulamalarında MgO değerinin mümkün olduğu kadar yüksek tutulması, toplam demirin ( $Fe_2O_3+FeO$ ) klasik forsteritteki demir miktarından daha az olmasına dikkat edilmelidir. Diğer taraftan olivin aşındırıcı sanayinde temizleyici kum olarak kullanıldığında toplam FeO (Demiroksit) miktarındaki farklılıklar çok fazla gereklilik arz etmez. Olivinin standart değeri söz konusu olduğunda kimyasal analiz esas olup MgO (Magnezyumoksit) ve toplam FeO (Demiroksit) bileşiklerinin değerleri dikkate alınmalıdır [12].

Norveç'in Aheim kasabası civarında bulunan cevher yatağından A/S olivin şirketi tarafından işletilen olivinlerin MgO (Magnezyumoksit) değeri %48-50 arasında farklılık göstermektedir. Diğer mineral değerleri aşağıda Çizelge 3.1'de verilmiştir [12].

Çizelge 3.1. A/S Olivin firmasına ait numunenin kimyasal analizi (%) [12]

Kimyasal analizi	% ağırlık
MgO	48-50
SiO <sub>2</sub>	42-43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,8-7,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05-0,1
Ateş kaybı	0,7-1,5

Türk Standartları Enstitüsü olivin içeren mineralleri refrakter sanayindeki kullanım alanlarını dikkate alarak kimyasal analizlerine ve refrakterlik derecelerine göre sınıflandırmıştır. TSE'nin olivinin kimyasal bileşimine göre sınıflandırma tablosu aşağıda Çizelge 3.2'de verilmiştir [11,12].

Çizelge 3.2. TSE'nin olivini kimyasal bileşimine göre sınıflandırması [11,12]

Kimyasal Bileşim	% Ağırlık Miktarı			
	1.Sınıf		2.Sınıf	
	En Az	En Çok	En Az	En Çok
MgO	47,00	-	41,00	-
SiO <sub>2</sub>	-	43,00	-	44,50
Top. Demir Oksit	-	6,00	-	10,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	1,50	-	2,50
CaO	-	1,00	-	1,50
TiO <sub>2</sub> +Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +NiO+MnO	-	3,00	-	3,00

Burada birinci ve ikinci sınıf olivin refrakterliği için en az 1650 °C sıcaklığa kadar dayanıma ihtiyaç duyulmaktadır [11,12].

Yukarıdaki sınıflandırmadan, sadece birinci sınıf olivinin sanayi alanında kullanılacağı ve ikinci sınıf olivinin ise geniş alanda kullanılmayacağı veya az miktarda kullanılacağı sonucuna varılmamalıdır. Çünkü İtalya'daki olivinlerin MgO (Magnezyumoksit) değerleri %41-43 olmasına rağmen başta çelik endüstrisi olmak üzere sanayinin birçok dalında fazla miktarda kullanılmaktadır [11,12].

Kullanıldığı sanayi dalına göre olivinlerin farklı tane boyutuna sahip oldukları gözlenmektedir. Çelik sanayisinde genel olarak kullanılan olivin malzemesinin tane boyutları 0-3 mm, 0-4 mm, 0-30 mm, 0-40 mm ve 10-40 mm arasında değişmektedir. Refrakter sanayinde kullanılan olivin tane boyutları 0-6 mm ve döküm sanayinde kullanılan olivin tane boyutları ise 0,1-0,4 mm arasında değişmektedir [11,12].

İngiliz firmaları tarafından üretimi yapılan olivin tane boyutları aşağıda Çizelge 3.3'te verilmiş olup bu boyutsal spesifikasyona sahip olivinler daha çok aşındırma (bina ve köprülerin temizlenmesinde) ve döküm sanayinde kullanım sahalarına sahiptir [11,12].

Çizelge 3.3. İngiliz firmaları tarafından üretilen olivinin tane boyutları [11]

Cinsi	Tane Boyu (mm)
AFS 20	1,7 - 0,355
AFS 30	1,0 - 0,18
Special	1,0 - 0,15
AFS 60	0,5 - 0,125
AFS 90	0,25 - 0,09

TSE, olivin cevherini elek analizi yöntemi ile Çizelge 3.4'de verildiği gibi sınıflandırmıştır.

Çizelge 3.4. Türk standartları enstitüsü'nün elek analizi yöntemi ile olivin cevherini sınıflandırması [11,12]

Cevher Tipi	Elek Analizi	Kütlece %
Parça olivin	40 mm göz açıklıklı elekte kalan kısım	0
	10 mm göz açıklıklı elekten geçen kısım	5
Kırılmış olivin	10 mm göz açıklıklı elekte kalan kısım	0
	2 mm göz açıklıklı elekten geçen kısım	5
Toz olivin	2 mm göz açıklıklı elekten geçen kısım	0

Parça, kırılmış ve toz olivinde olivinin ağırlıkça en fazla sırasıyla %1, %1,5 ve %2 kadar nem istenmektedir [11,12].

Dünitler dinamitler, kırıcılar, değirmenler vb. vasıtalarla istenen boyutta kolayca elde edilebilme özelliğine sahiptirler. Burada önemli olan MgO ve toplam FeO'nun istenen aralıklarda bulunmasıdır [11,12].

### 3.5. Olivinin Türkiye'deki Durumu

Ülkemizde 1996 yılına kadar olivin minerali hemen hemen hiç kullanılmamıştır. Diğer bir ifadeyle Türkiye'de devlet kurumları ve özel sektör tarafından olivin minerali hakkında önemli bir çalışma yapılmamıştır. Bu

nedenle Türkiye'de dünit üretimine pek rastlanılmamaktadır. Sadece bazı mermer üretimi yapan firmalar dünit bloklarını mermer olarak kullanma yolunu tercih etmişlerdir. Ancak 1990'lı yılların ortalarından itibaren olivin üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Bazı özel demir-çelik fabrikalarında düşük kaliteli olivinlerin kullanıldığı, özellikle İskenderun Demir-Çelik fabrikasının olivini kullanma yönünde bir girişimi olduğuna dair bazı bilgiler mevcuttur [11].

Demir-çelik sanayinde olivin eritici ve cüruf düzenleyici olarak kullanılmaktadır. Sinter tesislerinde ve refrakter sanayinde ise refrakter olarak dolomit ve manyezit kullanılmaktadır. Bu minerallerin maliyeti olivine nazaran daha yüksektir. Türkiye'de özellikle Adana-Karsanti (Kızılyüksek), Guleman-Kef ve Bursa-Orhaneli'nde oldukça geniş alanlara sahip olan ultrabazik kayalar ve bunların içerisinde önemli dünit oluşumları mevcuttur. Guleman'da, forsterit niteliğinde olan olivinin kimyasal analizi Çizelge 3.5'te verilmiştir [11,12].

Çizelge 3.5. Guleman'dan alınan fosterit niteliğinde olan olivinlerden alınan bir numunenin kimyasal analizi [11,12]

Kimyasal bileşim	% ağırlık
MgO	46,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,32
Ateş Zayıtı	4,01

Gulemandan alınan olivinin refrakterlik derecesi oldukça yüksektir [(1743 °C) (PCE=33)]. İkinci önemli dünit oluşumları ise Bursa-Orhaneli ultrabazik numunesinde bulunmaktadır. MTA Genel Müdürlüğü bu bölgede mevcut dünitlerin ekonomik değerlerini araştırmak için bir proje yapmıştır. Burada yapılan etüt çalışması ile Orhaneli'nin kuzeyindeki ultrabazik numune içerisinde dünit zonları ayıklanmaya çalışılmış ve sahada 5 milyar tonun üzerinde bir dünit rezervi bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu dünitler %45'in

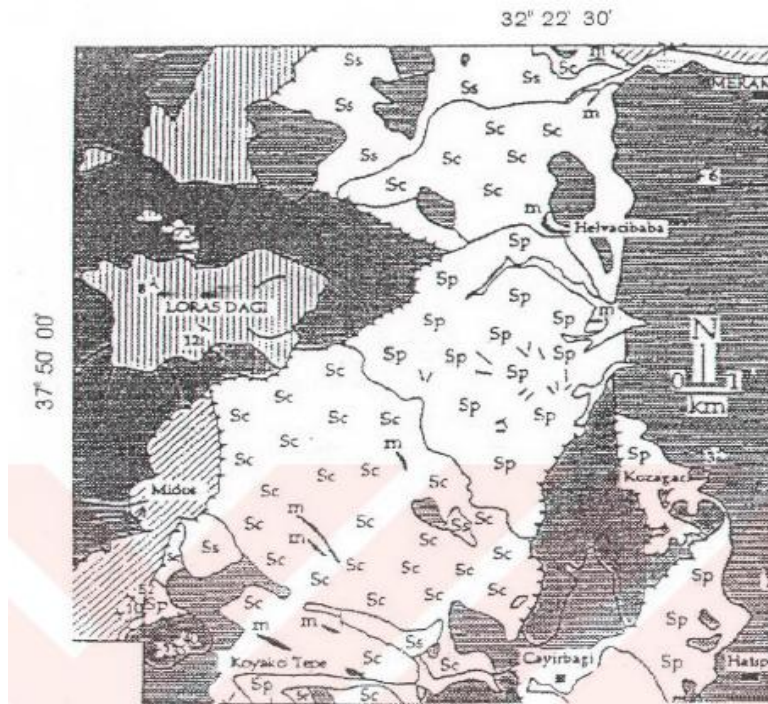
üzerinde MgO içermekte ve oldukça yüksek refrakterlik özelliğine (PCE= 31) sahiptir. Üçüncü olarak diğer bir önemli dunit oluşumları da Adana-Karsanti (Kızılyüksek) ultrabazik numunesi içerisinde yer almaktadır. Bu yörede krom rezervlerinin araştırılmasına yönelik yapılan çalışmalarda oldukça yüksek oranlarda dunit yayılımlarından söz edilmiştir [11,12].

### 3.5.1. Türkiye’de bulunan Çayırbağı ve Kızıldağ Olivin işletmeleri

#### Çayırbağı(Konya) ve Kızıldağ(Akseki) olivinleri

Burada bulunan maden ocağı işletmesi 21.04.1998 tarihinde özelleşen Konya Selçuklu Krom Manyezit Tuğla sanayisine bağlı bir işletmedir [13].

Çayırbağı yerleşim yeri olarak aşağıda Harita 3.1’de verildiği gibi Konya iline bağlı hatip kasabasının yaklaşık olarak 3 km batısında yer alır. Olivinler Çayırbağı ile Helvacıbaşa arasında kalan bölgelerdeki dunitlerden elde edilmektedir [13].

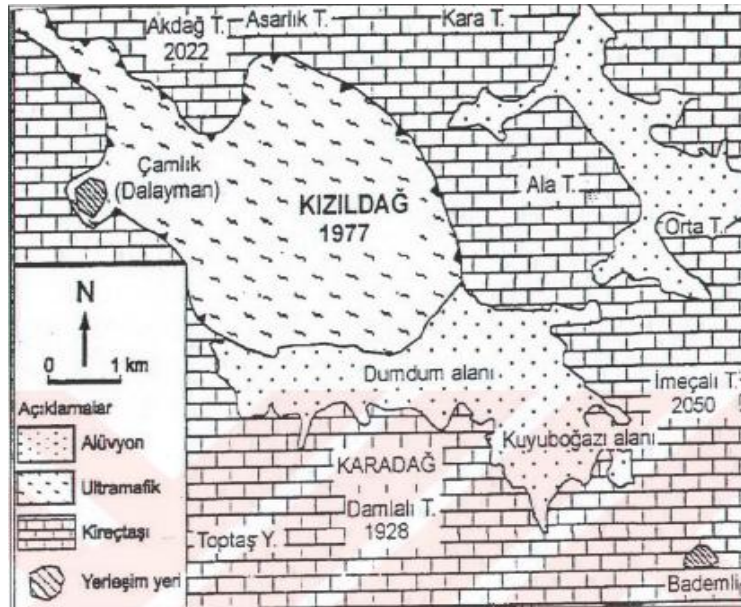


Harita 3.1. Çayırbağı ve yöresinin jeolojik haritası [13]

Kızıldağ olivinleri coğrafik olarak Konya ve Antalya illerinin sınırında orta Toroslar'da bulunur. Daha geniş bir ifade ile Konya ilinin Beyşehir ilçesine bağlı çamlık kasabası (eski adı Dalayman) ile Antalya ilinin Akseki ilçesine bağlı Bademli köyü arasında bulunan Kızıldağ yöresinde yer alır. Çamlık ve Bademli yerleşim yerlerinin köy hududu Kızıldağ'ı zirvesinden geçtiği için de Kızıldağ olivin yatağı Konya ve Antalya il sınırları içinde bulunmaktadır. Beyşehir (Konya) – Akseki (Antalya) yolu bu olivin yatağının bulunduğu alanın içinden geçtiği için her zaman ulaşımı sağlamak mümkündür [13].

### *Kızıldağ (Akseki) jeolojisi*

Kızıldağ ultramafikleri daha önce yapılan çalışmalarda çamlık grubu bünyelerinde yer alan dünit, harzburjit, kromit kütleleri ve diyabaz dayklarıyla birlikte değerlendirilmeye alınmıştır. Bu araştırma sonucu yapılan değerlendirmelere bağlı olarak Kızıldağ, allokto bozkır birliği içinde yer alıp altındaki Huğlu ve üstündeki Gencek gruplarıyla düşük açılı tektonik dokunaklı olduğu gözlenmiştir [13]. Kızıldağ ve bulunduğu yörenin jeolojik haritası aşağıda Harita 3.2'de verilmiştir.



Harita 3.2. Kızıldağ ve yöresinin jeolojik haritası [13]

Kızıldağ'ın Alpin tip ultramafikleri, Harita 3.2'de görüldüğü gibi inceleme alanında Toroslara ait olan Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile üç tarafından çevrelenmiştir. Güneydeki Dumdum ve Kuyuboğazı alanı da görünüşte oldukça ince bir örtü şeklindeki alüvyonda yer yer kireçtaşı adacıkları numuneler verir. Bu kireçtaşı oldukça kristalize olup, bu alanda gözle görülebilir fosil de yer almamaktadır [13].

Çağırbağı ve Kızıldağ yörelerinde mevcut olan olivinlerin yanı sıra aşağıda Çizelge 3.6'de de Adana-Karsantı yöresine ait yedi farklı olivin numunesinin kimyasal analizi verilmiştir.

Çizelge 3.6. Adana-Karsantı (Kızılyüksek) yöresine ait olivinin kimyasal analizi [11]

Numune No	SiO <sub>2</sub> (%)	MgO(%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Toplam Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)
KA-22/113	-	45,4	1,0	1,0	8,7
KA-22/109	-	45,7	1,1	1,3	8,0
KA-22/54	-	45,3	1,1	1,7	7,8
KA-22/60	-	45,9	1,1	2,5	7,6
KA-21/33	34,4	45,8	0,9	2,2	7,3
KA-20/22	33,8	45,7	0,9	3,4	7,7
KA-3/31	35,1	45,5	0,9	1,5	8,0

MTA Genel Müdürlüğü Teknoloji Laboratuvarlarında analizleri yapılan ve MTA tarafından incelenen bu numunelerin refrakter ve döküm sanayilerinde hammadde olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Kızılyüksek'teki dünitlerin yaklaşık 50 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahip olduğu ve yapılan sondajlarla da mevcut dünit kalınlıklarınının 400 m'den fazla olduğu neticesine varılmıştır. Yapılan bu araştırmalar neticesinde yöredeki mevcut dünitin milyarlarca ton rezerve sahip olduğu ortaya çıkmıştır [11,12].

Bu çalışmalardan sonra ve olivinin kullanılacağı sektörlerin Türkiye'de bulunması, önümüzdeki yıllarda ülkemizde olivin kullanımının artacağı

düşünülmektedir. Yukarıda sözü edilen çalışmalar da incelenerek 1995 yılında MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt Dairesi bünyesinde Türkiye'deki olivin potansiyelini ortaya çıkarmak ve sanayiye tanıtmak amacı ile MTA tarafından *Türkiye Olivin Aramaları Projesi* adı altında bir proje hazırlanmıştır. 1996 yılında uygulamaya konan bu proje üç yıl devam etmiş ve 1998 yılında nihayet bulmuştur. Bu proje kapsamında Bursa–Kütahya-Eskişehir–Muğla–Adana–Mersin–Konya–Karaman–Isparta-Burdur illerinde ve yörelerde bulunan ofiyolitler olivin bakımından araştırılmıştır [11].

Yapılan bu araştırmalar neticesinde Bursa-Orhaneli, Muğla-Köyceğiz, Adana-Pozantı, Konya-Meram yörelerinde kullanıma uygun şekilde dünit kütleleri saptanmıştır. Bu bölgelerdeki olivin potansiyelinin ileriki yıllarda Türkiye gereksinimini fazlası ile karşılayacak düzeyde olduğu açıklanmıştır [11].

Bu bölgelerdeki dünitlerden alınan bazı numunelerin kimyasal analizi Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de verilmiştir [11]:

Çizelge 3.7. Bursa-Orhaneli yöresi olivinlerinin kimyasal analizi [11]

Kimyasal bileşim	% ağırlık
MgO	43,6-50,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7-9
SiO <sub>2</sub>	36,8-40,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,2-0,4
Ateş kaybı	0,8-11

Çizelge 3.8. Muğla-Köyceğiz yöresi olivinlerinin kimyasal analizi [11]

Kimyasal bileşim	% ağırlık
MgO	45,5-49,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7-10
SiO <sub>2</sub>	37,5-40,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-2,15
Ateş kaybı	0,8-4

Bursa-Orhaneli yöresi dünitleri %90-94 arasında, Muğla-Köyceğiz yöresi dünitleri ise %90 civarında olivin içermektedir [11].

Halen Türkiye’de olivinin A.K.D.A Mad. San. A.Ş. nin pazarlamasını ve Beykrom Mad. San. A.Ş. nin Konya-Beyşehir-Çamlık bölgesinde üreticiliğini yapmaya devam etmektedir. 1999 yılından itibaren belirtilen sahada üretim yapılmaktadır ve yurt içinde olivin pazarının %95’i buradan karşılanmaktadır. Burada üretilen olivinin kimyasal analizleri aşağıda Çizelge 3.9’da verilmiştir [11].

Çizelge 3.9. Beykrom firmasının ürettiği olivinin kimyasal analizi [11]

Kimyasal bileşim	% ağırlık
MgO	45,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,9
SiO <sub>2</sub>	40,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37
Na <sub>2</sub> O	0,05
K <sub>2</sub> O	0,002
P,S,As,Cr,Ni,Cu	0,054
Ateş kaybı	Max. 1,5

Olivin üretimi yapan Beykrom madencilik ticaret ve sanayi A.Ş. firmasının ürettiği olivinin ergime sıcaklığı 1760 °C, sertliği 6,5 (Mohs) ve yoğunluğu ise 2.8 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Görüleceği gibi yaklaşık 10 yıl öncesine kadar pek fazla bilinmeyen olivin ülkemizde üretilmeye ve kullanılmaya başlamış ve geleceğinden ümitli olunan bir hammadde konumuna gelmiştir [11].

Ayrıca Türkiye’de yüksek oranda olivin ve dünit rezervinin bulunması da Türkiye için ciddi bir avantaj teşkil etmektedir. Bu avantajlara sahip ülkemizin olivinden önemli ölçüde istifadesi beklenmektedir.

## **4. DENEYSEL ÇALIŞMA**

### **4.1. Materyal ve Metot**

#### **4.1.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumu**

Deneysel çalışmalar için kullanılan olivin kumu numunesi Konya ilinin Beyşehir ilçesinde halen olivin üretimine devam etmekte olan Beykrom Madencilik Ticaret ve Sanayi A.Ş firmasından temin edilmiştir.

#### **4.1.2. Olivin kumuna uygulanan termal analizler**

Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunun termal analizleri MTA (Maden tetkik arama enstitüsü) laboratuvarlarında yapılmıştır.

#### **TGA, DTG ve DTA eğrilerinin elde edilmesi**

Olivin kumunun ısı artışı karşısında göstermiş olduğu ağırlık ve enerji değişimleri grafiksel olarak verilmesidir. TGA, DTG ve DTA analizleri yardımıyla, olivin mineralindeki kristalografik dönüşümler, erime, bileşimsel bozuşma, su kaybı gibi özellikler incelenmiştir. Olivin mineralinin hangi ısıda bozuşacağı ve hangi minerale dönüşebileceği ancak bu yöntemle anlaşılabilir.

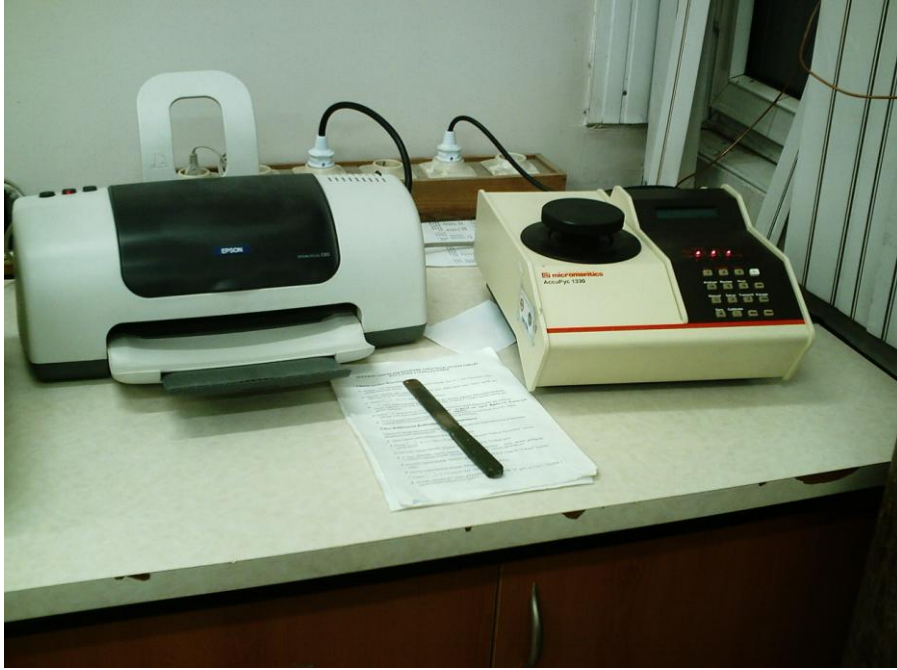
Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunun TGA (Termogravimetrik analiz), DTG (Diferansiyal termogravimetrik analiz) ve DTA (Diferansiyal termal analiz) eğrileri MTA Mineraloji ve Petrografi Araştırma Koordinatörlüğü laboratuvarında kullanılan ve Resim 4.1'de verilen Exstar 6000 marka termal analiz cihazı kullanılarak elde edilmiştir.



Resim 4.1. Termal analiz cihazı

#### 4.1.3. Olivin kumunun yoğunluk deneyi

Olivin kumunun yoğunluğu Maden Tetkik Arama Enstitüsü Endüstriyel Hammaddeler ve Seramik Malzemeler Araştırma Birimi laboratuvarında Resim 4.2'de verilen Mikromeritics AccuPye 1330 He marka yoğunluk ölçme cihazıyla ölçülmüştür.



Resim 4.2. Yoğunluk ölçme cihazı

#### 4.1.4. Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunun hazırlanması

Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunu hazırlamak için ağırlıkça %81 ile %96 oranları arasında olivin kumu, %2 ile %12 oranları arasında sodyum bentoniti ve %2 ile %7 oranları arasında su kullanılarak deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere olivin kumu karışımı hazırlanmıştır. Kumun hazırlanmasında kullanılan % olivin kumu, % bentonit ve % su oranları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneysel çalışmalarda olivin kumuna ilave edilen bentonit ve su % oranları

	Su (%)					
	2	3	4	5	6	7
Bentonit (%)	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8
	9	9	9	9	9	9
	10	10	10	10	10	10
	11	11	11	11	11	11
	12	12	12	12	12	12

#### 4.1.5.Olivin kumunun tane şeklinin belirlenmesi

Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumunun tane şeklini belirlemek için Maden Tetkik Arama Enstitüsü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Koordinatörlüğü laboratuvarında kullanılan ve Resim 4.3'de verilen Leica marka mikroskop kullanılarak olivin kumunun tane şekli gözlemlenmiştir.



Resim 4.3. Mikroskop

#### 4.1.6. Olivin kumunun elek analizlerinin yapılması

Aynı boyutta olan döküm kumu taneleri arasındaki boşluklar kumun gaz geçirgenliği artarken dayanımını düşürür. Buna karşılık tane boyutu farklı olan kumda, küçük taneler, taneler arası boşlukları doldurarak belirli derecede kapatır. Bu durumda kum hem dayanım hem de gaz geçirgenlik özelliğine sahip olur. Kumun dayanım ve gaz geçirgenlik özelliği esas olarak tane boyutu dağılımı ile kontrol edilir. Bu çalışmada kullanılan olivin kumunun tane boyutu dağılımını belirlemek amacıyla elek analizi Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Döküm Eğitimi Anabilim dalı kum analiz laboratuvarında aşağıda verildiği şekilde yapılmıştır.

Olivin kumundan Resim 4.4'de verilen hassas terazi ile 20 gr olivin kumu tartılmıştır. Tartılan olivin kumu, içindeki mevcut nemin giderilmesi için AFS standartlarına uygun kurutma fırınında (Resim 4.5) 110 °C sıcaklıkta bir saat süreyle kurutulmuştur. Daha sonra oda sıcaklığına sahip kum AFS

standartlarına uygun bir şekilde Resim 6'da verilen George Fischer marka titreşimli laboratuvar eleğinde 15 dk. süreyle eleme işlemine tabi tutulmuştur.



Resim 4.4. Hassas terazi



Resim 4.5. Kurutma fırını



Resim 4.6. Titreşimli laboratuvar eleği

Eleme işlemini takiben farklı elek numarasına sahip eleklerde kalan kum miktarı Resim 4.4'de verilen hassas terazide tartılmış ve bulunan değer elek analiz çizelgesinde ilgili elek numarası karşılığı gelen bölüme kaydedilmiştir. Her bir elek numarası için kum miktarı değerlerinin %'si ve çarpım faktörü değerleri hesaplanmış ve çarpım faktörü değerlerinin toplamı, toplam %'ye bölünerek kumun AFS incelik numarası elde edilmiştir. Her bir elekte kalan kumun %'de değeri 10 ve üzeri bir elek dağılımı olarak dikkate alınmıştır. Kumun boyut dağılım grafiği, her bir elek numarasına karşılık gelen % dikkate alınarak çizgisel ve kümülatif olarak tespit edilmiştir. Sağlıklı bir sonuç elde etmek için kumun elek analizi dört defa tekrarlanmıştır.

#### 4.1.7. Deneyleerde kullanılan sodyum bentonitin süspansiyon deneyinin yapılması

Deneyleerde kullanılan kilin süspansiyon deneyi Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Döküm Eğitimi Anabilim dalı kum analiz laboratuvarında yapıldı.

Deneyleerde kum bağlayıcısı olarak kullanılan sodyum bentonitin süspansiyon deneyinde 4 gr sodyum bentonit, 0,2 gr magnezyumoksit ve yaklaşık 60 cc su 100 cc'lik mezür içine konuldu. Karışım Resim 4.7'de gösterilen GF marka 8500 d/dk kapasitesine sahip yüksek devirli mikserde 1 saat süreyle karıştırıldı. Karıştırma işleminden sonra karışımın üzerine 100 cc'ye kadar su ilavesi yapılarak 24 saat süreyle bekletildi. 24 saat sonra karışımındaki kilin şişme derecesi gözlemlendi.



Resim 4.7. Yüksek devirli karıştırıcı

#### 4.1.8. Olivin kumunun fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

Olivin kumunun kumunun fiziksel özelliklerini belirlemek için kum deneyleri Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Döküm Eğitimi Anabilim dalı kum analiz laboratuvarında yapıldı.

##### Kum-bentonit ve su karışımının hazırlanması

Deney kumunu hazırlamak için Resim 4.8'de verilen kollerde Çizelge 4.1'de belirtilen her bir kum, benonit ve su oranlarında kum hazırlanmıştır. Kum hazırlamada, kollere kum ilavesi ve 2 dk süre ile karıştırma, bentonit ilavesi ve 5 dk süre ile karıştırma ve su ilavesi ve 15 dk süre ile karıştırma işlemleri sırasıyla uygulanmıştır. Daha sonra kum kollardan alındı ve ince bir elekten elendikten sonra içindeki suyun buharlaşmaması için ağzı kapalı bir kaptaki muhafaza edildi.



Resim 4.8. Kum karıştırma kolları

### Standart Kum Deney Numunesi Hazırlama

Standart kum deney numunelerinin hazırlanmasında; her bir kum karışımından 165-185 gr aralığında kumun tartılması, kumun sıkıştırma tüpüne alınması, kumun üzerine standart kum deney numunesi hazırlama cihazında 3 kez çekiç düşürülmesi ve sıkıştırılan kumun tüp içinden çıkarılması işlemleri sırasıyla takip edilmiştir. Hazırlanan standart kum deney numunelerinin 50 mm (+1mm) çap ve 50 mm (+1mm) yükseklik ölçülerine sahip olmasına dikkat edilmiştir.

### Gaz geçirgenlik deneyi

Olivin kumunun gaz geçirgenlik deneyi, Resim 4.9'da verilen AFS standartlarına uygun GF marka sulu gaz geçirgenlik cihazında, standart kum deney numuneleri içinden 2000 cm<sup>3</sup> havanın 10 gr/cm<sup>2</sup> basınç altında geçirilmesiyle yapılmıştır. Her bir karışım için gaz geçirgenlik deneyi 5 defa tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.



Resim 4.9. Sulu gaz geçirgenlik deney cihazı

### Sertlik deneyi

Olivin kumunun sertlik deneyi Resim 4.10'da verilen GF marka sertlik cihazı ile ölçüldü. Her bir kum karışımı için 5 standart deney numunesi ve her standart deney numunesi üzerinden 5 ölçüm yapılarak ölçüm değerlerinin ortalaması alındı.



Resim 4.10. Sertlik ölçme cihazı

### Yaş basma dayanım deneyi

Olivin kumunun yaş dayanımı standart deney numunesi ve Resim 4.11'de verilen AFS standartlarına uygun GF marka yaş basınç dayanım cihazı kullanılarak tespit edildi. Her bir kum karışımı için 5 standart deney numunesi kullanılarak yapılan ölçüm değerlerinin ortalaması alındı.



Resim 4.11. Yaş basma dayanımı ölçme cihazı

#### Akıcılık deneyi

Olivin kumunun akıcılık deneyi için çapı 50 mm, yüksekliği 35 mm olan ve alt tarafı 60°'lik açıyla kesilen standart deney numunesi hazırlandı. Hazırlanan numune tutucu parça üzerine çıkartıldı. Resim 4.10'da verilen sertlik cihazı ile numunenin önce ince uç kısmı daha sonra kalın dip kısmının eğimli yüzeylerinin sertliği ölçüldü. İnce uç kısmın sertlik değeri kalın dip kısmının sertlik değerine bölünerek akıcılık değeri elde edildi. Her bir kum karışımı için 5 standart deney numunesi kullanılarak yapılan ölçüm değerlerinin ortalaması alındı.

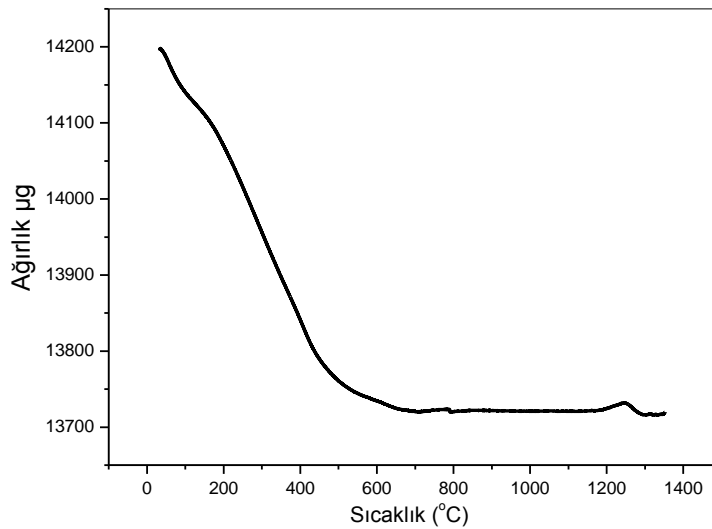
## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada olivin kumunun termal analizleri sonucunda TGA, DTG ve DTA eğrileri, olivin kumunun yoğunluğu, olivin kumunun tane şekli, olivin kumunun elek analizleri, deneylerde kullanılan bentonitin süspansiyon deneyi ve olivin kumunun fiziksel özellikleri (gaz geçirgenliği, sertlik, yaş basma ve akıcılık) incelenmiştir.

### 5.1. Termal Analizler

#### 5.1.1. Olivin kumunun TGA, DTG ve DTA eğrileri

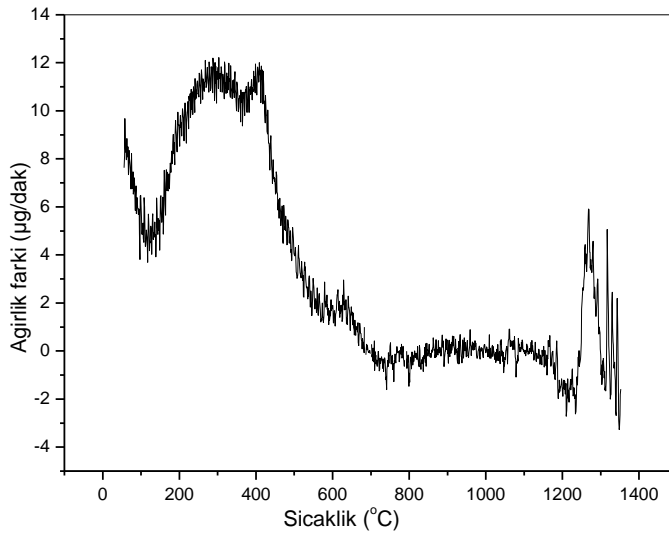
Olivin kumunun yapılan termal analizler sonucunda elde edilen termogravimetrik analiz (TGA) eğrisi Şekil 5.1'de, diferansiyal termogravimetrik analiz (DTG) eğrisi Şekil 5.2'de ve diferansiyal termal analiz (DTA) eğrisi Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.1. Olivin kumunun TGA eğrisi

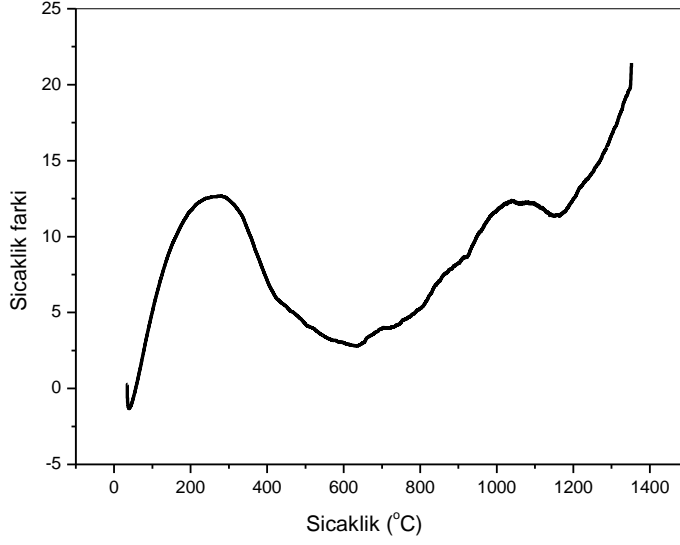
Termogravimetrik analiz grafiğinde artan sıcaklıkla birlikte olivin kumunun ağırlığında azalma (kayıp) olduğu görülmektedir. Olivin kumunun

ağırlığındaki bu azalma, kum gözeneklerinde ve yüzeyinde mevcut suyun ve düşük sıcaklıklarda buharlaşan yabancı maddelerin yanması sonucu meydana gelmektedir. Kum ağırlığındaki bu azalma yaklaşık olarak 700 °C sıcaklığa kadar devam etmektedir. 700 °C sıcaklıktan sonra kumun sıcaklığı artmakla birlikte ağırlığında ciddi bir değişme görülmemektedir.



Şekil 5.2. Olivin kumunun DTG eğrisi

Diferansiyel termogravimetrik analiz grafiğinde olivin kumu yaklaşık 120 °C sıcaklığa kadar ısı almıştır (endotermik). Olivin kumu yaklaşık 120 °C sıcaklığın üzerinde faz değişimine uğrayarak aşağı doğru pik oluşturmuştur. Olivin kumu içerisinde mevcut diğer oksit bileşikleri malzemenin ekzotermik reaksiyon göstermesini sağlamıştır.



Şekil 5.3. Olivin kumunun DTA eğrisi

Diferansiyal termal analiz grafiğinde olivin kumu yaklaşık 270 °C'ye kadar ekzotermik, 270-640 °C sıcaklıklar arasında ise endotermiktir. 640-820 °C sıcaklıklar arasında yine ekzotermik özellik göstermiştir. 500-800 °C sıcaklıklar arasında olivin kumunun yapısında mevcut olan yapısal su kaybı meydana gelmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda endotermik reaksiyon ile HO (Hidroksil) kaybı olmuştur. Ekzotermik reaksiyonlarda oluşan yeni fazlar karbon yanması, sülfidlerin yükseltgenmesi ve kristal büyümesi şeklinde sıralanabilir.

## 5.2. Olivin Kumunun Yoğunluğu

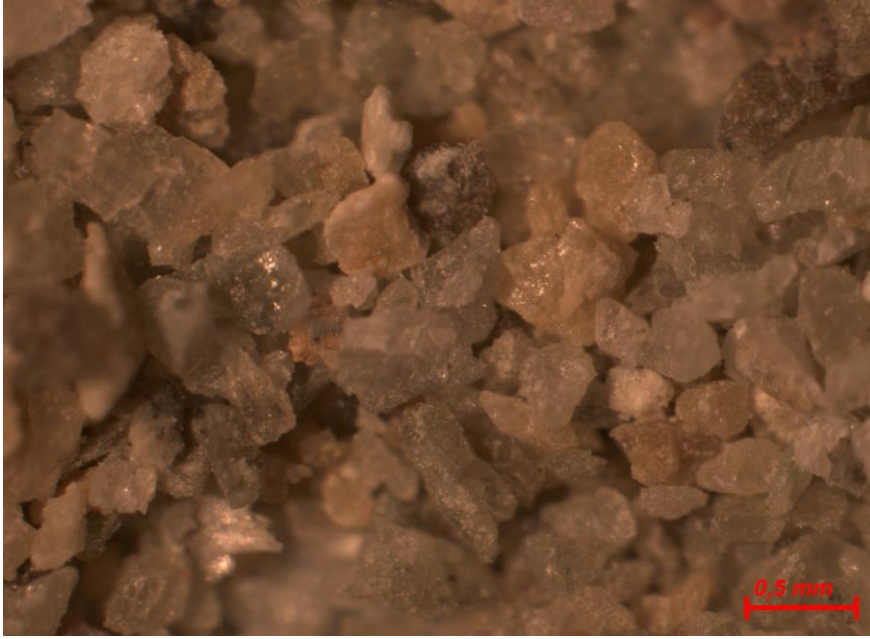
Deneylerde kullanılan olivin kumunun yapılan analizler sonucu;

Yoğunluğu (He Piknometre cihazı ile) : 3,1744 gr/cm<sup>3</sup>

Görünür yoğunluğu (Mezürle) : 1,4453 gr/cm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 5.3. Olivin Kumunun Tane Şekli

Olivin kumu tane şekli Resim 5.1 a, b ve c 'de görüldüğü gibi köşeli tane yapısına sahiptir.



(a)



(b)

Resim 5.1. Olivin kumunun tane şekilleri



(c)

Resim 5.1. Devamı

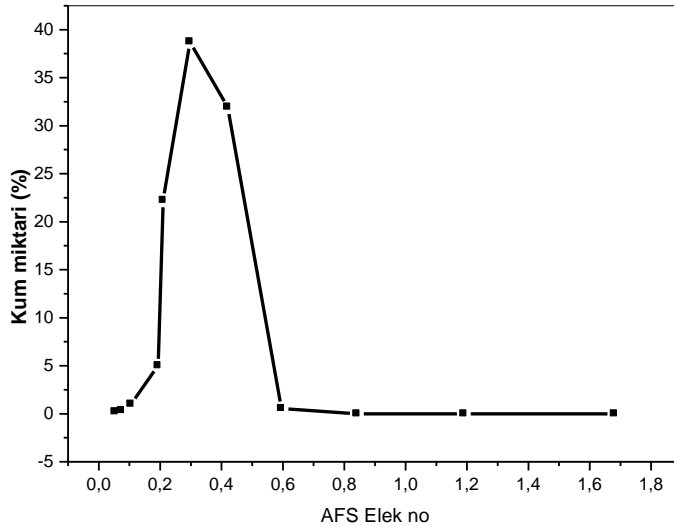
- a) Olivin tane şekli x50
- b) Olivin tane şekli x15
- c) Olivin tane şekli x10

#### 5.4. Olivin Kumunun Elek Analizi

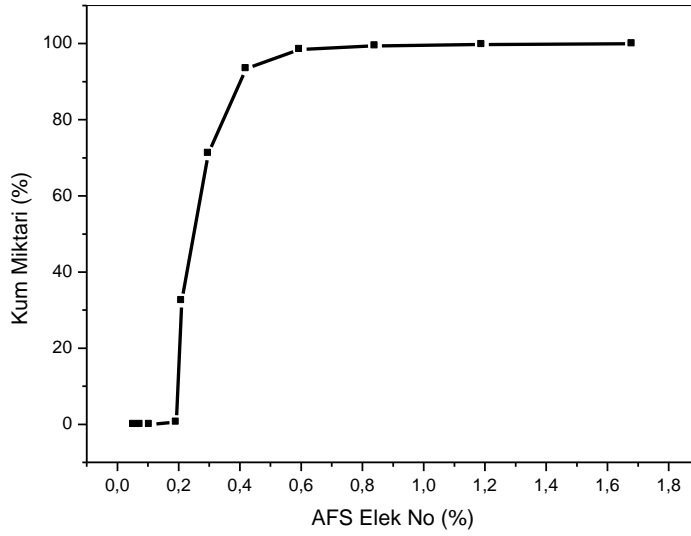
AFS standartlarına göre yapılan elek analizleri Çizelge 5.1-4'te ve AFS elek numarasına göre kum taneleri dağılımı Şekil 5.4-11'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-1

KUMUN CİNSİ					Olivin		
TANE ŞEKLİ					Köşeli		
ASİT DENEYİ							
% KİL MİKTARI							
% RUTUBET MİKTARI							
% KAYIP DENEYİ							
ELEK CİNSİ			Gr.	%	FAKTÖR		TOPLAM ÇARPIM SONUCU
AFS		DIN			AFS	DIN	
No.	mm.	mm.					
6	1,68	1,4	—	—	5	6	—
12	1,19	1	—	—	7,5	9	—
20	0,841	0,71	—	—	11,5	15	—
30	0,595	0,5	0,11	0,55	20	25	11
40	0,42	0,355	6,388	31,94	30	35	958,2
50	0,297	0,25	7,746	38,73	40	45	1549,2
70	0,21	0,18	4,446	22,23	50	60	1111,5
100	0,193	0,125	0,999	4,995	70	81	349,65
140	0,105	0,09	0,20	1,00	100	118	100
200	0,074	0,063	0,069	0,345	140	164	48,3
270	0,053	Tava	0,038	0,19	200	275	38
	Tava				300		
TOPLAM			19,996	99,98			4165,85
TANE İRİLİĞİ			41,6				
Açıklamalar: Kullanılan olivin kum iri tanelidir. Toplam çarpım sonucu için AFS çarpanı kullanılmıştır.							



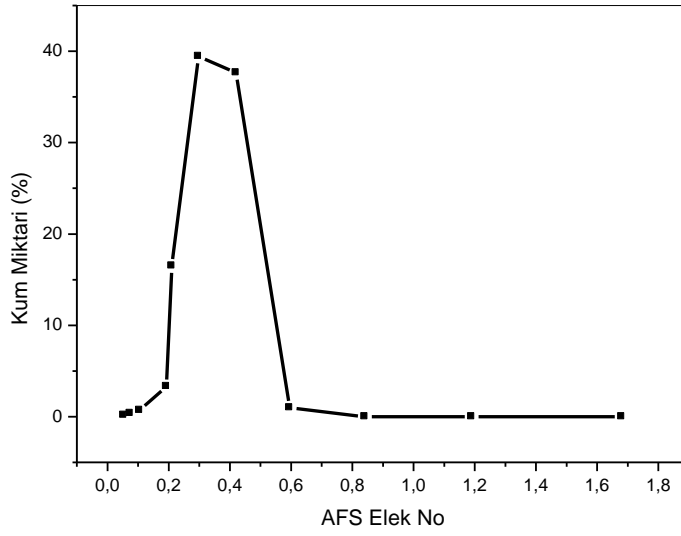
Şekil 5.4. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-1



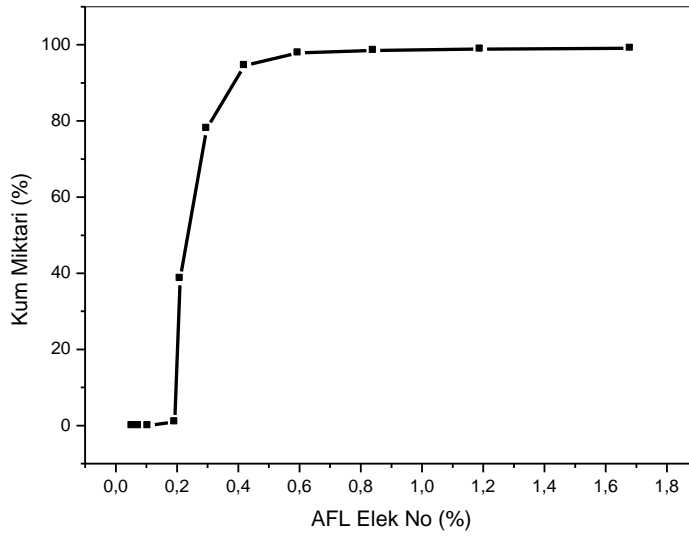
Şekil 5.5. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-1

Çizelge 5.2. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-2

KUMUN CİNSİ					Olivin		
TANE ŞEKLİ					Köşeli		
ASİT DENEYİ							
% KİL MİKTARI							
% RUTUBET MİKTARI							
% KAYIP DENEYİ							
ELEK CİNSİ				FAKTÖR		TOPLAM ÇARPIM SONUCU	
AFS		DIN					
No.	mm.	mm.	Gr.	%	AFS	DIN	
6	1,68	1,4	—	—	5	6	—
12	1,19	1	—	—	7,5	9	—
20	0,841	0,71	—	—	11,5	15	—
30	0,595	0,5	0,196	0,98	20	25	19,6
40	0,42	0,355	7,528	37,64	30	35	1129,2
50	0,297	0,25	7,887	39,435	40	45	1577,4
70	0,21	0,18	3,299	16,495	50	60	824,75
100	0,193	0,125	0,66	3,3	70	81	231
140	0,105	0,09	0,139	0,695	100	118	69,5
200	0,074	0,063	0,071	0,355	140	164	49,7
270	0,053	Tava	0,032	0,16	200	275	32
Tava					300		
TOPLAM			19,812	99,06			3933,15
TANE İRİLİĞİ			41,6				
Açıklamalar: Kullanılan olivin kum iri tanelidir. Toplam çarpım sonucu için AFS çarpanı kullanılmıştır.							



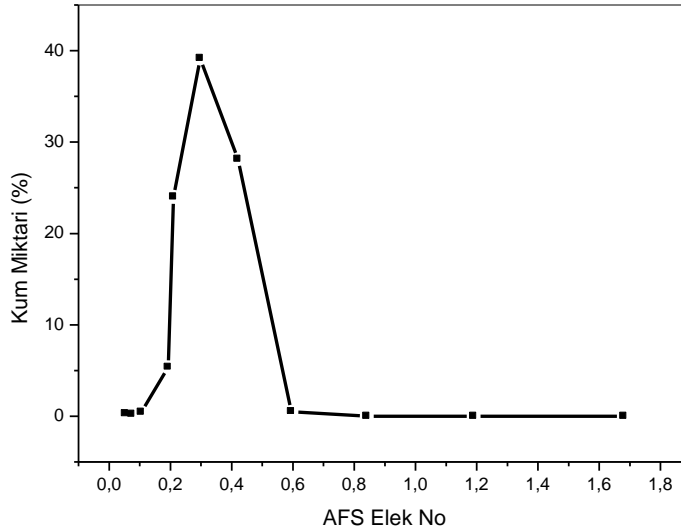
Şekil 5.6. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-2



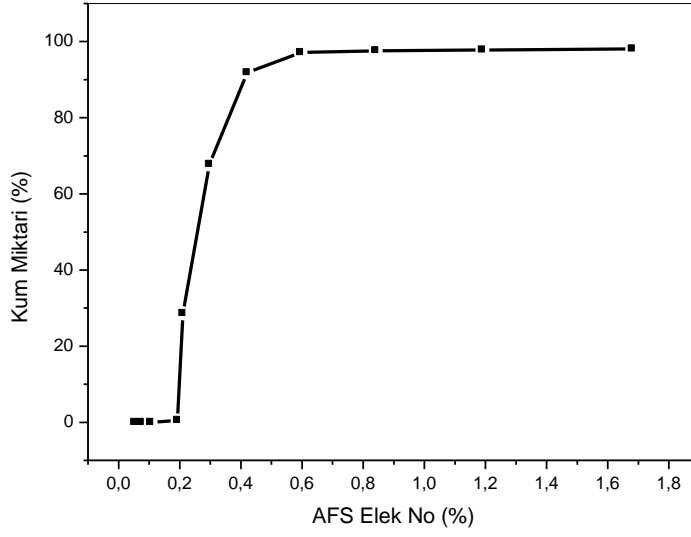
Şekil 5.7. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-2

Çizelge 5.3. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-3

KUMUN CİNSİ					Olivin		
TANE ŞEKLİ					Köşeli		
ASİT DENEYİ							
% KİL MİKTARI							
% RUTUBET MİKTARI							
% KAYIP DENEYİ							
ELEK CİNSİ			Gr.	%	FAKTÖR		TOPLAM ÇARPIM SONUCU
AFS		DİN			AFS	DİN	
No.	mm.	mm.					
6	1,68	1,4	—	—	5	6	—
12	1,19	1	—	—	7,5	9	—
20	0,841	0,71	—	—	11,5	15	—
30	0,595	0,5	0,1	0,5	20	25	10
40	0,42	0,355	5,627	28,135	30	35	844,05
50	0,297	0,25	7,83	39,15	40	45	1566
70	0,21	0,18	4,798	23,99	50	60	1199,5
100	0,193	0,125	1,071	5,355	70	81	374,85
140	0,105	0,09	0,089	0,445	100	118	44,5
200	0,074	0,063	0,045	0,225	140	164	31,5
270	0,053	Tava	0,054	0,27	200	275	54
Tava					300		
TOPLAM			19,614	98,07			4124,44
TANE İRİLİĞİ			41,2				
Açıklamalar: Kullanılan olivin kum iri tanelidir. Toplam çarpım sonucu için AFS çarpanı kullanılmıştır.							



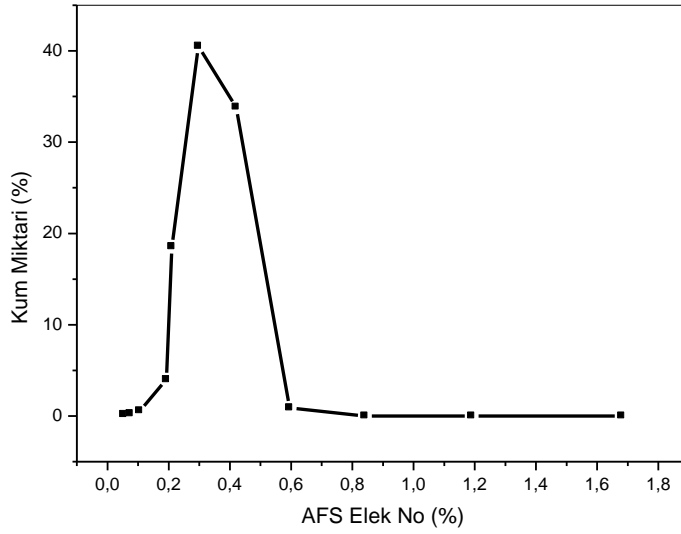
Şekil 5.8. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-3



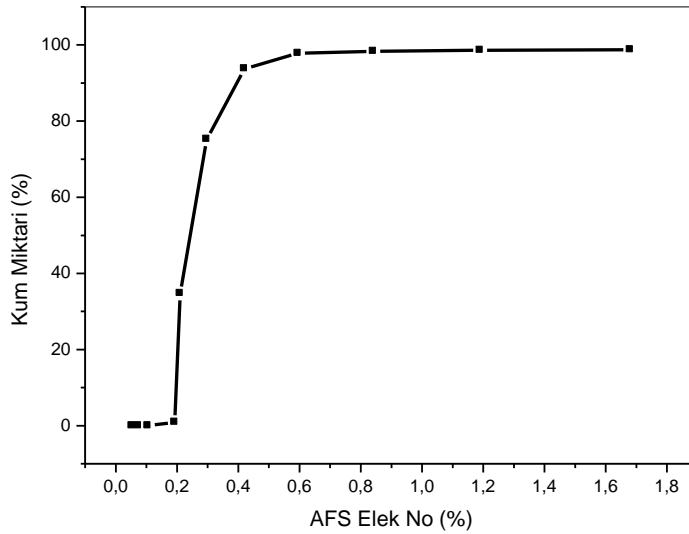
Şekil 5.9. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-3

Çizelge 5.4. Olivin kumunun elek analiz çizelgesi-4

KUMUN CİNSİ					Olivin		
TANE ŞEKLİ					Köşeli		
ASİT DENEYİ							
% KİL MİKTARI							
% RUTUBET MİKTARI							
% KAYIP DENEYİ							
ELEK CİNSİ					FAKTÖR		TOPLAM ÇARPIM SONUCU
AFS		DIN		Gr.	%	AFS	
No.	mm.	mm.					
6	1,68	1,4	—	—	5	6	—
12	1,19	1	—	—	7,5	9	—
20	0,841	0,71	—	—	11,5	15	—
30	0,595	0,5	0,18	0,9	20	25	18
40	0,42	0,355	6,766	33,83	30	35	1014,9
50	0,297	0,25	8,101	40,505	40	45	1620,2
70	0,21	0,18	3,712	18,56	50	60	928
100	0,193	0,125	0,797	3,985	70	81	278,95
140	0,105	0,09	0,109	0,545	100	118	54,5
200	0,074	0,063	0,051	0,255	140	164	35,7
270	0,053	Tava	0,035	0,175	200	275	35
	Tava				300		
TOPLAM			19,841	98,755			3985,25
TANE İRİLİĞİ			39,8				
Açıklamalar: Kullanılan olivin kum iri tanelidir. Toplam çarpım sonucu için AFS çarpanı kullanılmıştır.							



Şekil 5.10. AFS elek no'suna göre kum taneleri dağılımı-4



Şekil 5.11. AFS elek no'suna göre kum taneleri kümülatif dağılımı-4

Yapılan elek analizi sonucunda elde edilen elek analiz çizelgeleri, AFS elek numarasına göre kum taneleri dağılım grafiği ve kum taneleri kümülatif dağılım grafikleri Şekil 5.4-11'de verilmiştir. Çizelge 5.1'e göre, kumun %31.94'ü 40 (AFS) numaralı elekte, %38.73'ü 50 (AFS) numaralı elekte ve %22.23'ü 70 (AFS) numaralı elekte kalmıştır. Bu nedenle kum 3 elek

dağılımlıdır ve kumun hacim kısmı %92.90'dır. Diğer bir ifade ile kumun %92.90'ı 0.21 mm ile 0.42 mm (AFS) arasında gözenek ölçülerine sahip eleklerde mevcuttur. Kumun 3 elek dağılımında olması birçok döküm hatasının elimine edilmesini sağlayabilecektir. Ancak 4 elek dağılımı idealdir. Kumun kalın kısmı %0.550 ve ince kısmı %6.530'dır. Kumun ince kısmı istenilen değerler arasındadır.

Olivin kumunun tane iriliğinin yaklaşık olarak 41 AFS tane incelik numarasına sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5.1-4). Bu nedenle deneysel çalışmada kullanılan olivin kumunun çelik dökümlerde kullanılması uygundur. AFS standartlarında çelik dökümler için kullanılan kumların tane iriliği 40-50 AFS tane incelik numarası arasında olması gerektiği hakkındaki bilgiler literatür kısmında verilmiştir.

### **5.5. Olivin Kumunda Kullanılan Bentonitin Özelliği**

Olivin kumu bazik özellikte olduğu için kullanılan benonitin de bazik özellikte olması gerekmektedir. Aksi takdirde olivin kumu ile kullanılan bentonit reaksiyona girer ve birçok döküm hatasına neden olur. Bölüm 3'te olivin kumunun bazik özelliğe sahip bir kum çeşidi olduğundan bahsedilmiştir.

Deneyde kullanılan sodyum bentonitin süspansiyon deneyi sonucunda sodyum bentonitin yaklaşık 25 kat kadar şiştiği görülmektedir. Yapılan bu deney neticesinde kullanılan kilin sodyum bentoniti olduğu anlaşılmıştır. Sodyum bentonitinin özelliğini belirlemek için hazırlanan süspansiyona kırmızı turoso kağıdı daldırıldı ve bu daldırma neticesinde turoso kağıdının kırmızı renk aldığı görüldü. Yapılan bu deney sonucunda sodyum bentonitin bazik özelliğe sahip olduğu görüldü.

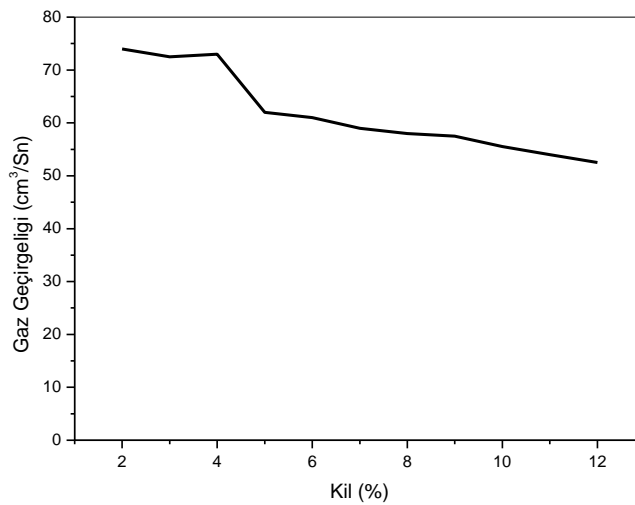
## 5.6. Olivin Kumunun Fiziksel Özellikleri

### 5.6.1. Olivin kumunun gaz geçirgenliği

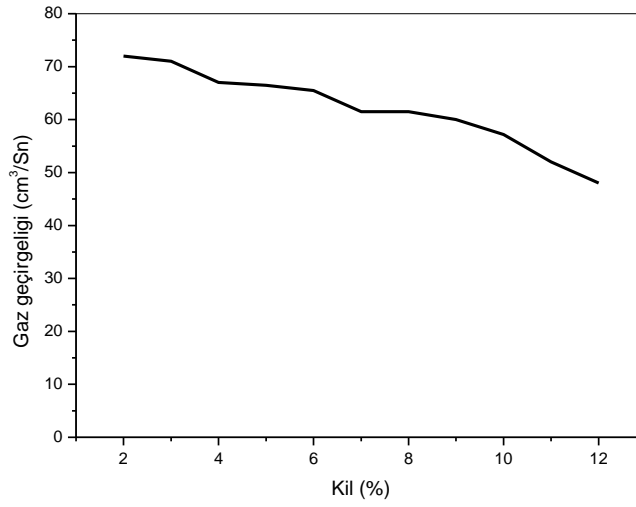
Olivin kumuna farklı oranlarda sodyum bentoniti ve su ilaveleri yapılarak (Çizelge 4.1) hazırlanan karışımların gaz geçirgenliği % sodyum bentoniti ve % suya bağlı olarak Çizelge 5.5 ve Şekil 5.12-16'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. % sodyum bentoniti ve % suya bağlı olarak gaz geçirgenlik değerleri

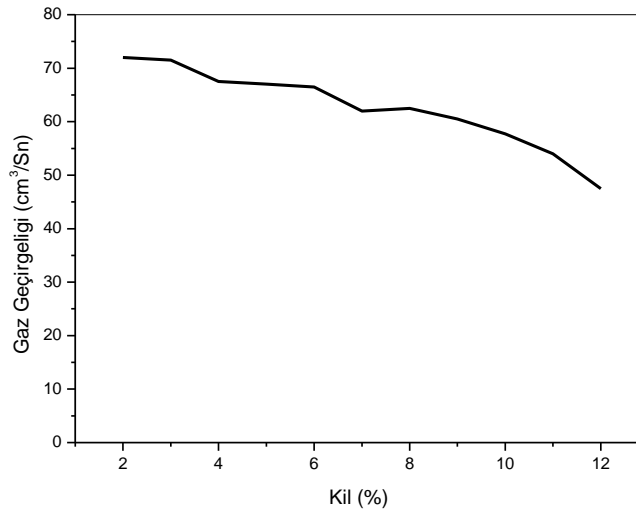
% Kil	%4 Su	%5 Su	% 6 Su	%7 Su
2	74	72	72	75,5
3	72,5	71	71,5	73,5
4	73	67	67,5	71,5
5	62	66,5	67	68,5
6	61	65,5	66,5	67,5
7	59	61,5	62	63,5
8	58	61,5	62,5	63
9	57,5	60	60,5	61
10	55,5	57,2	57,7	58
11	54	52	54	56
12	52,5	48	47,5	54



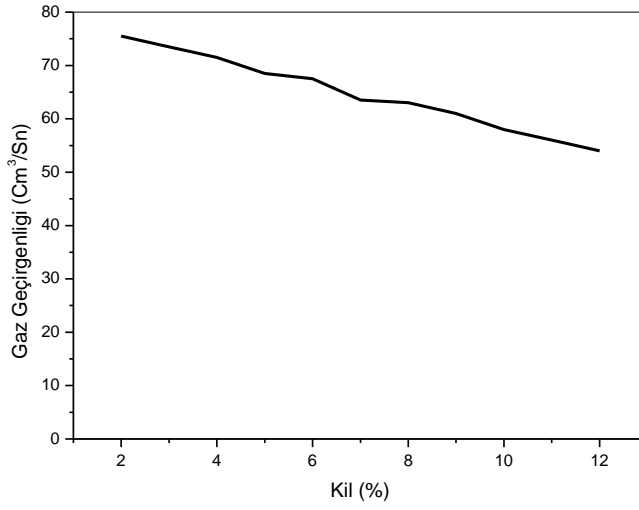
Şekil 5.12. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenlik değişimi



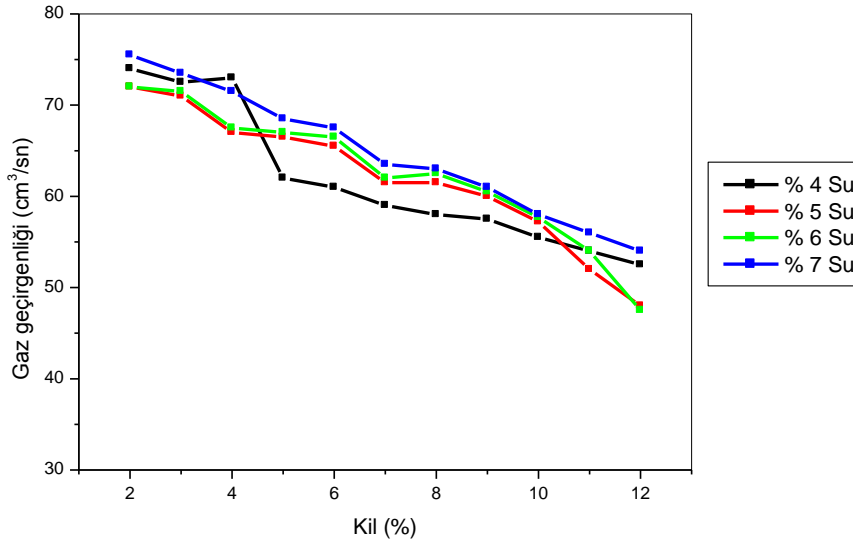
Şekil 5.13. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenlik değişimi



Şekil 5.14. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenlik değişimi



Şekil 5.15. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı gaz geçirgenlik değişimi



Şekil 5.16. Farklı oranlarda kullanılan % bentonit ve % suyun gaz geçirgenliğine etkisi

Olivin kumunun gaz geçirgenlik değerinde % su ve % sodyum bentoniti oranının artmasıyla beraber genel olarak azalma olduğu görülmektedir. Gaz geçirgenlikte artan sodyum bentoniti ve su miktarına bağlı olarak azalma taneler arası boşlukların suyu absorbe etmiş sodyum bentoniti ile

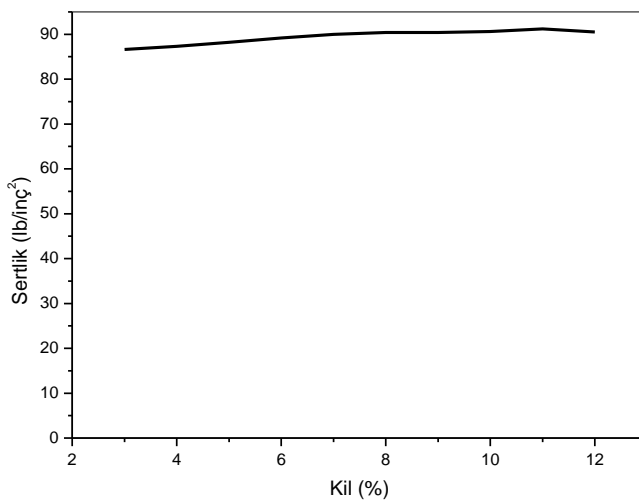
doldurulmasıyla açıklanabilir. Olivin kumunun %6 sodyum bentoniti ve %5 su ilavesi ile yeterli gaz geçirgenlik özelliğine sahip olacağı düşünülmektedir.

### 5.6.2. Olivin kumunun sertliği

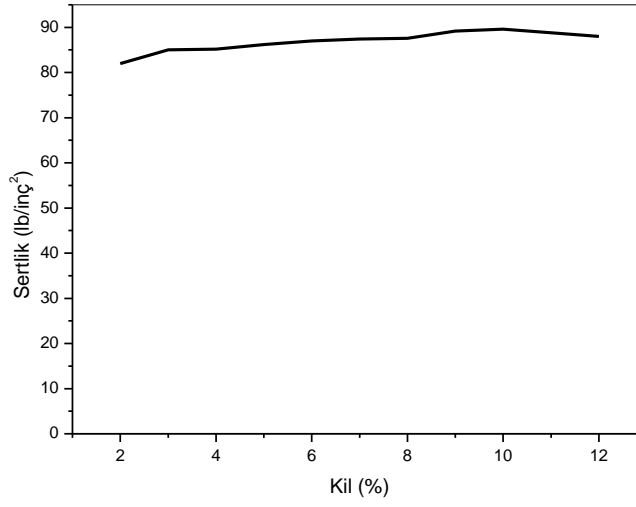
Olivin kumuna farklı oranlarda bentonit ve su ilavesi yapılarak elde edilen karışımların sertliği % bentonit ve % suya bağlı olarak Çizelge 5.6'da ve Şekil 5.17-23'te verilmiştir.

Çizelge 5.6. % bentonite ve % suya bağlı olarak sertlik değerleri

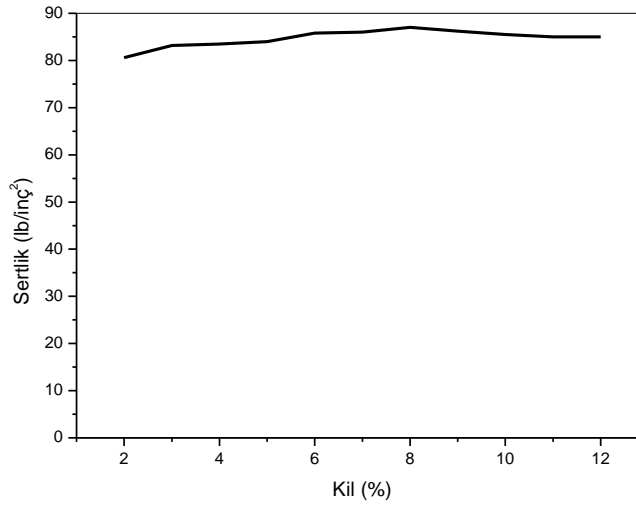
% Kil	%2 Su	%3 Su	% 4 Su	%5 Su	%6 Su	%7 Su
2		82	80,6	79	76	74
3	86,6	85	83,2	81	80,6	77
4	87,3	85,2	83,5	82	81,2	79
5	88,2	86,2	84	82,6	81,4	82
6	89,2	87	85,8	84,2	83,6	83
7	90	87,4	86	85	83,8	84
8	90,4	87,6	87	86	84	85
9	90,4	89,2	86,2	84,8	83,6	84
10	90,6	89,6	85,5	85	85,4	84
11	91,2	88,8	85	84	83	83,7
12	90,5	88	85	83,2	82,8	82



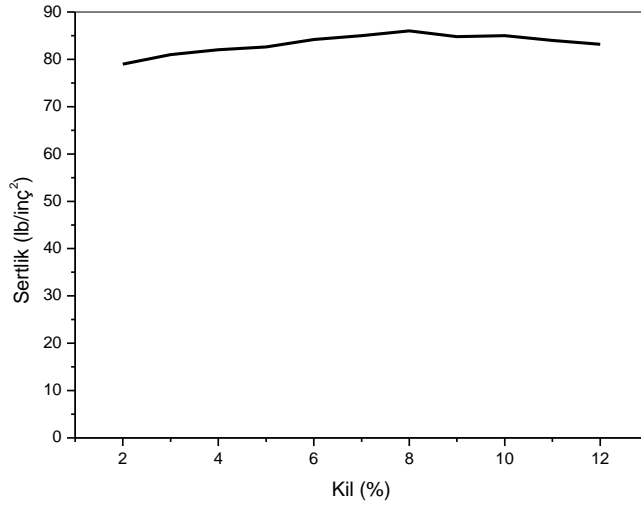
Şekil 5.17. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



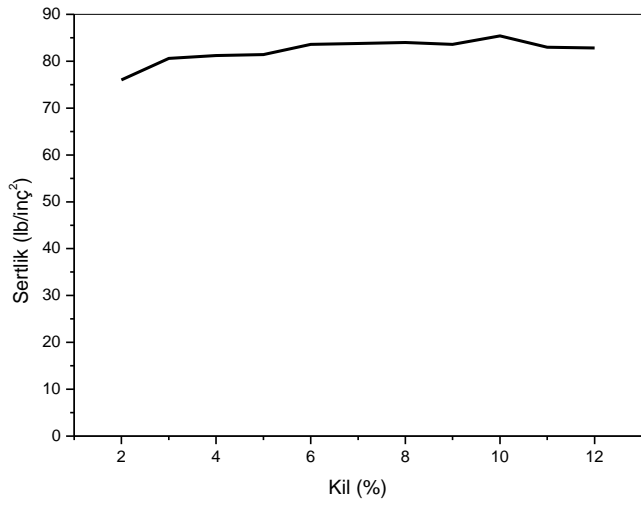
Şekil 5.18. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



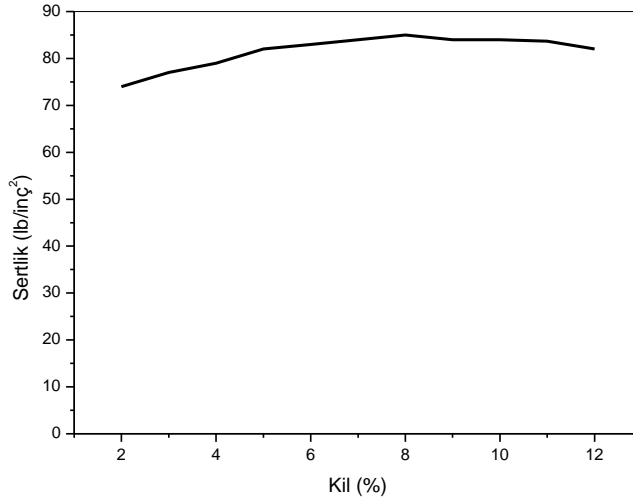
Şekil 5.19. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



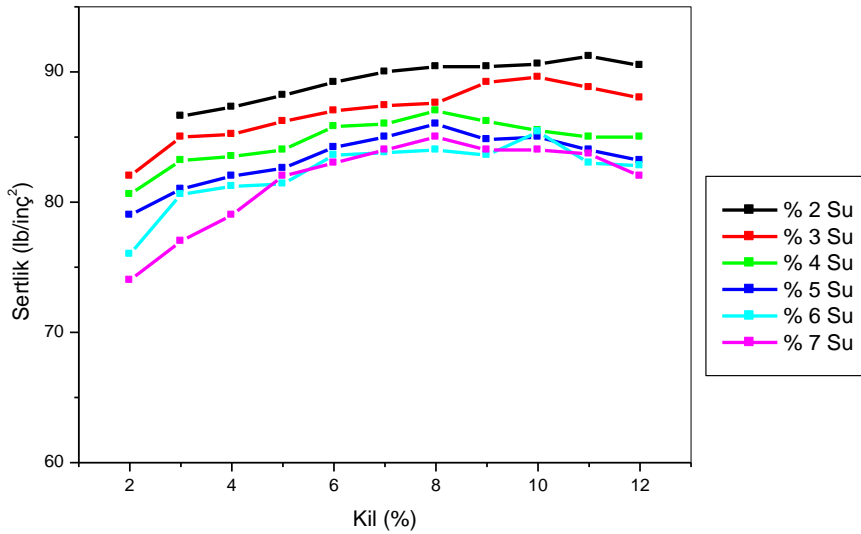
Şekil 5.20. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



Şekil 5.21. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



Şekil 5.22. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı sertlik değişimi



Şekil 5.23. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun sertliğe etkisi

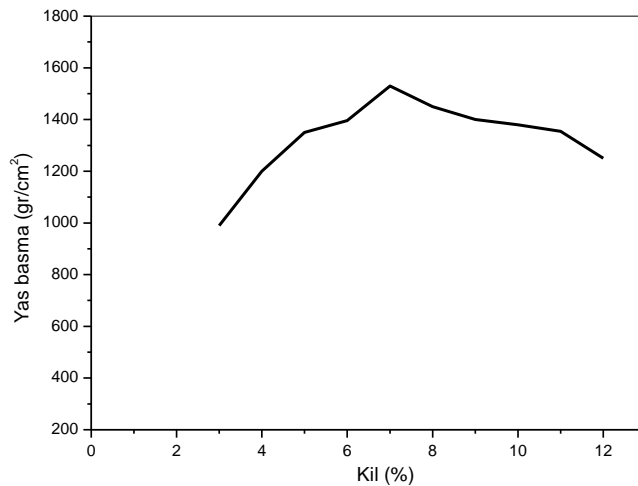
Olivin kumunun, % su ve % bentonit oranlarının artmasıyla beraber sertliği genel olarak yaklaşık %7 bentonite oranına kadar artmış ve daha yüksek bentonite oranlarında artan su miktarı ile önemli derecede değişmemiştir. Olivin kumunun en yüksek sertlik değeri olan 91 Lb/inç<sup>2</sup> %11 bentonite ve %2 su ilavelerinde elde edilmiştir. Ancak %6 bentonite, %5 su ve %89 olivin kum karışımı optimum sertlik değerini (84 Lb/inç<sup>2</sup>) üretmiştir.

### 5.6.3. Olivin kumunun yaş basma dayanımı

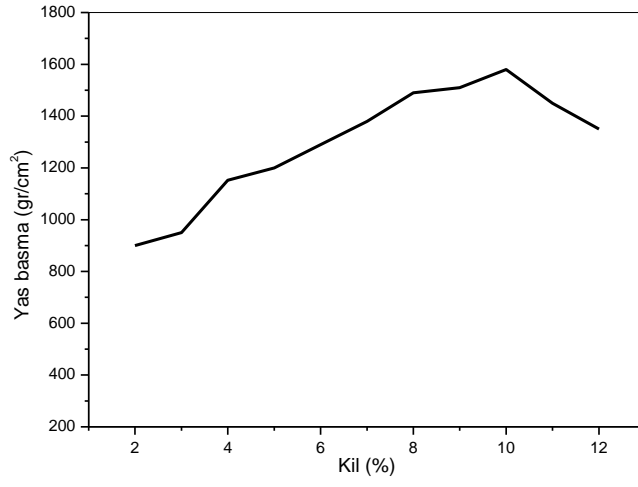
Olivin kumuna değişik oranlarda kil ve su ilavesi yapılarak elde edilen karışımların % bentonit ve % su oranlarına bağlı olarak yaş basma dayanım değerleri Çizelge 5.7'de verilmiş ve Şekil 5.24-30'da grafiksel olarak açıklanmıştır.

Çizelge 5.7. % bentonit ve % suya bağlı olarak yaş basma dayanımı değerleri

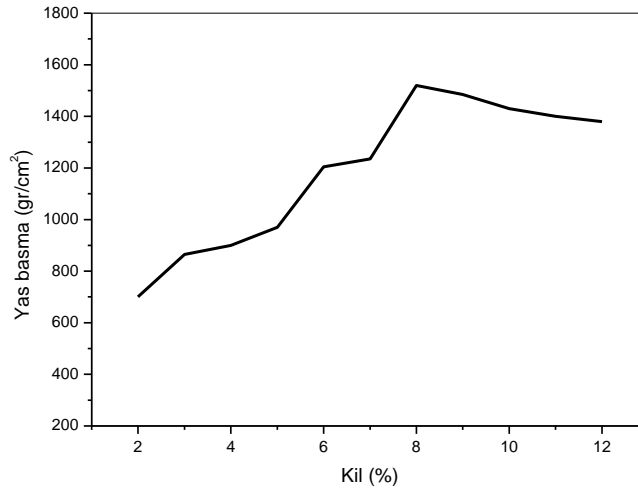
% Kil	%2 Su	%3 Su	%4 Su	%5 Su	%6 Su	%7 Su
2		900	700	560	480	440
3	990	950	865	800	760	750
4	1200	1152	900	880	850	900
5	1350	1200	970	980	950	1090
6	1396	1290	1204	1140	1060	1100
7	1530	1380	1235	1070	1150	1390
8	1450	1490	1520	1050	1340	1430
9	1400	1510	1485	1100	1360	1300
10	1380	1580	1430	1050	1496	1320
11	1354	1450	1400	970	1400	1250
12	1250	1350	1380	900	1350	1200



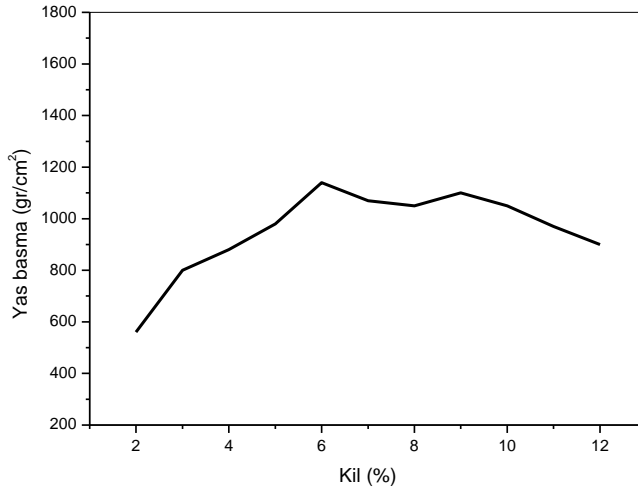
Şekil 5.24. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



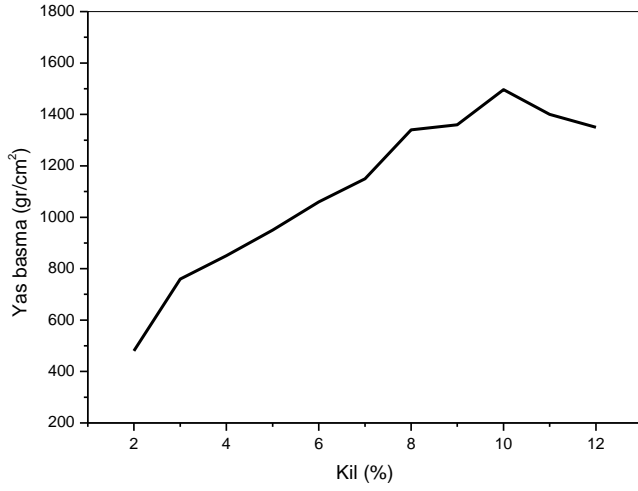
Şekil 5.25. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



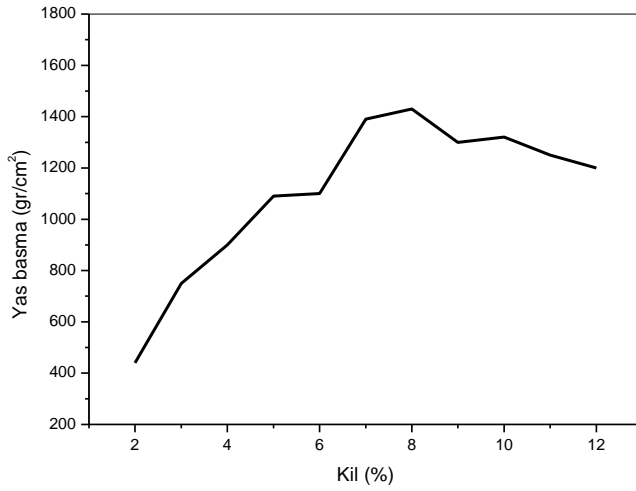
Şekil 5.26. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



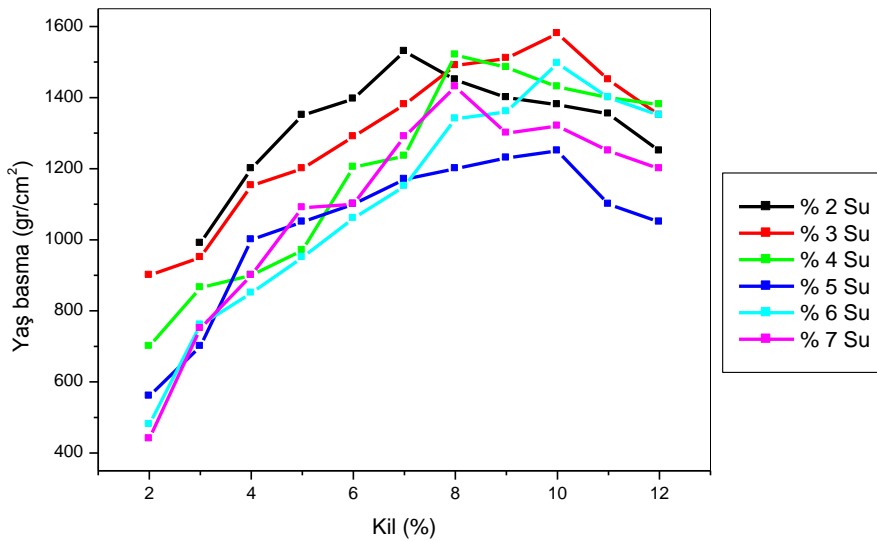
Şekil 5.27. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



Şekil 5.28. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



Şekil 5.29. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı yaş basma dayanımı değişimi



Şekil 5.30. Farklı oranlarda kullanılan bentonit ve suyun yaş basmaya dayanımına etkisi

Olivin kumunun yaş basma dayanımı genel olarak %7 ile %10 bentonit ve %3 su oranları aralığında maksimum seviyeye (1580 gr/cm<sup>2</sup>) ulaşmıştır. Daha sonra bentonit oranı artmasına rağmen yaş basma dayanımı değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir. Hazırlanan karışımların gaz geçirgenlik ve sertlik değerleri de dikkate alındığında optimum yaş basma

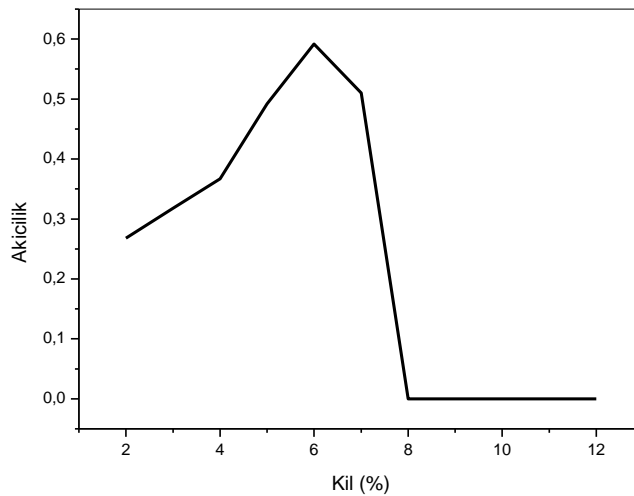
değerinin (1140 gr/cm<sup>2</sup>) %6 bentonit ve %5 su oranlarında elde edilebileceği tespit edilmiştir.

#### 5.6.4. Olivin kumunun akıcılığı

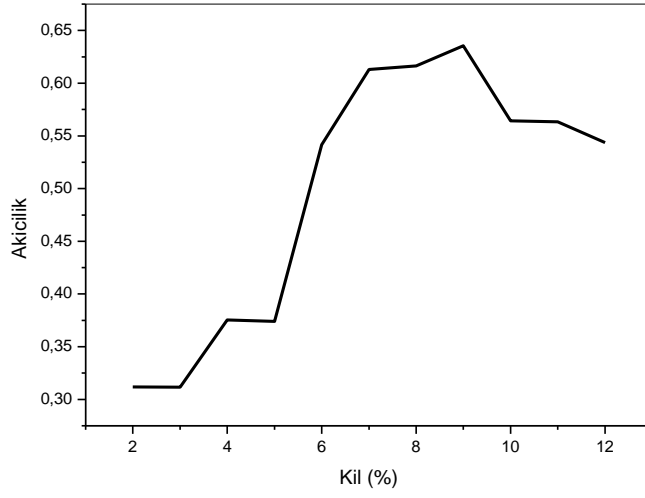
Olivin kumuna farklı oranlarda bentonit ve su ilavesi yapılarak elde edilen olivin kum, bentonit ve su karışımların akıcılık değerleri Çizelge 5.8'de ve % bentonit ve % suya bağlı olarak akıcılık değerlerinin değişimi grafiksel olarak Şekil 5.31, Şekil 5.32-37'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. % bentonit ve % suya bağlı olarak akıcılık değerleri

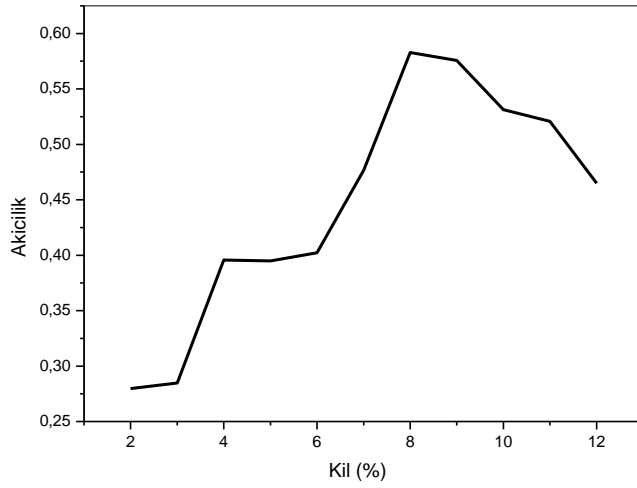
% Kil	%2 Su	%3 Su	% 4 Su	%5 Su	%6 Su	%7 Su
2	0,268	0,3118	0,2796	0,353	0,356	0,321
3	0,318	0,3116	0,2848	0,3506	0,3316	0,334
4	0,367	0,3754	0,3956	0,367	0,368	0,36
5	0,492	0,374	0,3948	0,385	0,4382	0,432
6	0,592	0,5416	0,4022	0,4022	0,4422	0,447
7	0,51	0,613	0,4768	0,523	0,5688	0,465
8	0	0,6164	0,5828	0,4668	0,6776	0,64
9	0	0,6354	0,5758	0,4358	0,5138	0,529
10	0	0,5643	0,5314	0,3844	0,4188	0,462
11	0	0,5634	0,5208	0,3918	0,43	0,463
12	0	0,5436	0,465	0,3834	0,4424	0,462



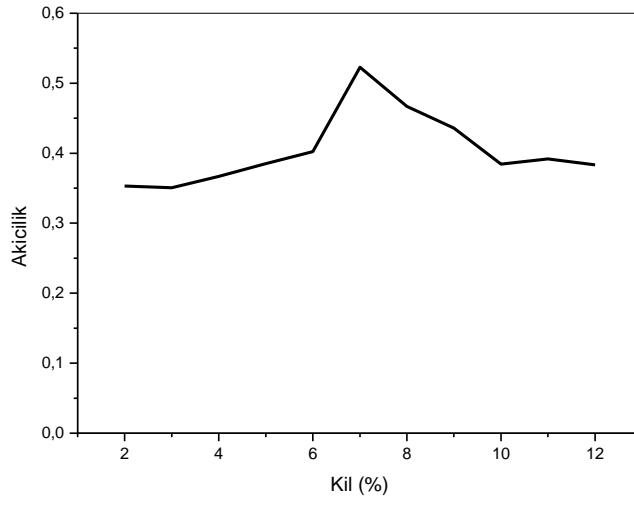
Şekil 5.31. %2 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



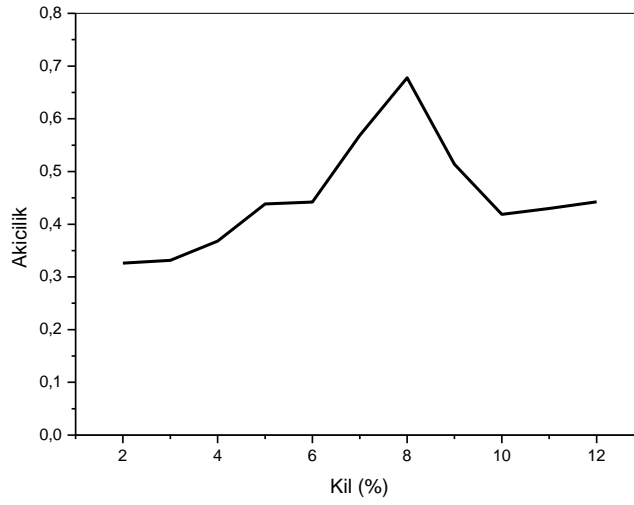
Şekil 5.32. %3 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



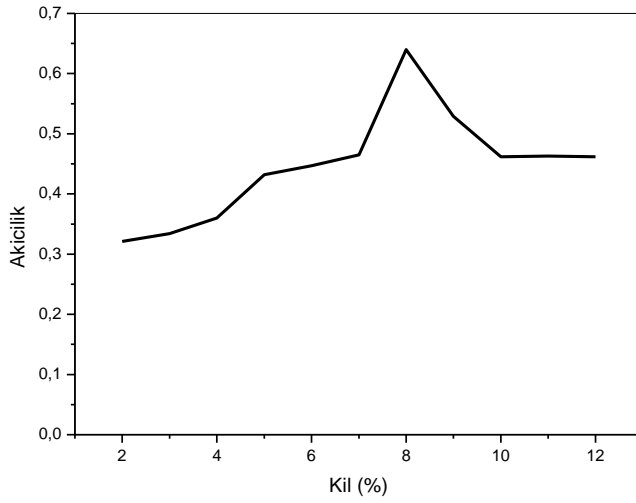
Şekil 5.33. %4 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



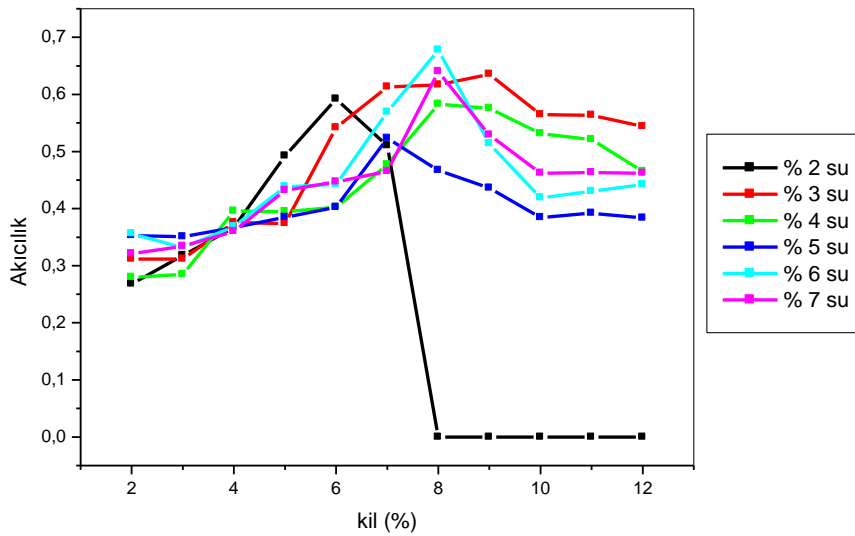
Şekil 5.34. %5 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



Şekil 5.35. %6 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



Şekil 5.36. %7 oranında su kullanılarak % bentonite bağlı akıcılık değişimi



Şekil 5.37. Farklı oranlarda kullanılan bentonite ve suyun akıcılığa etkisi

Olavin kumunun akıcılık değeri %7 bentonit oranının üzerinde %2 su oranı ile birlikte sıfır olmuştur. Genel olarak %3 ile %7 su oranları %8 bentonit ilavesine kadar akıcılığı artırmış ancak daha yüksek bentonit oranları akıcılığı düşürmüştür. Akıcılık değerinin, % bentonitin artmasıyla %2 su oranı dışındaki su oranlarında optimum seviyeye ulaştıktan sonra düştüğü görülmektedir. %2 su ile akıcılığın sıfır olmasının nedeni de kullanılan

sodyum bentonitinin bağlayıcılık özelliğini kazanacak kadar su olmaması olarak açıklanabilir.

Değişik oranlarda hazırlanan olivin kumunun gaz geçirgenlik, sertlik, yaş basma ve akıcılık özellik değerleri, yapılan literatür taramasında olivin kalıp kumarının özellikleri ile ilgili her hangi bir çalışmaya rastlanılmadığından karşılaştırılmamıştır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Deneysel çalışmalarda kullanılan olivin kumu için elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Olivin kumu 3 elek dağılımlıdır.
2. Olivin kumu 41 AFS tane incelik numarası ile çelik dökümler için uygundur.
3. Olivin kumu köşeli tane yapısına sahiptir
4. Olivin kumunun yoğunluğu  $3,1744 \text{ gr/cm}^3$  'tür
5. Olivin kumu gaz geçirgenlik, sertlik, yaş basma dayanım ve akıcılık özellikleri bakımından optimum %6 bentonit ve %5 su oranlarına sahip olmalıdır.
6. Olivin kumu %6 bentonit ve %5 su ilavesi ile 65,5 gaz geçirgenlik değerine sahiptir.
7. Olivin kumu %6 bentonit ve %5 su ilavesi ile  $84 \text{ Lb/inç}^2$  sertlik değerini üretmiştir.
8. Olivin kumu %6 bentonit ve %5 su ilavesi ile  $1140 \text{ gr/cm}^2$  yaş basma değerini vermiştir.
9. %6 bentonite ve %5 su oranlarına sahip olivin kumu 0,40 akıcılık değerine sahiptir.

### 6.2. Öneriler

Deneysel çalışmalar sonucu olivin kumunun özellikleri araştırılmış olup elde edilen sonuçlara göre öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Olivin kumu deneysel çalışmada tespit edilen optimum bentonit ve su oranlarında çelik döküm için kullanılmasının döküm kalitesine etkisinin araştırılmasında fayda olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Aran, A., "Metal Döküm Teknolojisi.", **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 56-62 (1999).
2. Çavuşoğlu, E. N., "Döküm Teknolojisi 1.", **İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi**, İstanbul, 14-24 (1992).
3. Stefanescu, D.M. (Volume Chairman) , "Metals Handbook, Vol 15 2<sup>nd</sup> ed.", Edited by, Davis, J. R., **ASM Handbook Committee**, United States of America, 209-213, 220-230 (1992).
4. Altundal, M., "Kromitin çelik dökümlerde kalıp kumu olarak kullanılması", Yüksek lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 4-14, 84-85 (1988).
5. internet : İstanbul Teknik Üniversitesi "Doç. Dr. Ergin N. Çavuşoğlu Döküm Teknolojisi"  
<http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji/duy/dt01.pdf>. (2007).
6. Kamacı, M., "Çankırı, Eskişehir ve Çanakkale yöresi bentonitlerinin değişen su miktarlarında döküm kumunun fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi", Yüksek lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 39-41, (1990).
7. Avcı, A. U., "Dökümde Kum Kalıp Malzemeleri", **Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi- Makine mühendisliği Bölümü**, İstanbul, 2-5 (1992).
8. Heine, R.W., Loper, C.R., Rosthenal, P., "Principles of Metal Casting", **Tata Mc Graw-Hill Publishing**, New Delhi, India, 84-150 (1990).
9. Cobett, T., "The ABC's of Green Sand", **Foundry Management & Technology**, 130 (4): 24-30 (2002).
10. internet: TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası "Çeviren: Şefkat Koç Yaş Kum Katkıları"  
[http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi146/d146\\_1315.pdf](http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi146/d146_1315.pdf) (2008)
11. Devlet Planlama Teşkilatı, "Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri II (Refrakter Killer ve Şiferton-Manyezit-Dolomit-Olivin-Zirkondisten, Sillimanit, Andaluzit) Çalışma Grubu Raporu" **DPT: 2612-ÖİK: 623**, Ankara, 69-84 (2001).

12. Devlet Planlama Teşkilatı, "Madencilik Özel İhtisas komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu (Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri) Çalışma Grubu Raporu Cilt 2 Refrakter Killer ve Şiferton Magnezit Disten, Andaluzit, Sillimanit, Dolomit, Olivin", **DPT: 2418-ÖİK: 477**, Ankara, 173-188 (1995).
13. Acar, B., "Olivinin sanayiye yönelik kullanım özelliklerinin tespiti: Çayırbağı (Konya) ve Kızıldağ (Akseki) olivinleri", yüksek lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 1-7,20-24 (2003).

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KANARYA, Alim  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 10.12.1981 Malazgirt  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (505) 407 06 40  
Faks :  
e-mail : [kanaryaalim@gmail.com](mailto:kanaryaalim@gmail.com)

### Eğitim Derece

### Eğitim Birimi

### Mezuniyet tarihi

Lisans	Gazi Üniversitesi/ Döküm öğrt.	2005
Lise	Bitlis Endüstri Meslek Lisesi	1997

### İş Deneyimi

### Yıl

### Yer

### Görev

KYS Kürkçüoğlu Döküm	Konya	Kalite kontrol
-------------------------	-------	----------------

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

### Hobiler

Kitap okuma, Bilgisayar teknolojileri, Spor