

FARKLI BENTONİTLERİN FİZİKSEL VE DÖKÜM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

TURAN KILINÇ

DOKTORA TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2010

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI BENTONİTLERİN FİZİKSEL VE DÖKÜM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

TURAN KILINÇ

DOKTORA TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. YAKUP CEBECİ

YARDIMCI TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MEHMET SABRİ ÇELİK

SİVAS
2010

Bu alışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Prof. Dr. nal AKDEMİR

ye Doç.Dr. Hasan H. DURMAZUAR

ye Doç. Dr. Salih AYDOğAN

ye Doç. Dr. Nevzat ASLAN

ye (Danışman) Prof. Dr. Yakup CEBECİ

ONAY

Bu tez çalışması, 14.10.2010 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri yeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 007 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET

FARKLI BENTONİTLERİN FİZİKSEL VE DÖKÜM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Turan KILINÇ

Doktora Tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Yardımcı Danışman: Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK

2010, 142 sayfa

Bu çalışmada, Çankırı yöresine ait Kalecik ve Çanbensan Gri bentonit örneklerinin fiziksel özellikleri ile döküm özellikleri araştırılmıştır. Bentonit örneklerinin endüstriyel özelliklerinin, zenginleştirme ve aktivasyon yoluyla iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmalarda farklı yörelere ait ham bentonit örneklerinin fiziksel ve döküm özellikleri de belirlenmiştir. Kalecik ve Çanbensan Gri bentonit örnekleri hidrosiklon yardımıyla zenginleştirilmiş, elde edilen konsantreler üzerinde fiziksel özelliklerinin ve döküm özelliklerini araştırmak üzere detaylı testler uygulanmıştır. Ayrıca Kalecik ve Çanbensan Gri bentonit örnekleri Na_2CO_3 ve MgO ile çeşitli katkı oranlarında aktive edilmiştir. Aktive edilmiş örnekler üzerinde de döküm ve fiziksel özellikleri ortaya koyan detaylı çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen fiziksel ve döküm özelliklerini belirleyen testlerin sonuçlarından faydalanarak, zenginleştirmenin ve aktivasyonun etkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

Ara tip bentonitlerin kullanıldığı döküm testlerinde diğer tiplere göre daha yüksek performans elde edilmiştir. Zenginleştirmenin etkisi hem Kalecik hem de Çanbensan Gri bentonit örneği için döküm özelliklerinin iyileşmesi yönünde olmuştur. Aktivasyonun etkisi ise genellikle düşük katkı oranlarında, döküm testlerinin değerlerini iyileştirme, yüksek katkı oranlarında ise azaltma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bentonit, döküm, aktivasyon, zenginleştirme

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND FOUNDRY PROPERTIES OF DIFFERENT BENTONITES

Turan KILINÇ

Ph.D., Thesis, Department of Mining Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Yakup CEBECİ

Co-Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK

2010, 142 pages

In this thesis, physical and foundry properties of Kalecik and Çanbensan Gri bentonites from Çankırı district were investigated. The aim was to improve the industrial properties of these samples by concentration and activation processes.

Physical and foundry properties of raw bentonite samples from different regions were also determined. Kalecik and Çanbensan Gri bentonites were upgraded by hydrocyclone followed by determining the detailed physical and foundry properties of the concentrates. In addition, the samples were activated by different concentrations of Na_2CO_3 and MgO . Detailed studies were also performed on activated samples to determine their foundry and physical properties. As a result, concentration and activation processes were discussed on the basis of the tests conducted on determining physical and foundry properties

Foundry tests exhibited better performance with mixed type bentonites compared to the other types. Upgrading improved the foundry properties of both Kalecik and Çanbensan Gri. Activation was found to increase the foundry tests results at low concentrations whereas it decreased it at higher concentrations.

Key Words: Bentonite, foundry, activation, concentration

TEŞEKKÜR

Daniőmanım Prof. Dr. Yakup CEBECİ tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim. Ayrıca çalıőmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen yardımcı tez daniőmanım Prof. Dr. Mehmet Sabri ÇELİK'e teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde yer alan ve katkıda bulunan Prof. Dr. Ünal AKDEMİR'e ve Doç. Dr. Hasan H. DURMAZUAR'a teşekkür ederim. İ.T.Ü Cevher Hazırlama Mühendisliği, yüzey kimyası çalıőanlarına; katkılarıyla yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Feridun BOYLU'ya; su analizlerinde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Tülay EKEMEN İNAN' a; likit limit değerlerinin belirlenmesinde katkısı olan Dr. Dursun ERİK' e teşekkür ederim.

İstanbul'daki çalıőmalarım sırasında evinin kapılarını açan ve her konuda destek olan sevgili arkadaşlarım Demir ŐEKER ve Derya ŐEKER' e teşekkür ederim. Çalıőmalarım sırasında her konuda yardımcı olan eőim Őenay KILINÇ' a ve çocuklarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1 GİRİŞ.....	1
2 GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Bentonitin Oluşumu.....	3
2.2 Bentonitin Minerolojisi, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	3
2.3 Kullanım Alanları.....	6
2.3.1 Döküm Sektörü.....	6
2.3.2 Sondaj Sektörü.....	7
2.3.3 Peletleme.....	8
2.3.4 Gıda Sektörü.....	8
2.3.5 Kedi Kumu.....	9
2.3.6. Diğer Kullanım Alanları.....	9
2.4 Bentonitin Zenginleştirilmesi ve Aktivasyonu.....	9
2.4.1 Alkali Aktivasyon.....	10
2.4.2 Asitle Aktivasyon.....	12
2.4.3 Karboksi Metil Selüloz (CMC) ile Aktivasyon.....	13
2.4.4 Organik Aktivasyon.....	13
2.4.5 Yüzey Aktif Maddeler ve Diğer Bileşiklerle Aktivasyon.....	14
2.5 Dünyada ve Türkiyede Bentonit Üretimi.....	14
3 MALZEME VE YÖNTEM.....	17
3.1 Malzeme.....	17
3.2 Mineralojik ve Kimyasal Analiz.....	17
3.3 Tane İriliği Dağılımının Belirlenmesi.....	18
3.4 Hidrosiklonla Zenginleştirme Çalışmaları.....	19
3.5 Aktivasyon Çalışmaları.....	23
3.6 Fiziksel Testler.....	25
3.6.1 Şişme Testi.....	25
3.6.2 Katyon Değişirme Kapasitesi (KDK).....	25
3.6.3 Viskozite Testi.....	26
3.6.4 Filtrasyon Kaybı Testi.....	26
3.6.5 Kedi Kumu Testi.....	27
3.6.6 Su Emme Testi.....	27
3.6.7 Yağ Emme Testi.....	28
3.6.8 Likit Limit Testi.....	28
3.7 Döküm Testleri.....	28
3.7.1 Yaş Basma Mukavemeti Testi.....	30
3.7.2 Kuru Basma Mukavemeti Testi.....	31
3.7.2Yaş Ezme Mukavemeti Testi.....	31
3.7.3 Yaş Kesme Mukavemeti Testi.....	32
3.7.4 Yaş Çekme Mukavemeti Testi.....	32

3.7.5 Gaz Geçirgenliği Testi.....	33
4 BULGULAR.....	34
4.1 Ham Bentonit Örnekleri ile Yapılan Testler	34
4.1.1 Ham Bentonit Örneklerinin İle Yapılan Fiziksel Testler	34
4.1.2 Ham Bentonit Örnekleri İle Yapılan Döküm Testleri.....	40
4.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örnekleri ile Yapılan Fiziksel Testler	43
4.2.1 Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Testler.....	44
4.2.1.1 Zenginleştirilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	44
4.2.1.2 Zenginleştirilmiş Kalecik Bentonit Örneği İleYapılan Döküm Testleri.....	44
4.2.2 Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Testler	50
4.2.2.1 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	50
4.2.2.2 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri	51
4.3 Aktive Edilmiş Bentonit Örnekleri İle Yapılan Fiziksel Testler.....	56
4.3.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Testler.....	56
4.3.1.1 Na ₂ CO ₃ Aktivasyonu	56
4.3.1.1.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	56
4.3.1.1.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri.....	57
4.3.1.2 MgO İle Aktivasyon	63
4.3.1.2.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	63
4.3.1.2.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri.....	63
4.3.2 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Testler... 70	
4.3.2.1 Na ₂ CO ₃ ile yapılan Aktivasyon.....	70
4.3.2.1.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	70
4.3.2.1.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri.....	70
4.3.2.2 MgO İle Aktivasyon	77
4.3.2.2.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Fiziksel Testler.....	77
4.3.2.2.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri.....	77
5 TARTIŞMA	84
5.1 Ham Bentonit Örneklerinin Özelliklerini Değerlendirilmesi	84
5.1.1 Ham Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	84
5.1.1.1 Katyon değişim kapasitesinin (K.D.K) incelenmesi.....	84
5.1.1.2 Şişmenin özelliklerinin incelenmesi.....	85
5.1.1.3 Bentonit süspansiyonlarının viskozitelerinin incelenmesi.....	86
5.1.1.4 Yağ ve su emme kapasitesinin incelenmesi.....	87

5.1.2 Ham Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	87
5.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneğinin Değerlendirilmesi	92
5.2.1 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	93
5.2.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi	94
5.3 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Değerlendirilmesi.....	98
5.3.1 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	99
5.3.2 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	100
5.4 Zenginleştirme ve Aktivasyonun Etkisinin Fiziksel ve Döküm Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Birlikte Değerlendirilmesi.....	106
5.4.1 Kalecik Örneğinin Değerlendirilmesi	106
5.4.1.1 Fiziksel Özelliklerin Birlikte Değerlendirilmesi	106
5.4.1.2 Döküm Özelliklerinin Birlikte Değerlendirilmesi	109
5.4.2 Çanbensan Gri Örneğinin Değerlendirilmesi	113
5.4.2.1 Fiziksel Özelliklerin Birlikte Değerlendirilmesi	113
5.4.2.2 Döküm Özelliklerinin Birlikte Değerlendirilmesi	116
6 SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	120
KAYNAKLAR.....	123
EKLER.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	142

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Hofmann, Endell, Wilm, Marshall ve Hendricks'e göre montmorillonitin kristal yapısı.....	5
Şekil 2.2 Abu-Zeneima bentonit cevherlerinin zenginleştirilmesi	11
Şekil 2.3 Genel bir asit aktivasyon tesisi akım şeması.....	13
Şeki 2.4 Türkiye Bentonit Yatakları.....	16
Şekil 3.1 Kalecik ve Çanbensan bentonit örneklerinin K.E.A dağılımı.....	19
Şekil 3.2 Kalecik bentoniti için zenginleştirme akım şeması.....	20
Şekil 3.3 Mozley C124 hidrosiklon deney düzeneği.....	21
Şekil 3.4 Mozley C705 hidrosiklon deney düzeneği.....	21
Şekil 3.5 Çanbensan bentonit örneğinin zenginleştirilme akım şeması	22
Şekil 3.6 Kuru aktivasyonun aşamaları.....	23
Şekil 3.7 Aktivasyon çalışmalarında kullanılan akım şeması.....	24
Şekil 3.8 Halojen kurutucu (a) ve şişme testinin bir görünüşü, (b)	25
Şekil 3.9 a) Fann marka Viskozimetresi b) Fann marka Filtrasyon kaybı cihazı	27
Şekil 3.10 Döküm kumu (a), bentonit örneği (b).....	28
Şekil 3.11 Deneylerde kullanılan karıştırıcı , a) dış görünümü, b) iç görünümü..	29
Şekil 3.12 Karıştırıcıdan alınan örneğin beslendiği deney düzeneği.....	29
Şekil 3.13 Döküm testleri için kullanılan DİSA marka Mini Lab cihazı.....	30
Şekil 3.14 Deneyde kullanılan sabitleyici ve kırılmış bir örneğin görünümü.....	30
Şekil 3.15 Deneyde kırılmış bir örneğin görünümü.....	31
Şekil 3.16 Örneğinin yerleştirilmesi ve kırılmış örneğin görünümü.....	31
Şekil 3.17 Deneylerde kullanılan başlıklar ve kırılmış örneğin görünümü.....	32
Şekil 3.18 Disa Marka yaş çekme cihazı ve deney tüpü görünümü.....	32
Şekil 3.19 Disa marka gaz geçirgenliği cihazı.....	33
Şekil 4.1 Ham bentonitlerin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	40
Şekil 4.2 Ham bentonitlerin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi..	41
Şekil 4.3 Ham bentonitlerin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi..	41
Şekil 4.4 Ham bentonitlerin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.	42
Şekil 4.5 Ham bentonitlerin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.	42
Şekil 4.6 Ham bentonitlerin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	43
Şekil 4.7 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	45
Şekil 4.8 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	47
Şekil 4.9 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	47
Şekil 4.10 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	48
Şekil 4.11 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	48
Şekil 4.12 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	49
Şekil 4.13 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	49
Şekil 4.14 Çanbensan Gri konsantresinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	51

Şekil 4.15 Çanbensan Gri konsantresinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	53
Şekil 4.16 Çanbensan Gri konsantresinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	53
Şekil 4.17 Çanbensan Gri konsantresinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	54
Şekil 4.18 Çanbensan Gri konsantresinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	54
Şekil 4.19 Çanbensan Gri konsantresinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	55
Şekil 4.20 Çanbensan Gri konsantresinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	55
Şekil 4.21 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	57
Şekil 4.22 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	60
Şekil 4.23 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	60
Şekil 4.24 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	61
Şekil 4.25 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	61
Şekil 4.26 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	62
Şekil 4.27 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	62
Şekil 4.28 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	64
Şekil 4.29 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	67
Şekil 4.30 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	67
Şekil 4.31 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	68
Şekil 4.32 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	68
Şekil 4.33 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	69
Şekil 4.34 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	69
Şekil 4.35 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	73
Şekil 4.36 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	73
Şekil 4.37 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	74
Şekil 4.38 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	74
Şekil 4.39 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	75

Şekil 4.40 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	75
Şekil 4.41 Na ₂ CO ₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	76
Şekil 4.42 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi.....	80
Şekil 4.43 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	80
Şekil 4.44 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	81
Şekil 4.45 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	81
Şekil 4.46 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	82
Şekil 4.47 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi.....	82
Şekil 4.48 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi.....	83
Şekil 5.1 Ham bentonit örneklerinin katyon değişim kapasitesi değerleri.....	85
Şekil 5.2 Ham bentonit örneklerinin şişme değerleri.....	86
Şekil 5.3 Ham bentonit örneklerinin viskozite değerleri.....	87
Şekil 5.4 Kalecik bentonit örneğinin KDK değerlerinin karşılaştırılması.....	107
Şekil 5.5 Kalecik bentonit örneğinin şişme değerlerinin karşılaştırılması.....	107
Şekil 5.6 Kalecik bentonit örneğinin viskozite değerlerinin karşılaştırılması.....	108
Şekil 5.7 Kalecik bentonit örneğinin likit limit değerlerinin karşılaştırılması....	108
Şekil 5.8 Kalecik bentonit örneğinin filtrasyon kaybı değerlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil 5.9 Kalecik bentonit örneğinin yaş basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil 5.10 Kalecik bentonit örneğinin kuru basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil 5.11 Kalecik bentonit örneğinin yaş ezme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil 5.12 Kalecik bentonit örneğinin yaş kesme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	112
Şekil 5.13 Kalecik bentonit örneğinin yaş çekme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	112
Şekil 5.14 Kalecik bentonit örneğinin gaz geçirgenliği değerlerinin karşılaştırılması.....	113
Şekil 5.15 Çanbensan Gri bentonit örneğinin KDK değerlerinin karşılaştırılması.....	113
Şekil 5.16 Çanbensan Gri bentonit örneğinin şişme değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Şekil 5.17 Çanbensan Gri bentonit örneğinin viskozite değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Şekil 5.18 Çanbensan Gri bentonit örneğinin likit limit değerlerinin karşılaştırılması.....	115
Şekil 5.19 Çanbensan Gri bentonit örneğinin filtrasyon kaybı değerlerinin karşılaştırılması.....	115

Şekil 5.20 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	116
Şekil 5.21 Çanbensan Gri bentonit örneğinin kuru basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil 5.22 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş ezme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil 5.23 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş kesme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	118
Şekil 5.24 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş çekme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil 5.25 Çanbensan Gri bentonit örneğinin gaz geçirgenliği değerlerinin karşılaştırılması.....	119

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kil minerallerinin tabaka tipi ve yüküne göre sınıflandırılması.....	4
Çizelge 2.2 Dünyada 2006 yılında üretilen bentonit miktarları	14
Çizelge 3.1 Bentonit örneklerinin XRD analiz sonuçları.....	18
Çizelge 3.2 Bentonit örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	18
Çizelge 4.1 Ham bentonit örneklerinin fiziksel özellikleri.....	35
Çizelge 4.2 Ham bentonit örneklerinin viskozite değerler.....	36
Çizelge 4.3 Çanbensan Gri bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	37
Çizelge 4.4 Kalecik bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	37
Çizelge 4.5 Çubuk bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	38
Çizelge 4.6 Reşadiye bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	38
Çizelge 4.7 Çanbensan Sarı bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	39
Çizelge 4.8 Sömaş bentonitinin döküm testlerinin sonuçları.....	39
Çizelge 4.9 Zenginleştirilmiş Kalecik bentonit örneğinin fiziksel test sonuçları.....	44
Çizelge 4.10 Kalecik Konsantre Bentonit örneğinin döküm testlerinin sonuçları.....	46
Çizelge 4.11 Kalecik Birleştirilmiş Konsantre Bentonit örneğinin döküm testlerinin sonuçları.....	46
Çizelge 4.12 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğinin fiziksel test sonuçları.....	50
Çizelge 4.13 Konsantre Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	52
Çizelge 4.14 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğinin katkı miktarına bağlı olarak fiziksel özelliklerinin değişimi.....	56
Çizelge 4.15 % 0,5 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	58
Çizelge 4.16 % 1 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	58
Çizelge 4.17 % 2 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	59
Çizelge 4.18 % 3 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	59
Çizelge 4.19 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğinin fiziksel özellikleri testlerinin sonuçları.....	63
Çizelge 4.20 % 0,5 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	65
Çizelge 4.21 % 1 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	65
Çizelge 4.22 % 2 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	66
Çizelge 4.23 % 3 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	66
Çizelge 4.24 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğinin fiziksel özellikleri.....	70
Çizelge 4.25 % 0,5 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	71

Çizelge 4.26 % 1 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	71
Çizelge 4.27 % 2 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	72
Çizelge 4.28 % 3 Na ₂ CO ₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	72
Çizelge 4.29 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğinin fiziksel özellikleri.....	77
Çizelge 4.30 % 0,5 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	78
Çizelge 4.31 % 1 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	78
Çizelge 4.32 % 2 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	79
Çizelge 4.33 % 3 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları.....	79
Çizelge 5.1 Şebeke suyu analizi.....	93
Çizelge 5.2 Özel bir firmaya ait su analizi.....	94

1. GİRİŞ

Bentonit terimi, ilk olarak 1898’ de Knight tarafından, Wyoming’deki Kretase yaşlı Fort Benton birimindeki sabunumsu kil benzeri malzeme için öne sürülmüştür (Grim ve Güven, 1978). Hewitt (1917) ve Wherry (1917) ilk kez bu özel kilin, volkanik külün bir alterasyon ürünü olduğunu kabul etmiş, ancak Condra (1908) tarafından yapılan daha önceki bir incelemede, bu kökenin Kuzey Nebraska’daki benzer killer için de geçerli olduğunu göstermiştir (Grim ve Güven, 1978). Ross ve Shannon (1926) daha geniş bir tanımla bentoniti, camsı genellikle volkanik kül veya tuf malzemenin kimyasal alterasyon ya da devitrifikasyon sonunda oluşmuş kristalin kil benzeri mineraller içeren bir kayalık olarak tanımlamışlardır. Ayrıca, bentonit kayacının çoğunlukla montmorillonit minerali ve daha az sıklıkla baydelit minerali bileşiminde olduğunu belirtmişlerdir (Grim ve Güven, 1978; Murray, 2007). Bununla birlikte volkanik kül veya tufün bozulması ile oluşmayan veya kökeni tam olarak bilinmeyen bentonit olarak belirtilen çok sayıda killer mevcuttur.

Bentonit; su ve bazı organik sıvı ortamlarda şişmesi, yüksek plastisite göstermesi, su ile karıştırıldığında koloidal özellik göstermesi, kation değiştirme kapasitesi, geniş yüzey alanı ve reolojik özelliklerinden dolayı endüstride oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bentonitin başlıca kullanım alanlarından olan döküm sektöründe kullanılabilmesi için likit limit en az 350 g, yaş mukavemet en az 300 g/cm², kuru mukavemet 2500 g/cm², gaz geçirgenliği en az 175 cm³/s gibi özellikleri sağlaması gerekmektedir (TS 5360). Sondaj sektöründe kullanılacak bentonitin özelliklerinden bazıları; elek analizi +75 µm (200 mesh) ≤ % 2.5, rutubet ≤ % 10, filtrasyon kaybı ≤ 12.5 ml, viskozite (600 devir / dakika) en az 15.3 cP olmalıdır (TS 977). Bu özellikleri sağlayan ve herhangi bir işleme tabii tutulmadan kullanılan bentonit yatakları bulunmaktadır. Bunun yanında pek çok bentonit yatağı istenilen nitelikleri taşıyamamaktadır. İstenilen özellikleri taşımayan kalitesiz bentonitlerin endüstride kullanılabilmesi için zenginleştirme ve özellikle aktifleştirme yöntemleri geliştirilmektedir. Bu anlamda ülkemizdeki bentonit yataklarının büyük bir kısmı kalite olarak yeterli düzeyde değildir.

Bu çalışmada, Çankırı (Kalecik, Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı), Ankara (Çubuk), Tokat (Reşadiye), Balıkesir (Sömaş) yörelerine ait altı farklı bentonit örneği ile döküm testleri yapılmıştır. Döküm sektöründe kullanılan yaş basma

dayanımı, ezme dayanımı, yaş kesme dayanımı, ıslak çekme dayanımı, gaz geçirgenliği gibi testler yapılarak bentonit örneklerinin uygunluğu araştırılmıştır. Kalecik ve Çanbensan Gri örnekleri ile ayrıca zenginleştirme ve aktifleştirme çalışmaları yapılmıştır. Aktifleştirilen, zenginleştirilen ve ham numuneler ile ayrıntılı deneysel bulgular değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Bentonitin Oluşumu

Dünyada bulunan bentonit yataklarının büyük bir kısmı piroklastik kayalarla yakından ilişkili olarak tufün bozuluşuyla oluşmuştur (Grim ve Güven, 1978; Türkmenoğlu ve Aker, 1990). Bentoniti oluşturan volkanik malzemenin alterasyonu, hidrotermal faaliyetlerle (Reyes ve diğ., 1987; Christidis ve diğ.,1995, Yıldız ve Kuşcu, 2004) yada diyanez yoluyla (Huff ve Türkmenoğlu, 1981; Brusewitz, 1986; Teale ve Seapers, 1986; Türkmenoğlu ve Aker, 1990; Yıldız ve Kuşcu, 2004) meydana gelmiştir.

Bentonitin en yaygın oluşum biçimi volkanik kül veya tufün yerinde alterasyon olduğu belirtilmiştir. Bu kökene ait bentonitler, genellikle deniz ve göl gibi çökel sulu ortamlarda volkanik külün, tufün ve lavların kimyasal tepkimeler sonucunda bozunmasıyla oluşmuşlardır (Akbulut, 1996 ; Gümüser ve Yalçın, 1998).

Hidrotermal alterasyon yoluyla oluşan bentonit yatakları, lavların breşlerin veya tuf ve küllerin dönüşüm ürünleridir. Dönüşüme uğrayan volkanik cam riyolit, trakit, fenolit ve bazende andezittir (Akbulut, 1996 ; Yalçın, 2004).

Piroklastik kayalar (Tuf ve kül gibi volkanik malzemeler) camsı ve geçirimsizlik özelliklerinden dolayı, yüzeysel olarak kolayca bozunabilirler; bentonitler bu bozunmanın ürünü olarak da ortaya çıkmaktadır. Ancak, bentonit oluşumunun volkanik aktivite ile ilgili olmadığı volkanik malzemeyi gösteren dokunun gözlenmediği durumlar ortaya konmuştur. Kökenin ve oluşumun tam olarak belirlenemediği karışık ve belirsiz bentonitler de bulunmaktadır (Grim ve Güven, 1978).

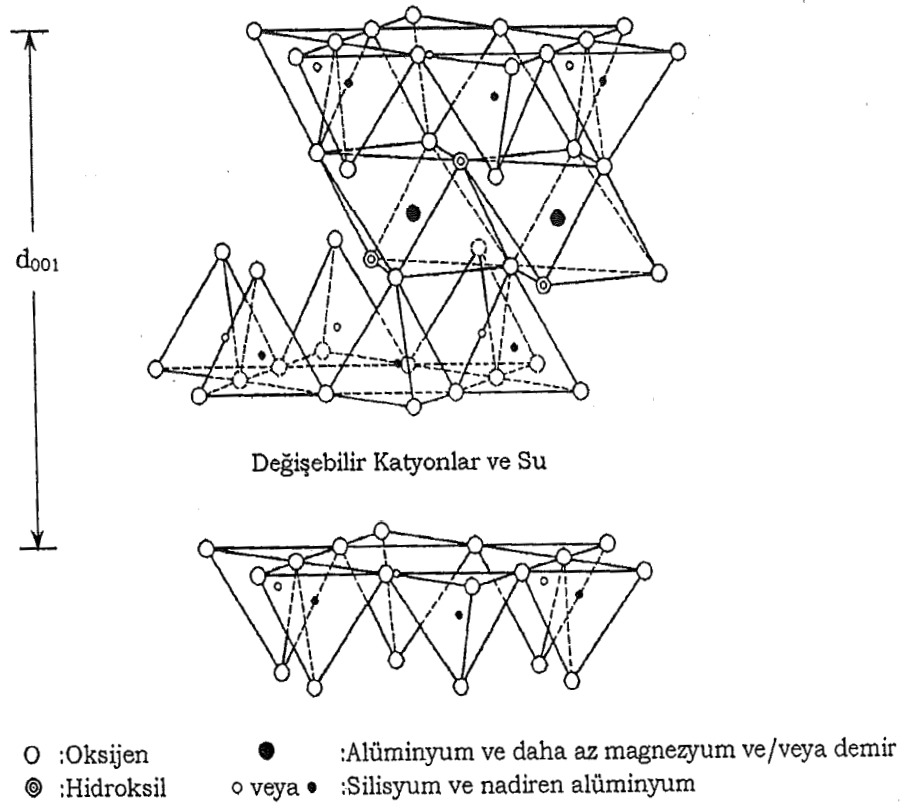
2.2 Bentonitin Minerolojisi, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Killer; çok büyük ve karmaşık mineral dizisine sahip olmaları, içeriklerindeki yabancı maddelerin varlığı, oluşum yeri ve özelliklerinin değişik oluşu gibi etmenlerden dolayı, bir çok şekilde sınıflandırılabilirler (Malayoğlu ve Akar, 1995). Killerin sınıflandırılmasında kristal yapı, tabaka tipi, tabaka yükü gibi ölçütler kullanılmaktadır. Kil minerallerinin tabaka tipine ve tabaka yüküne göre sınıflandırılması ile ilgili çizelge Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Kil minerallerinin tabaka tipi ve yüküne göre sınıflandırılması (Grim, 1968; Yalçın, 2004)

Tip	Tabaka Yükü (x)	Grup	Alt Grup	Türler
1:1 T.O	~ 0	Kaolinler Serpantinler	Kaolinler	Kaolinit, dikit, nakrit, halloysit
			Serpantinler	Krizotil, lizardit, antigorit, amesit
2:1 T.O.T	~ 0	Pirofillit Talk	Pirofillitler	Pirofillit
			Talklar	Talk, vilemsit
	~ 0,2 - 0,6	Smektit	Dioktahedral smektitler/ Montmorillonitler	Montmorillonit, baydelit, nantronit
			Trioktahedral smektitler/ Saponitler	Saponit, stevensit, hektorit, sakonit
	~ 0,6 - 0,9	Vermikülit	Dioktahedral vermikülitler	Dioktahedral vermikülit
			Trioktahedral vermikülitler	Trioktahedral vermikülit
	~ 1	Mika	Dioktahedral mikalar	Muskovit, paragonit
			Trioktahedral mikalar	Biyotit, filogopit, lepidolit
	~ 1	Gevrek mikalar	Dioktahedral gevrek mikalar	Margarit
			Trioktahedral gevrek mikalar	Sybertit, klintonit ksantofillit, anadit
2:1:1 T.O.T.O	Değişken	Klorit	Dioktahedral kloritler	Donbasit
			Trioktahedral kloritler	Klinoklor, şamozit, nimit, pennantit

Bentoniti baskın olarak oluşturan smektitler kristal yapısına göre üç katlı (T.O.T) killer arasında yer almaktadır. Smektitlerin 2:1 tabaka yapısı Şekil 2.1’ de verilmektedir.



Şekil 2.1 Hofmann, Endell, Wilm, Marshall ve Hendricks’e göre montmorillonitin kristal yapısı (Grim, 1962)

İki silika tetrahedral (T) tabaka ile merkezde oktahedral (O) bir tabakadan meydana gelmektedir. Tetrahedral yapı, üç tanesi temel (alt) düzlemde, bir tanesi üst uç köşede ve eşit uzaklıkta olmak üzere dört oksijen veya hidroksil atomu ile merkezde bir silisyum atomuna sahiptir. Oktahedral tabaka merkezinde alüminyum, demir veya magnezyum atomlarından birinin, kendinden eşit uzaklıkta altı adet oksijen veya hidroksil atomu ile çevrenmesiyle oluşmuştur (Grim, 1962; Peker ve diğ., 2001).

Smektitlerin ara katmandaki materyal olmaksızın teorik bileşimi % 66,7 SiO₂; % 28,3 Al₂O₃; ve % 5 H₂O dur (Grim, 1962). Smektitlerde iyon değişimi önemli

ölçüde oktahedral tabakada olmaktadır. Smektitlerde tetrahedral tabakada Si^{+4} ile Fe^{+3} , oktahedral tabakada Al^{+3} ile Mg^{+2} , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Ni^{+2} , Li^{+} gibi katyonlar, değişik miktarlarda yer değiştirirler. Bu yer değiştirmeler sonunda birim katmanda ortaya çıkan yük noksanlığı, tabakaların arasına ve kenarlara Na^{+} , Ca^{+2} , ve Mg^{+2} gibi değişebilir katyonların girmesiyle giderilmektedir (Grim, 1962; Worrall, 1968; Sarıkaya, 1987; Akbulut, 1996; Murray, 2007).

Birim katmandaki yük noksanlığı, sodyum katyonları ve su molekülleri ile dengelenmiş ise, sodyum montmorillonit; kalsiyum katyonları ve su molekülleri ile dengelenmişse kalsiyum montmorillonit olarak adlandırılmaktadır. Oktahedral tabakadaki iyon değişimi sonunda oluşan pozisyon, alüminyum tarafından doldurulmuş ise alüminyum montmorillonit (baydelit); magnezyum ise magnezyum montmorillonit (saponit), demir ise demir montmorillonit (nontronit), lityum ise lityum montmorillonittir (hektorit) (Murray, 2007).

Montmorillonit kristalleri a (5,2 Å) ve b (9,1- 9,2 Å) eksenleri yönünde devamlılık göstermekte, c eksenini boyunca birbiri üzerine dizilmekte ve c eksenini yönünde değişkenlik bulunmaktadır (Van Olphen, 1963; Yenişol, 2004). Tabakalar arasındaki değişebilir katyonun cinsine göre c eksenini yönündeki mesafe (d_{001}) yaklaşık 12,5 Å (Na için) ve 15 Å (Ca için) olmaktadır.

Killer için önemli özelliklerden biri de su moleküllerinin veya diğer polar iyonların birim tabakaların arasına girmesiyle, c eksenini yönündeki genişleme kapasitesidir (Velde, 1992; Yalçın, 2004). Şişme kapasitesi olarak adlandırılan bu özellik kullanarak killer şişen ve şişmeyen killer olarak sınıflandırılabilirler. Smektitler; tabakaları arasına su ve organik moleküller olarak şişebilen. katyon değiştirebilen killerdir.

2.3 Kullanım Alanları

2.3.1 Döküm Sektörü

Bentonit oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bunlardan biri döküm endüstrisidir. Metal dökümü; özetle, istenilen bir şekli elde etmek için seçilen metal veya alaşımın eritilmesi ve istenilen şeklin negatifi olan kalıba dökülmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Çavuşoğlu, 1981; Campbell, 2004). Döküm işleminin aşamaları; kalıp yapma, kalıp kumu hazırlama eritme, dökme, dökülen parçaları temizleme ve kontrol gibi işlemleri kapsamaktadır.

Döküm sektöründe kullanılan yöntemler için değişik sınıflandırmalar mevcuttur. Kum kalıba döküm, metal kalıba döküm, basınçlı döküm, santrifüj döküm, sürekli döküm, hassas döküm gibi. Kalıp kumuna döküm yöntemi en önemli döküm yöntemlerindedir (Babu ve diğ., 2006). Kalıplama işleminin ekonomik olması ve farklı ağırlıktaki parçaların dökülebilmesi nedeniyle tercih edilmektedir (Anık ve diğ., 2006). Kum kalıba döküm tekniğinde, hazırlanan kalıp kumu içerisine yerleştirilen bir model yardımıyla oluşan boşluğa, ergitilmiş metal, yolluklar yardımıyla doldurulur. Kalıp kumu hazırlanırken kullanılan temel meddeler; silis kumu, bentonit ve sudur. Bunların dışında mısır unu, silis tozu, demir oksit, kömür tozu, odun talaşı gibi maddeler kalıp kumunun bazı özelliklerini artırmak için ek olarak kullanılmaktadır.

Silis kumu kolay bulunması, ucuz olması ve ısıya dayanıklı olması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir. Bentonit kalıp kumuna % 2-50 oranlarında katılmaktadır. Bentonit su ile birlikte silis kumu tanelerini birbirine bağlarlar (Chiara ve Fiore, 2002; Paluszkiwicz ve diğ., 2008). Bentonitin suyla birlikte plastik özellik göstermesi, dayanımı ve ergime noktasının yüksek olması döküm kumunda kullanılmasının sebepleri arasındadır. Kalıp kumu hazırlarken su % 1,5-8 oranında katılır. Bentonitin su tutma özelliğinden dolayı katılan su miktarı kritiktir; çünkü, bentonitin bünyesindeki suyu atması kolay olmamaktadır. Bu anlamda kullanılan bentonitten beklenen, minimum miktarda katkı ile yüksek seviyede bağlayıcılık ve gaz geçirgenliğidir.

Esas olarak bentonit ve kum karışımlarından oluşan döküm kalıplarının, içine sıcak metal döküldüğünde deforme olmadan şekillerini korumaları (dayanım), CO₂ gibi döküm sırasında oluşan gazların çıkmalarını sağlayacak şekilde gözenekli olmaları (gaz geçirgenliği), metal soğuduktan sonra kolayca kırılabilmeleri ve küçük parçalara ayrılarak metalden çabuk uzaklaştırılabilmeleri istenir (Beşün ve diğ., 1993).

2.3.2 Sondaj Sektörü

Genel olarak sondaj; su, maden, petrol gibi zenginliklerden yararlanabilmek için yeryüzünden yeraltına silindirik bir delik açma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Sondaj sırasında kullanılan sondaj sıvısının; tabanda bulunan kırıntıların temizlenmesi sağlamak, kesintilerin çökmesini önlemek, matkabın ve boruların

soğutulmasını, yağlanmasını sağlamak, kuyu kenarlarını göçmesine engel olmak, geçirimsiz bir tabaka oluşturmak gibi görevleri bulunmaktadır (Özçelik, 1990).

Bentonit, su bazlı sondaj sıvısının en önemli bileşenlerinden biridir (Kuru ve diğ., 1995; TP, 2007). Belirli bir viskozite elde edilene kadar su ile karıştırılan bentonit, sondaj sırasında matkap uçlarına ve borularına soğutma ve yağlama görevi yaptığı gibi, sondajdan çıkan ince atık maddelerin yeryüzüne çıkmasını da sağlar (Boylu ve diğ., 2007; TS 977).

2.3.3 Peletleme

Bentonit, ucuz ve iyi bir bağlayıcı olarak endüstride kullanılmaktadır (Kawatra ve Ripke, 2001). Sodyum bentonit demir cevherinin peletlenmesinde kullanılmaktadır (Devaney, 1956; Murray, 2007). Su ile şişme oranının yüksekliği, daha fazla dayanım sağlaması ve daha akışkan olması nedeniyle sodyum bentonitler tercih edilirken kalsiyum bentonitler ise genellikle soda ile aktifleştirildikten sonra kullanılmaktadır.

Toz halindeki demir cevherinin peletlenmesinde bentonitlerin başarılı bir şekilde kullanılmasını etkileyen faktörlerin başında filtre kekinin nemi, cevherin özgül yüzey alanı, bentonitin kalitesi ve bentonit taneciklerinin filtre keki içerisindeki dağılımı gelmektedir (Yıldız, 1990)

2.3.4 Gıda Sektörü

Bentonit, yağ sektöründe yağların renginin açılmasında ve oluşan tortuların giderilmesinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra şarap, bira ve meyve suyu yapımında kullanılan yabancı maddelerin oluşturduğu renk veren tortuları gidermek ve berraklaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Genellikle bentonit miktarı, bentonitin kalitesi, renk veren maddenin miktarı, ağartılan sıvıda istenen renk gibi eşitli faktörlere bağlı olarak % 1,5- 2,5 arasında değişmektedir. Berraklaştırma veya ağartma işleminde, sıvı içerisindeki renk ve bulanıklığı sağlayan maddeler, bentonitin adsorbsiyon özelliği kullanılarak ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Bu sektörde şişmeyen kalsiyum bentonitler asit ile aktifleştirildikten sonra kullanılmaktadır. Böylelikle ağartma işleminde kullanılacak bentonitin adsorbsiyon kapasitesi artırılmaktadır (Sarıkaya ve diğ., 1985; Sarier ve Güler, 1985; Akbulut, 1996; Christidis ve diğ., 1997; Barbanti ve diğ., 1997).

2.3.5 Kedi Kumu

Kedi kumu (cat litter), evcil hayvanların katı ve sıvı dışkılarından meydana gelen rahatsız edici kokuların ve sıvı dışkıların yayılmasını önlemek için bu hayvanların barındığı yerlerde zemine serilen, absorpsiyon (emme) özelliği olan, çamurlaşmayan, hayvanı rahatsız etmeyecek şekilde boyutlandırılmış doğal malzemelerdir (TS 12131; Boylu ve diğ., 2007). Son yıllarda kedi kumu olarak kullanılan killerden beklenen başka bir özellik de killerin topaklanma özelliği olmuştur. Bu sektörde hem kalsiyum hem de sodyum bentonit kedi kumu bileşeni çok farklı şartlarda kullanılabilir. Özellikle kalsiyum bentonitler kurutulduktan sonra granül boyutuna getirilerek, kedi kumu olarak pazarlanmaktadır. (Murray, 2007).

2.3.6 Diğer Kullanım Alanları

Toprağın oluşumu ve gelişiminde önemli işlevleri olan bentonitler 100'ü aşkın alanda endüstriyel hammadde olarak kullanılmaktadır (Sarıkaya ve diğ., 1997). Bentonitin endüstriyel açıdan bu kadar geniş bir alanda kullanılmasının nedenleri arasında plastisite, kolloidal özellikleri, katyon değiştirme kapasiteleri, şişmeleri sayılabilir.

Bentonit, ilaç endüstrisinde, seramik endüstrisinde, portland çimentosunda, kağıt endüstrisinde, lastik endüstrisinde, inşaat mühendisliğinde, sabun ve temizlik maddelerinde, gübre yapımında, yangın söndürücülerde, boya endüstrisinde, katalizör olarak petrol rafinasyonunda çeşitli oranlarda ve özelliklerde kullanılmaktadır.

2.4 Bentonitin Zenginleştirilmesi ve Aktivasyonu

Ekonomik olarak faydalanılabilecek bentonit yataklarının bulunması ve özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan sondaj çalışmalarında genellikle kolay olması ve su gerektirmediği için burgu kullanılmaktadır. Arama çalışmaları sonunda elde edilen bilgiler ışığında, işletilmesi düşünülen bentonit yatağı, genellikle açık işletme yöntemleriyle çıkarılmaktadır. Çıkarılan ham bentonitin bekletilmesi ve oksitlenmesi sonunda viskozite ve yaş basma dayanımı değeri gibi çeşitli özelliklerinde iyileşmeler görülmüştür. Bu nedenle; çıkarılan ham bentonit ya stok sahasında ya da üretim prosesi yanındaki sahalarda serilerek bekletilmekte, oksitlenmesi ve kuruması sağlanmaktadır. Zira, genellikle ocaktan

çıkan bentonit oldukça nemlidir. Bentonitin kuruması ve yeterince oksitlenebilmesi için zaman zaman alt üst edilmesi gerekmektedir. Bazı uygulamalarda üreticiler, ham bentoniti soda ile kuru olarak aktive edip yığınlar halinde bekletmektedirler. Pek çok üreticisi bentonitin endüstrideki kullanım özelliklerini geliştirmek için aktifleştirme işlemini çeşitli yollarla yapmaktadır.

Zenginleştirme prosesinin aşamalarını, bentonitin kullanım alanı belirlemektedir. Genel olarak bentonit, bunkerler yardımıyla kırıcılara beslenerek, boyutu küçültülmekte ve daha sonra kurutma işlemi uygulanarak istenen nem içeriği sağlanmaktadır. Eğer belirli boyuttaki granüller halinde bentonit isteniyorsa eleme işlemi yapılmakta ve elde edilen ürün paketlenmektedir. Kurutma işleminden geçen bentonit pülverize değirmen ya da sarkaç değirmen adı verilen ortamlarda öğütülerek toz haline getirilmektedir. Zenginleştirme sonrasında elde edilen ürünün boyutu, homojenliği ve nemi kullanım alanları için önemli bir özelliktir. Örneğin döküm için kullanılacak bentonitin nemi en fazla ağırlıkça % 10 olması gerekirken tane boyunun % 100'ü -150 µm olmalıdır (TS 5360).

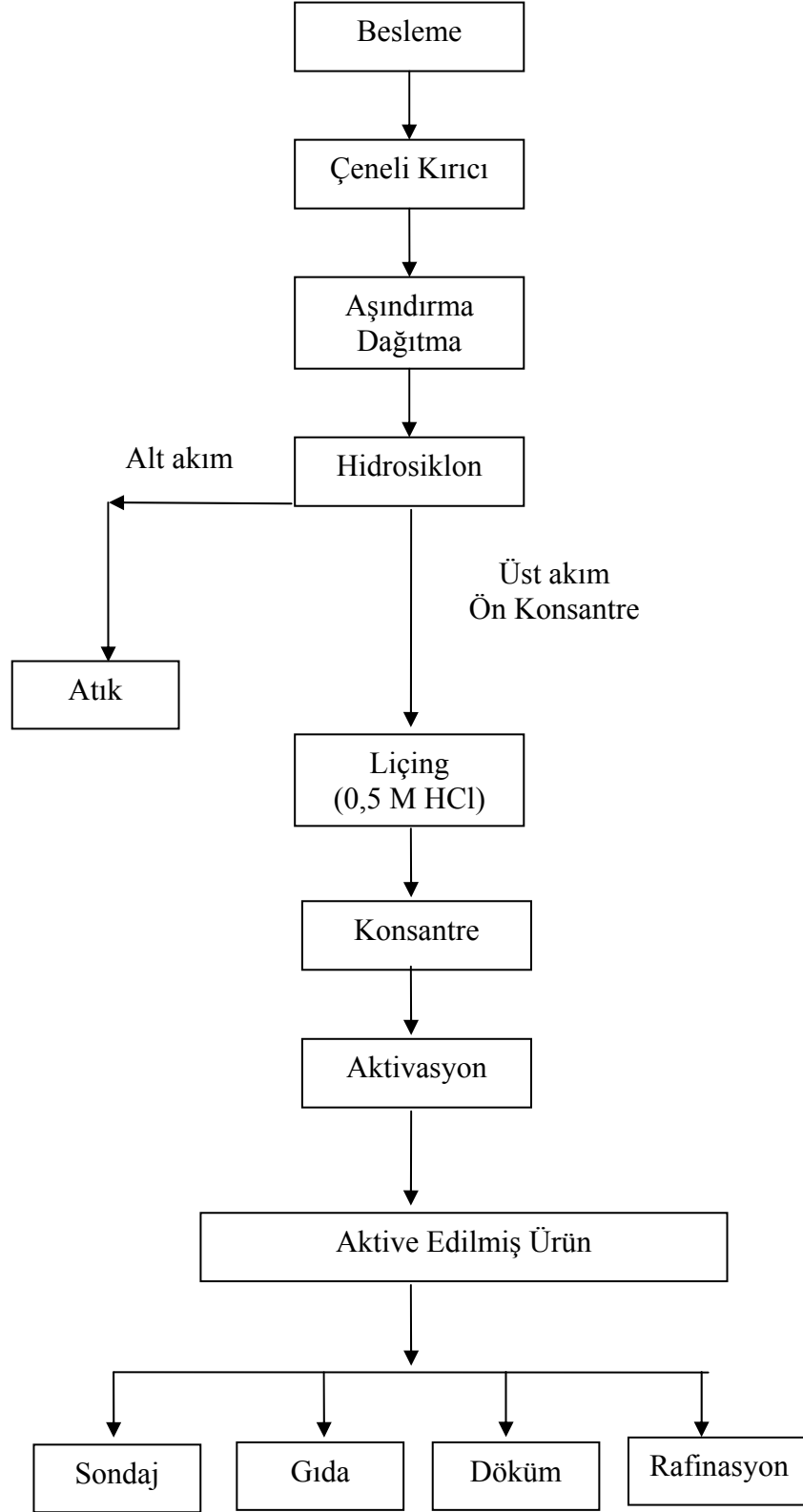
Bentonitten, pek çok endüstriyel alanda faydalanabilmek için önceden zenginleştirilerek safsızlıkların uzaklaştırılması ve kullanım amacına göre aktifleştirilmesi gerekmektedir. Bentonitin zenginleştirilmesi ve aktivasyonu ile ilgili örnek bir akım şeması Şekil 2.2' de verilmiştir.

2.4.1 Alkali Aktivasyon

Kalsiyum ve diğer alkali bentonitlerin kullanım alanlarını genişletmek, kalitesini yükseltmek amacıyla aktivasyon işlemi yapılmaktadır. Aktivasyon işleminde, soda (Na_2CO_3) veya hafif soda (NaHCO_3) kullanılarak iyon değiştirmek suretiyle şişme oranı yüksek sodyum bentonit üretilmektedir.

Aktivasyon genel olarak ocaktan çıktığı haliyle bentonite toz ya da solüsyon halindeki sodayı karıştırarak gerçekleştirilir. Genel olarak aktivasyon kalsiyum bentonitlere ve karışık (mix-ara) bentonitlere uygulanmaktadır. İyon değiştirme yoluyla oluşan aktifleştirme tepkimesi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.





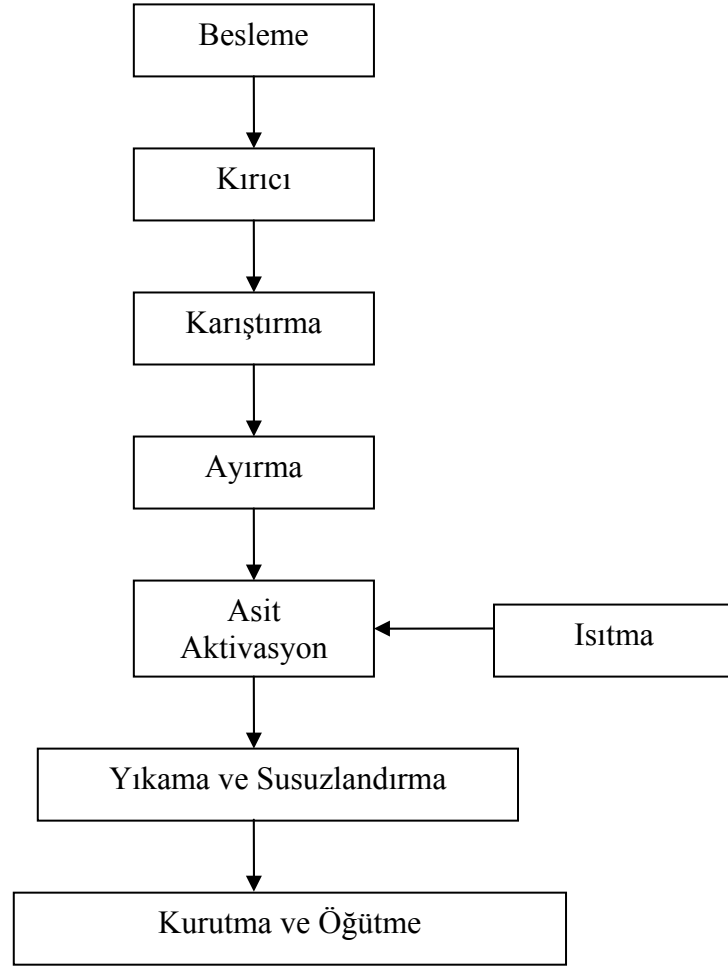
Şekil 2.2 Abu-Zeneima bentonit cevherlerinin zenginleştirilmesi (Hassan ve Abdel-Khalek, 1998)

2.4.2 Asitle Aktivasyon

Asitle aktivasyon, kalsiyum bentonitlerin ağartma, berraklaştırma ve arıtma amacıyla gıda endüstrisinde kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla uygulanmaktadır (Murray, 2007). Asitle aktivasyon sonrasında yüzey alanı artar (Grim, 1962; Rupert ve diğ., 1987; Srasra ve diğ., 1989; Kaviratna ve Pinnavaia, 1994; Chirstidis ve diğ., 1997).

Yemeklik yağların renginin giderilmesinde kullanılan doğal bentonitlerin ağartma gücü genelde düşüktür. Asit ile aktifleştirme, kil mineralinin sahip olduğu özelliklerin mineralin tabakalı kristal yapısını bozmadan artırılması işlemidir (Yalçın ve Özbilge; 1985). Aktifleştirme ile bentoniti oluşturan montmorillonit mineralinde önemli fiziksel değişiklikler meydana gelir, ortalama gözenek çapları ve yüzey alanı artar (Mills ve diğ., 1950; Grim, 1962; Fijal ve diğ., 1975; Morgan ve diğ., 1985; Srasra ve diğ., 1989; Rhodes ve Brown, 1992; Chirstidis ve diğ., 1997) . Aktive edilmiş killerin, aktif özellikleri, yani tepkimeyi hızlandırmaları veya renkleri gidermeleri, oktahedral katyonların aşağı yukarı yarısının kilin kristal kafesinden uzaklaştırıldığı zaman yüksek düzeye ulaşır (Sarıkaya ve diğ.; 1985, 1984; Yalçın ve Özbilge; 1985).

Asit ile aktifleştirme işlemi genellikle yaş olarak uygulanmasının yanı sıra son yıllarda kuru olarak da gerçekleştirilmektedir (Murray, 2007). Yaş yöntemle bentonitin asit aktivasyonuna ait örnek bir akım şeması Şekil 2.3'te verilmiştir. Bu işlem, bentonitin seyreltik HCl ve H₂SO₄ gibi kuvvetli asitlerle ısıtılmasına dayanmaktadır. Asit, süspansiyon halindeki küçük taneleri geçerek, kristale ulaşır ve muhtemelen kristalin yüzeyinden çok ucunu etkiler. Asit aktivasyonunda Oktaedral tabakadaki (alüminyum, magnezyum ve varsa demir) iyonları, çözeltiliye geçer (Breen ve Watson, 1998). Bentonit yapısında bulunan Ca⁺² iyonları çözeltiliye geçen bu bu iyonlar ile yer değiştirir ve sülfat iyonu ile çözünmeyen CaSO₄ oluşturur (Bailey; 1963; Çakıcıoğlu ve diğ., 1985).



Şekil 2. 3 Genel bir asit aktivasyon tesisi akım şeması (Murray, 2007)

2.4.3 Karboksi Metil Selüloz (CMC) ile Aktivasyon

CMC, sondaj çamurlarının filtre kaybını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır (Karagüzel ve diğ., 2010). Aktivasyon işleminde, düşük viskoziteli CMC kullanılmakta, soda ile aktivasyon işlemine benzer şekilde karboksi metil selülozun bünyesindeki Na^+ iyonları ile Ca-Bentonitin yapısındaki Ca^{+2} iyonları yer değiştirerek, viskozite artmakta ve filtrasyon kaybı azalmaktadır.

2.4.4 Organik Aktivasyon

Alkilamin gibi diğer pek çok organik bileşen ile iyon değiştirilmesi suretiyle organik kil adı verilen ürünler elde edilmektedir (Jordan, 1949). Organik killer son zamanlarda nanokompozitlerde olmak üzere, boyalarda kıvamlaştırıcı, greslerde, sondajlarda, çeşitli organik sıvılarda jel oluşturmada, petrol

kaçaklarının temizlenmesinde kullanılmaktadır. (Carmody ve diğ., 2005). Sodyum bentonitler yüksek iyon değiştirme kapasitelerinden dolayı organik kil üretiminde kullanılmaktadır (Murray, 2007).

2.4.5 Yüzey Aktif Maddeler ve Diğer Bileşiklerle Aktivasyon

Birçok durumda bentonitlerin yüzey özelliklerini değiştirmek için yüzey aktif maddeler kullanılmaktadır (Schulman ve Leja, 1954; Tambe ve Sharma, 1993; Lagaly ve diğ., 1999). Daha önce belirtilen aktivasyon yöntemlerine ek olarak çok farklı aktivasyon türleri bulunmakta ve genellikle kullanılan kimyasal bileşikler; magnezyum ve alüminyum tuzları ile oksit ve hidroksitli bileşikleri şeklinde sıralanabilirler.

2.5 Dünyada ve Türkiyede Bentonit Üretimi

Dünyadaki önemli bentonit yatakları ABD, Rusya, Yunanistan, Almanya, Japonya, İtalya, İspanya, İngiltere ve Türkiye’de bulunmaktadır. Bununla birlikte tüm ülkelerin bentonit üretim miktarı 2006 yılı verilerine göre 14,600,000 tondur. Bu üretimin çok önemli bir kısmı A.B.D. ve Çin tarafından gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki tabloda üretim miktarına göre sıra ile ilk on ülke verilmiştir. Kalan üretim ise diğer dünya ülkeleri tarafından gerçekleştirilmiştir (www.bgs.ac.uk).

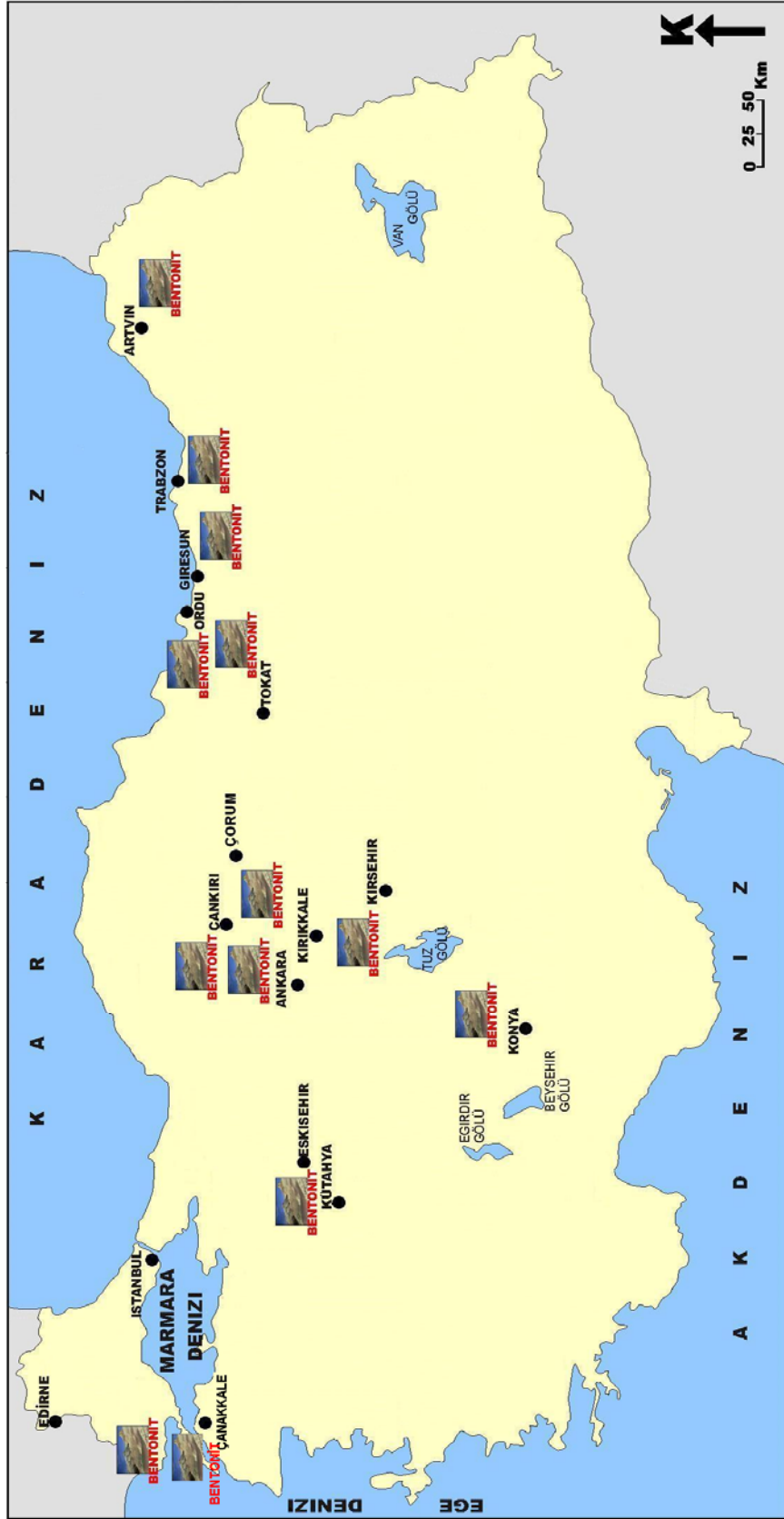
Çizelge 2.2 Dünyada 2006 yılında üretilen bentonit miktarları

Ülke	Üretim Miktarı (ton)
A.B.D.	4,620,000
Çin	3,200,000
Yunanistan	1,100,000
Türkiye	600,000
Rusya	500,000
Japonya	450,000
Meksika	435,273
Brezilya	419,214
Almanya	363,998
Arjantin	256,165
Çek Cumhuriyeti	220,000

Türkiye'nin önemli bentonit yatakları ise Ankara, Artvin, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Edirne, Giresun, Konya, Ordu, Tokat illerinde bulunmaktadır.

Şekil 4'te M.T.A tarafından hazırlanan ve üzerinde bazı düzenlemeler yapılan ülkemizdeki bentonit yataklarını gösteren harita verilmiştir.

Ülkemizde faaliyet gösteren bentonit üreticisi firmalar tarafından çeşitli kullanım alanlarına uygun olan ürünlerin bir kısmı iç piyasada pazarlanırken, bir kısmı da ihraç edilmektedir. İstanbul maden ve metaller ihracatçı birlikleri (İMMİB) verilerine göre 2008 yılında 21.214.551,60 A.B.D. doları tutarında bentonit ihracatı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.4 Türkiye Bentonit Yatakları (MTA 1/2.000.000 ölçekli Türkiye Maden Haritasında düzenleme yapılmıştır)

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

Bu tez kapsamında yer alan çalışmaların bir kısmı (zenginleştirme, aktivasyon, katyon değişim kapasitesi, şişme, su emme kapasitesi, yağ emme kapasitesi, kedi kumu testleri) C.Ü. Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında, Kalecik ve Çanbensan Gri numuneleri kullanılmıştır. Çalışmaların kalan kısmı (döküm testleri, viskozite, filtrasyon kaybı, pH ölçümü) ise “Türkiye Bentonitlerinden Teknolojik Ürünlerin Elde Edilmesi” adlı ve 106G057 kodlu Tübitak projesi kapsamında, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüzey Kimyası ve Döküm Laboratuvarında yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan bentonitler ya ticari ya da yöre isimleriyle verilmiştir. Kalecik, Çanbensan Gri bentonit örnekleri Çankırı’da faaliyet gösteren Ceylan Bentonit ve Çanbensan firmalarına ait sahalardan alınmıştır. Diğer bentonit örnekleri ise (Çanbensan Sarı, Çubuk, Reşadiye ve Sömaş) proje kapsamında, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Anabilim Dalı laboratuvarına getirilen örneklerden alınmıştır.

3.2 Mineralojik ve Kimyasal Analiz

Deneylerde kullanılan bentonit örneklerinin X-ışınları difraksiyonu (XRD) analiz sonuçları Çizelge 3.1’ de, kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Kalecik bentonit örneğinin XRD analizi C.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. MİPJAL laboratuvarında, kimyasal analizi ise Yibitaş Lafarge Çimento fabrikası analiz laboratuvarında yapılmıştır. Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Çubuk, Reşadiye ve Sömaş bentonit örneklerinin XRD analizi ve kimyasal analiz sonuçları proje kapsamında M.T.A Analiz Laboratuvarlarında (Ankara) yapılmıştır. Ayrıca proje kapsamında Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Reşadiye ve Sömaş bentonit örneklerinin diferansiyel termal analiz (DTA) ve termogravimetrik (TG) analizleri de yapılmıştır. XRD, DTA ve TG analizlerinin ayrıntıları Ek ’te verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bentonit örneklerinin XRD analiz sonuçları

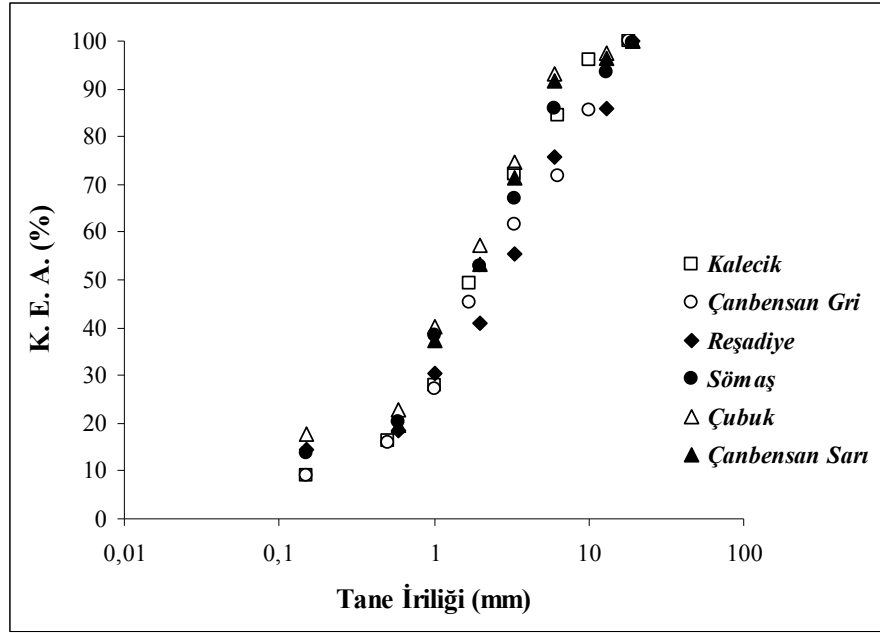
Kalecik	Çanbensan Gri	Reşadiye	Sömaş	Çanbensan Sarı
Montmorillonit Feldispat Kuars Kalsit	Montmorillonit Feldispat Amorf madde Tiridimit Kuars Kalsit Biyotit	Montmorillonit Amorf madde Opal-CT Feldispat Tiridimit Kalsit Kuars Mordenit Biyotit	Montmorillonit Amorf madde - Kalsit Kuars Opal-CT	Montmorillonit Amorf madde - Kuars Opal-CT Feldispat Jips Kalsit

Çizelge 3.2 Bentonit örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Bileşen (%)	Reşadiye	Çanbensan Gri	Çanbensan Sarı	Sömaş	Kalecik	Çubuk
SiO ₂	57,09	61,90	57,80	51,76	53,63	36,76
Al ₂ O ₃	16,73	17,30	15,60	14,77	13,22	13,23
Fe ₂ O ₃	3,24	3,30	4,90	5,48	5,20	5,20
MgO	2,03	1,90	2,50	3,31	2,22	1,54
CaO	3,18	3,00	2,10	3,56	7,11	15,65
Na ₂ O	2,51	2,30	2,50	0,47	2,25	2,27
K ₂ O	0,97	0,90	1,10	0,94	1,71	0,35
Diğer	0,75	0,96	0,98	0,92	-	0,89
A.Z.	13,4	14,8	12,5	18,7	14,56	23,40
Toplam	99,90	99,92	99,90	99,91	99,90	99,92

3.3 Tane İriliği Dağılımının Belirlenmesi

Çalışmalarda kullanılan bentonit örneklerine ait kuru elek analizi sonuçlarına ait kümülatif elek altı (K.E.A.) eğrileri Şekil 3.1'de verilmiştir. Çanbensan Sarı, Çubuk, Reşadiye Sömaş bentonit örneklerinin elek analizi değerleri projeden alınmıştır.



Şekil 3.1 Kalecik ve Çanbensan bentonit örneklerinin kümülatif elek altı dağılımı

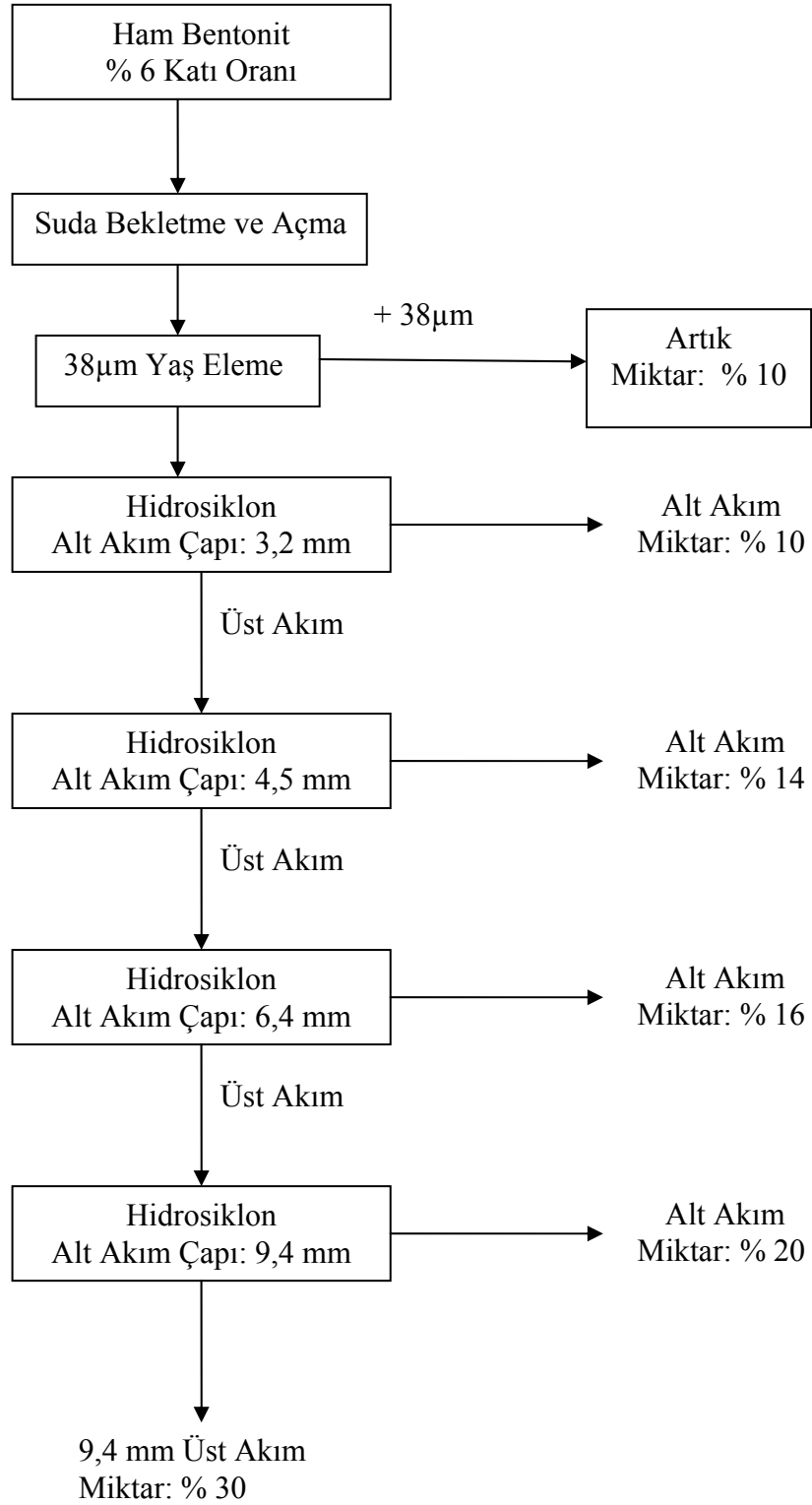
3.4 Hidrosiklon İle Zenginleştirme Çalışmaları

Zenginleştirme çalışmaları farklı akım şemaları kullanılarak iki örnek (Kalecik, ve Çanbensan Gri) üzerinde yürütülmüştür. Bu örneklerden Kalecik bentoniti hidrosiklona beslenmeden önce katı oranı % 6 olacak şekilde hazırlanmıştır. Bentonitin daha iyi dağılmasını sağlamak amacıyla, suda 24 saat bekletilmiş ve zaman zaman karıştırılmıştır. Suda dağılması sağlanan bentonit 38 µm'lik elekten elenerek iri kısım uzaklaştırılmıştır. Elek altı bentonit-su karışımı hidrosiklona beslenmiştir. Zenginleştirmede kullanılan akım şeması Şekil 3.2'de, deneylerde kullanılan Mozley marka C124 model hidrosiklona ait bir resim ise Şekil 3.3'de verilmiştir. Deneyler 8 mm üst akım çıkış açıklığı (vortex çapı) ve 2 psi (13,79 kPa) besleme basıncında, alt akım çıkış açıklığı (apex çapı) değiştirilerek yapılmıştır.

Alt akım çıkış çapları sırasıyla 3,2, 4,5, 6,4, ve 9,4 mm olarak değiştirilmiş ve her bir devreden alınan üst akım bir sonraki aşamaya beslenmiştir. En son siklon üst akım ve diğer devrelerin alt akımları kurutularak daha sonraki aşamalar için biriktirilmiştir.

Çanbensan Gri bentoniti de katı oranı % 6 olacak şekilde hazırlanmış ve 2–3 saat suda, pervaneli karıştırıcı yardımıyla dağılması sağlamıştır. Suda dağılan

bentonit, 500 μm 'lik elekten elenerek iri kısım uzaklaştırıldıktan sonra hidrosiklona beslenmiştir.



Şekil 3.2 Kalecik bentoniti için zenginleştirme akım şeması

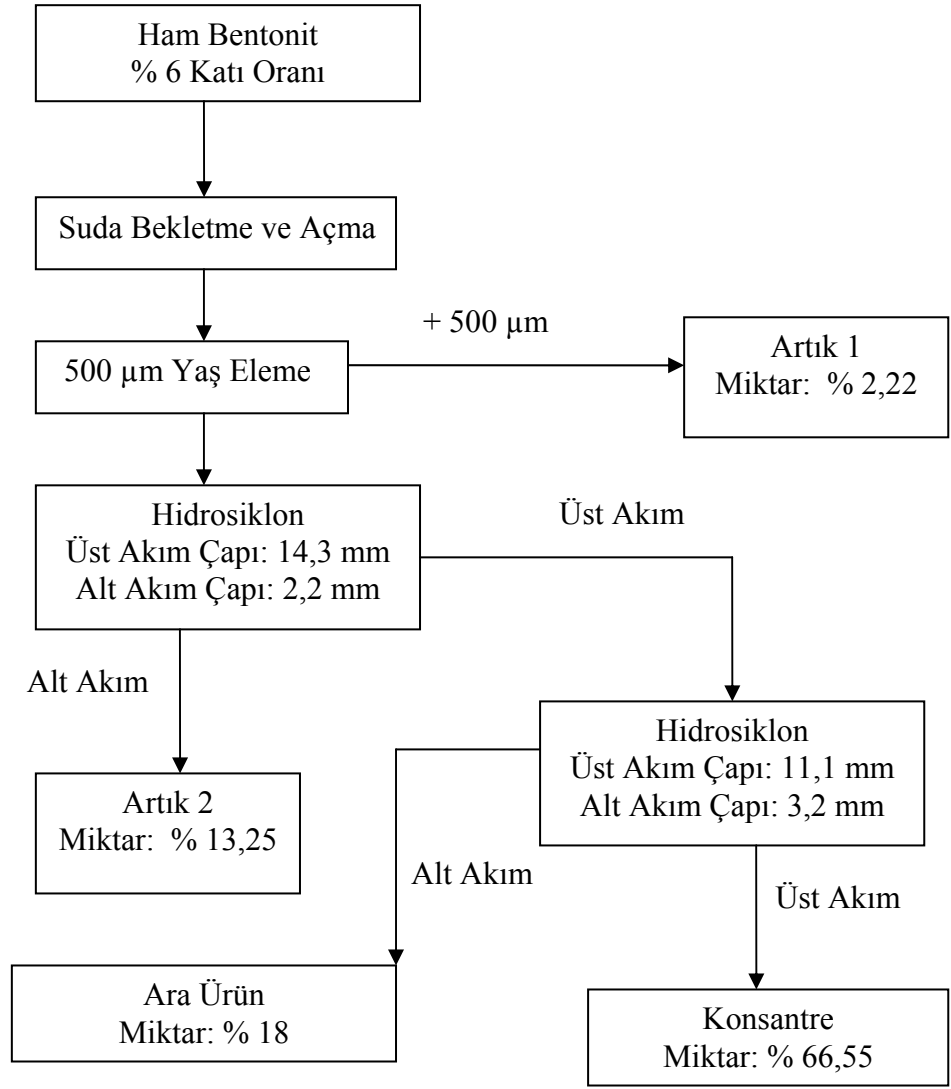
Deneylerde Mozley marka C705 model hidrosiklon kullanılmış, hidrosiklona ait resimler Şekil 3.4'te verilmiştir. Zenginleştirme iki aşamada yapılmış; ilk aşamada siklon üst akım çıkış açıklığı 14,3 mm, alt akım çıkış açıklığı ise 2,2 mm, ikinci aşamada üst akım çıkış açıklığı 11,1 mm, alt akım çıkış açıklığı ise 3,2 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Besleme basıncının 2 psi olduğu zenginleştirme akım şeması Şekil 3.5'te verilmiştir. Konsantre olarak elde edilen ürün kurutularak sonraki aşamalar için bekletilmiştir.



Şekil 3.3 Mozley C124 hidrosiklon deney düzeneği



Şekil 3.4 Mozley C705 hidrosiklon deney düzeneği



Şekil 3.5 Çanbensan Gri bentonit örneğinin zenginleştirilme akım şeması

3.5 Aktivasyon Çalışmaları

Bilindiği gibi aktivasyon işlemleri yaş aktivasyon ve kuru aktivasyon olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Bu çalışma kapsamında her iki bentonit örneğine (Kalecik ve Çanbensan Gri) kuru aktivasyon yöntemi uygulanmıştır. Aktivasyon Na_2CO_3 (Merck, M=105,99 g/mol, % 99.9 saflıkta) ve MgO (Merck, M= 40,30 g/mol, % 98-100,5 saflıkta) ile yapılmıştır. Kuru aktivasyonda ürünün ocaktan çıktığı nem durumu (~ % 40) esas alınmıştır. Bentonit üreticilerinin de uyguladığı aktivasyon işlemine uygun olması için bu çalışma kapsamında da bentonit örnekleri % 40 nem oranında hazırlanmıştır. Nemlendirme işlemi su püskürtülerek ve karıştırılarak yapılmıştır. Daha sonra örnekler üzerine sırasıyla ağırlıkça (kuru esasta) % 0,5, % 1, % 2, % 3 oranında toz haldeki Na_2CO_3 / MgO serpiştirilerek elle karıştırma işlemi yapılmıştır. Aktivasyon işleminin aşamaları Şekil 3.6'da, akım şeması da Şekil 3.7' de verilmiştir.



a) Bentonit Örneği



b) Bentonit Örneğini Nemlendirme



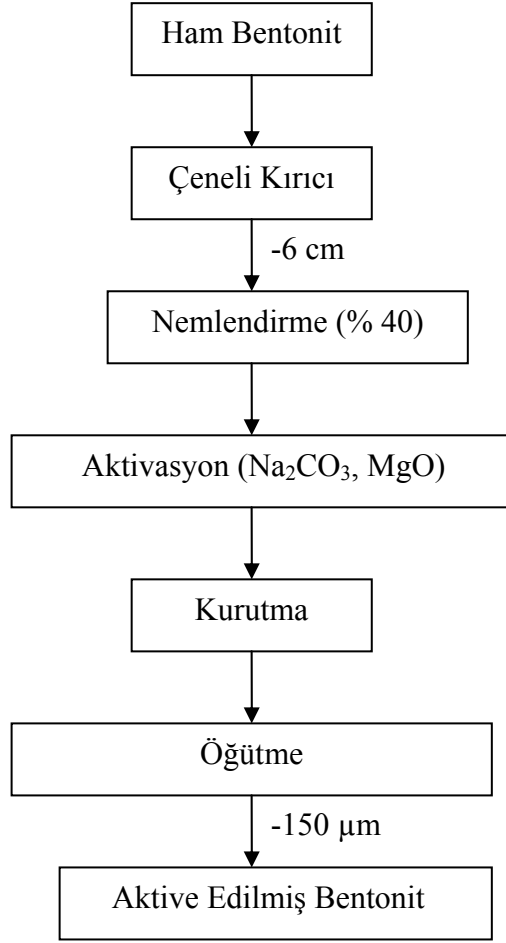
c) Aktiflendirilmiş örnek



d) Kurutulmuş bentonit örneği

Şekil 3.6 Kuru aktivasyonun aşamaları

Aktive edilmiş bentonit örnekleri atmosfer koşullarında 15-20 gün bekletilerek nem oranı düşürüldükten sonra 60 °C'de etüvde kurutulmuştur. Daha sonra örnekler döküm ve diğer testlerde kullanılmak üzere -150 µm'ye öğütülmüştür.



Şekil 3.7 Aktivasyon çalışmalarında kullanılan akım şeması

3.6 Fiziksel Testler

Bu testler kapsamında bentonit örneklerinin şişme, kation değişirme kapasitesi, viskozite, filtrasyon kaybı, kedi kumuna uygunluk (cat litter), su emme kapasitesi, yağ emme kapasitesi ve likit limit testleri yapılmıştır.

3.6.1 Şişme Testi

Bentonit örnekleri, halojen kurutucuda (Şekil 3.8 a) 105 °C' de kurutulmuştur. Daha sonra örnekler oda sıcaklığına kadar soğuması için desikatöre yerleştirilmiştir. Plastik bir kaba kurutulmuş örnekten 2 g alınarak, içerisine 100 ml saf su konulmuş, 100 ml' lik bir mezüre küçük bir kaşık yardımıyla topaklanma olmayacak şekilde yavaş yavaş beslenmiştir. Örneklerde şişme olup olmadığı (24 saat sonra) mezür bentonit yüksekliği okunarak belirlenmiştir. Bu değer bize bentonitin şişme miktarını vermektedir (Şekil 3.8 b).



(a)

(b)

Şekil 3.8 Halojen kurutucu (a) ve şişme testinin bir görünüşü, (b)

3.6.2 Kation Değişirme Kapasitesi (KDK)

Bentonit örneklerinin kation değişim kapasitesi metilen mavisi yöntemi ile belirlenmiştir. Testler -150 µm ye öğütülmüş 105 °C kurutulmuş bentonit örneği ile pülpte katı oranı % 6 olacak şekilde hazırlanmıştır (1,571 g bentonit örneğiyle, 25 ml saf su). Daha sonra pülp 10 dakika manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Hazırlanan pülpten bir şırınga yardımıyla 3 ml çekilerek, daha önceden hazırlanmış olan erlenmayer içindeki 15 ml ağırlıkça % 3'lük H₂O₂,

0,5 ml 5 N H₂SO₄ ve 10 ml saf sudan oluşan çözelti içine katılmıştır. Karışım, yaklaşık 10 dakika kadar ısıtıcıly manyetik karıştırıcıda sıcaklık çok yüksek olmayacak şekilde ve yavaşça karıştırılarak 10 dakika ısıtılmıştır. Kaynayan karışım, karıştırıcı üzerinden alınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra karışım hacmi 50 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. Karışımın üzerine metilen mavisi çözeltisi (3,20 gr metilen mavisi/1000 ml saf su) pipet yardımıyla 1 ml eklenmiş ve 1 dakika karıştırılmıştır. Oluşan yeni karışımdan cam çubuk yardımıyla 1 damla alınıp Whatmann 580 Filtre kağıdının üzerine damlatılmıştır. Damla etrafında mavi bir hale oluşana kadar metilen mavisi karışıma eklenmiş ve 1 dk daha karıştırılmıştır. Mavi hale oluştuktan sonra harcanan metilen mavisi miktarı bulunarak bentonitin katyon değişim kapasitesi hesaplanmıştır

3.6.3 Viskozite Testi

22,5 g kuru -150 µm' ye öğütölmüş bentonit örneği, içinde 350 ml saf su bulunan dakikada 1350-1450 devir yapan mikser içine pölp te katı oranı % 6 olacak şekilde yavaşça beslenerek 20 dk karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 5 dk bekletilip 5 dk daha aynı devirde karıştırılmıştır. Karışımın viskozitesi Fann marka viskozimetre kullanılarak ölçölmüştür. Ölçömler API (American Petroleum Institute) standartlarına uygun olarak önce 300 dev./dk' da sonra 600 dev./dk' da yapılmıştır. Bu işlemleri takiben pH ölçölerek 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Benzer şekilde yukarıda belirtilen devirde 5 dk karıştırma işlemine tabii tutularak tekrar viskozite ölçömleri yapılmıştır.

Görünür viskozite değeri 600 dev./dk. 'da bulunan viskozite değeri ikiye bölünmesiyle elde edilmektedir. Plastik viskozite ise 600 dev./dk ve 300 dev./dk. 'da okunan viskozite değeri farkı alınarak hesaplanmaktadır. Şekil 3.9 a'da viskozite ölçömlerinde kullanılan cihaz görölmektedir.

3.6.4 Filtrasyon Kaybı Testi

Bu testte, daha önce viskozite ölçömlerinde kullanılan ve bir gün bekletilen örnek karışımları kullanılmıştır. Cihazın filtre pres hücresine yerleştirilen bentonit örneği üzerine 7 bar'a kadar basınç uygulanarak 7,5. ve 30.

dakikalarda mezürler içerisindeki süzüntü hacimleri kaydedilerek toplam filtrasyon kaybı bulunmuştur. Şekil 3.9 b' de filtrasyon kaybı ölçülen deney düzeneği verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.9 a) Fann marka Viskozimetre b) Fann marka Filtrasyon kaybı cihazı

3.6.5 Kedi Kumu Testi

Bentonitin kedi kumu olarak kullanılabilirliğini incelemek için için de en az 5 cm yüksekliğinde olacak şekilde -4+1 mm tane iriliğindeki bentonit örneği geniş bir cam kabın içine konulmuş ve üzerine tek noktaya olacak şekilde 20 ml musluk suyu yavaşça bir şırınga yardımıyla boşaltılmıştır. Daha sonra cam kabın dip kısmına ulaşp ulaşmadığı gözlenmiştir. Ayrıca bentonit örneğinin kek oluşturma durumu da izlenmiştir.

3.6.6 Su Emme Testi

Bu test kapsamında -4+1 mm tane iriliğindeki 20 g bentonit örneği kullanılmıştır. Bir süzgecin içerisine filtre kağıdı yerleştirilerek nemlendirilmiş, birlikte darası kaydedilmiştir. Önceden miktarı (20 g) belirlenen örnek, hazırlanan süzgeç içerisine yerleştirilmiş ve çeşme suyu ile doldurulmuş 2 litrelik ölçekli mezüre daldırılmıştır. Daldırma işlemine, su seviyesi, içerisinde örnek bulunan süzgecin üzerine gelene kadar devam edilmiş 20 dk askıda kalması sağlanmıştır. Daha sonra süzgeç ve içerisindeki bentonit örneği suyun süzülmesi için 10 dakika kadar da havada askıda tutulmuştur. İçinde su emmiş

bentonit örneği bulunan tel süzgeç, kuru bir bezin üzerinde 5 dakika daha bekletilerek suyun iyice süzülmesi sağlanmıştır. Yaş bentonit örneğinin ağırlığı belirlenerek bentonitin su emme kapasitesini hesaplanmıştır.

3.6.7 Yağ Emme Testi

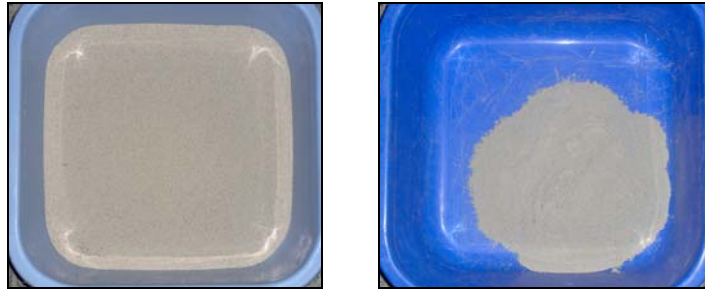
Testlerde $-150 \mu\text{m}$ ' ye öğütölmüş 3- 4 g bentonit örneği kullanılmıştır. Örnekler üzerine 0,5 ml 'den başlamak üzere bir pipet yardımıyla ayçiçeği yağı damlatılarak örneğin doyurulması sağlanmıştır. Örneğin yağ emmesi tamamlana kadar (genel olarak azalan miktarlarda) yağ eklenmeye devam edilmiştir. Yağ miktarının örnek ağırlığına oranından yüzde olarak yağ emme kapasitesi hesaplanmıştır.

3.6.8 Likit Limit Testi

Kalecik (ham, aktive edilmiş, konsantre) ve Çanbensan Gri (ham, aktive edilmiş ve konsantre) bentonit örnekleri için Likit Limit değerleri belirlenmiştir. Öğütölmüş ve $150 \mu\text{m}$ altına elenmiş bentonit örneklerinde Likit Limit değerleri TS 1900 standartları kullanılarak bulunmuştur. Testler T.C.K. Sivas 16. Bölge Müdürlüğü, Araştırma Baş Mühendisliği, Zemin Mekaniği laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.7 Döküm Testleri

Bu testlerde 4400 g kum (AFS 60-70) ve 600 g bentonit örneği kullanılmıştır. Şekil 3.10' da bentonit örneği ve döküm kumunun Şekil 3.11 ise deneylerde kullanılan karıştırıcının resimleri verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.10 Döküm kumu (a), bentonit örneği (b)

Öncelikle karıştırıcı içine döküm kumu eklenerek yayılması sağlanmıştır. Daha sonra doğal nem içeriğine sahip bentonit örneği karıştırıcıya beslenmiş ve karışım 3 dk karıştırılarak bentonit örneğinin döküm kumu içerisinde dağılması sağlanmıştır. Bu işlemleri takiben önceden belirlenen miktarlarda su homojen dağılacak şekilde karışıma eklenmiş ve 15 dk karıştırılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.11 Deneylerde kullanılan karıştırıcı , a) dış görünümü, b) iç görünümü

Karıştırıcıdan alınan örnek (kalıp kumu) nemini kaybetmemesi için plastik poşete konulmuştur. Karışımın nem oranı belirlendikten sonra Şekil 3.12’de ki düzeneğe beslenmiştir. Daha sonra örneklerin kompaktibilitesi ölçülmüştür. Kompaktibilite ölçümleri Disa marka Mini Lab cihazında yapılmıştır. Cihazın görünümü Şekil 3.13’te verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.12 Karıştırıcıdan alınan örneğin beslendiği deney düzeneği

a) düzeneğin görünümü, b) örnek kabı

Sıkıştırılmış örneklerden 50 mm boyunda ve 50 mm çapında olanlar deneylerde kullanılmış ve standart deney numuneleri olarak bahsedilmiştir.

Sıkıştırılmış örneklerle yaş basma, yaş kesme, ezme, kuru basma, yaş çekme ve gaz geçirgenliği testleri yapılmıştır.



Şekil 3.13 Döküm testleri için kullanılan DİSA marka Mini Lab cihazı

3.7.1 Yaş Basma Mukavemeti Testi

Yaş Basma Mukavemeti (Compressive Strength) testi Şekil 3.13’de verilen cihazda yapılmıştır. Ölçüm sırasında Şekil 3.14 a ’da verilen örnek sabitleyici kullanılmıştır. Şekil 3.14 b ’de test sonunda kırılmış bir örneğin görünümü verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.14 Deneyde kullanılan sabitleyici ve kırılmış bir örneğin görünümü
a) sabitleyici, b) kırılmış örnek

3.7.2 Kuru Basma Mukavemeti Testi

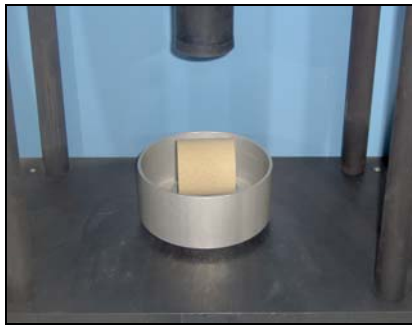
Kuru Basma Mukavemeti (Dry Compressive Strength) testi Şekil 3.13’de verilen cihazda, örnekler 105 °C’ de 24 saat kurutulduktan sonra yapılmıştır. Ölçüm sırasında Şekil 3.14 a ’da verilen örnek sabitleyici kullanılmıştır. Şekil 3.15 ’de test sonunda kırılmış bir örneğin görünümü verilmiştir.



Şekil 3.15 Deneyde kırılmış bir örneğin görünümü

3.7.3 Yaş Ezme Mukavemeti Testi

Yaş Ezme mukavemeti (Splitting Strength) testi Şekil 3.13’de verilen cihaz yardımıyla yapılmıştır. Cihaz içerisine örnek Şekil 3.16 a’ da görüldüğü gibi yatay konumda yerleştirilmiştir. Şekil 3.16 b’ de deney sonunda kırılmış bir örneğin görünümü verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.16 Örneğin yerleştirilmesi ve kırılmış örneğin görünümü
a) örneğin konumu, b) kırılmış örnek

3.7.4 Yaş Kesme Mukavemeti Testi

Yaş kesme mukavemeti (Transverse Strength) testi Şekil 3.17 a’da verilen cihazda deney başlıkları değiştirilerek yapılmıştır. Şekil 3.17’de deneylerde kullanılan başlıklar ve deney sonunda kırılmış bir örneğin görünümü verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.17 Deneylerde kullanılan başlıklar ve kırılmış örneğin görünümü
a) başlıklar, b) kırılmış örnek

3.7.5 Yaş Çekme Mukavemeti Testi

Yaş Çekme mukavemeti Şekil 3.18 a’ da verilen Disa marka cihazla yapılmıştır. Deneylerde Şekil 3.18 b’ de verilen örnek kabı kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.18 Disa Marka yaş çekme cihazı ve örnek kabı görünümü
a) yaş çekme cihazı, b) deney tüpü

3.7.6 Gaz Geçirgenliği Testi

Bu testte Disa marka gaz geçirgenliği ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaza yerleştirilen örnek içerisinden geçen gaz miktarı kayıt edilmiştir. şekil 3.19’da gaz geçirgenliği testlerinde kullanılan cihazın görünümü verilmiştir.



şekil 3.19 Disa marka gaz geçirgenliği cihazı

4. BULGULAR

Bu çalışmaya ait bulgular birden fazla aşamada ve farklı başlıklar altında incelenmiştir. Öncelikle ham bentonit örnekleriyle (Kalecik, Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Çubuk, Sömaş ve Reşadiye) yapılan testlerin sonuçları ve daha sonra zenginleştirme çalışmaları yapılan bentonitlere (Kalecik ve Çanbensan Gri) ait deneysel bulgulara yer verilmiştir. Son aşamada ise ham halde aktive edilmiş bentonit örneklerine (Kalecik ve Çanbensan Gri) ait bulgular yer almaktadır.

4.1 Ham Bentonit Örnekleri ile Yapılan Testler

Çanbensan Sarı, Çubuk, Sömaş ve Reşadiye ham bentonit örneklerine ait fiziksel özelliklerin belirlendiği bulgular, “Türkiye Bentonitlerinden Teknolojik Ürünlerin Elde Edilmesi” başlıklı ve 106G057 kodlu (TÜBİTAK-KAMAG) projesinden alınmıştır.

4.1.1 Ham Bentonit Örnekleri İle Yapılan Fiziksel Testler

Bentonit örnekleri ile yapılan fiziksel testlere ait bulgular Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ham bentonit örneklerinin fiziksel özellikleri

Örneğin Adı	Katyon Değişirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	pH	Yağ Emme Kapasitesi (%)	Su Emme Kapasitesi (%)
Kalecik	59,78	12	9,96	40,00	164,52
Sömaş	56,30	7	8,62	35,00	142,86
Çubuk	59,80	14,5	10,21	33,00	149,90
Çanbansan Gri	70,65	10	9,09	32,00	156,90
Çanbansan Sarı	70,65	15,5	8,73	35,00	154,31
Reşadiye	76,00	20,5	9,71	38,00	156,78

Çizelge 4.2 Ham bentonit örneklerinin viskozite değerleri

Örneğin Adı	1. Gün					2. Gün				
	Viskozite (cP)		pH	Görünür	Plastik	Viskozite (cP)		pH	Görünür	Plastik
	300 (dev/dk)	600 (dev/dk)		Viskozite (cP)	Viskozite (cP)	300 (dev/dk)	600 (dev/dk)		Viskozite (cP)	Viskozite (cP)
Sömaş	1,50	3,25	7,96	1,62	1,75	2,00	4,00	7,89	2,00	2,00
Kalecik	2,00	4,00	9,96	2,00	2,00	4,00	8,00	9,75	4,00	4,00
Çubuk	2,00	4,00	10,33	2,00	2,00	3,00	5,80	10,07	2,90	2,80
Çanbansan Gri	2,50	4,50	9,53	2,25	2,00	7,00	12,00	9,31	6,00	5,00
Çanbansan Sarı	4,50	7,00	8,58	3,50	2,50	5,50	8,50	8,30	4,25	3,00
Reşadiye	17,50	31,00	9,69	15,50	13,50	2,00	35,00	9,54	17,50	33,00

Çizelge 4.3 Çanbensan Gri bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,85	27,50	13,20	9,37	3,10	358	0,285	84
3,01	36,10	16,90	17,25	4,00	472	0,310	99
3,26	37,80	18,70	18,00	4,40	494	0,340	106
3,51	57,00	17,60	32,63	4,40	518	0,385	104
3,71	59,20	21,80	48,20	5,00	601	0,440	92

Çizelge 4.4 Kalecik bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,48	36,80	12,70	16,60	3,20	338	0,305	110
2,55	33,90	14,50	17,16	3,10	352	0,310	108
2,82	44,90	15,60	25,90	3,10	376	0,330	109
3,25	60,20	14,10	45,16	3,30	396	0,380	106

Çizelge 4.5 Çubuk bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,40	29,00	14,80	3,10	354	0,282	85
2,46	38,40	21,67	4,53	509	0,352	98
2,54	30,70	19,40	3,67	408	0,317	95
2,73	34,60	19,60	3,93	425	0,341	98
2,91	33,80	18,43	3,55	411	0,316	102

Çizelge 4.6 Reşadiye bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,18	22,30	6,00	1,40	112	0,185	35
2,51	34,80	13,00	2,70	317	0,366	75
2,56	31,90	13,05	2,65	327	0,390	80
3,04	46,60	16,85	3,30	389	0,448	85

Çizelge 4.7 Çanbensan Sarı bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,53	32,20	14,13	3,25	371	0,348	95
2,67	36,40	14,60	3,65	395	0,378	102
2,74	40,70	16,05	4,00	461	0,376	105
2,98	53,40	18,95	4,35	515	0,438	100
3,01	47,50	17,95	4,35	503	0,433	105

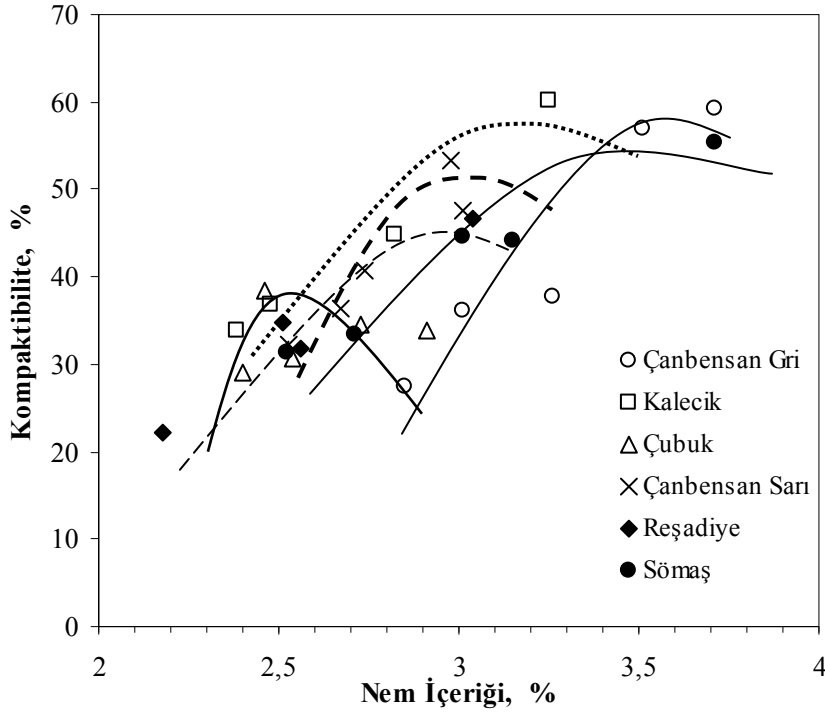
Çizelge 4.8 Sömaş bentonitinin döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,52	31,40	14,40	3,07	328	0,181	80
2,71	33,40	17,90	3,40	348	0,165	82
3,01	44,50	12,43	4,10	512	0,155	88
3,71	55,40	12,37	4,30	541	0,161	94

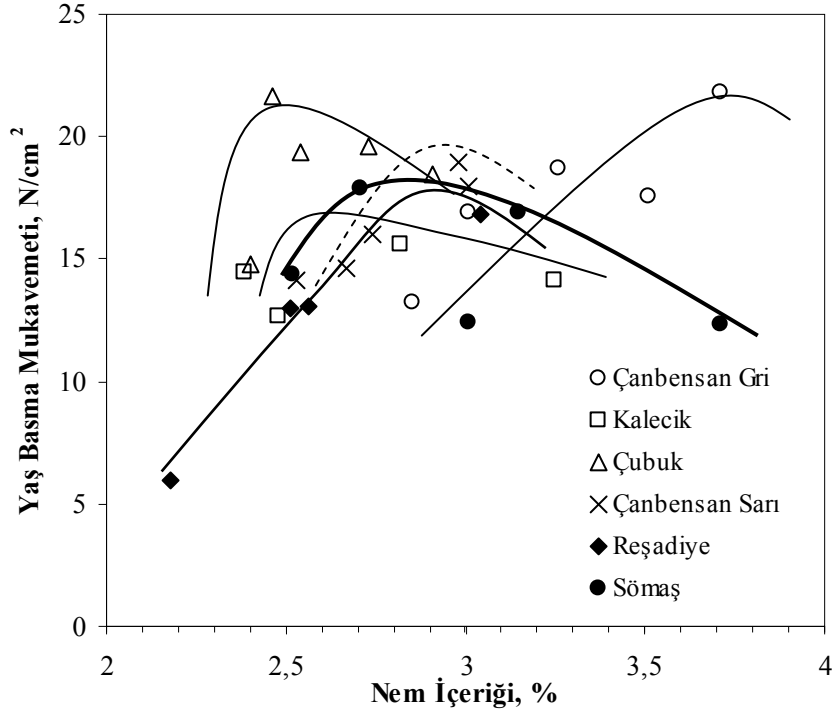
4.1.2 Ham Bentonit Örnekleri İle Yapılan Döküm Testleri

Bilindiği gibi, kalıp malzemesinin (kum + bentonit) döküm işlemlerine uygunluğunu belirlemek için bir takım testler yapılmaktadır. Bu testlerden kompaktibilite, yaş basma, ezme, kesme mukavemeti, yaş (ıslak) çekme mukavemeti ve gaz geçirgenliği belirlenmiştir.

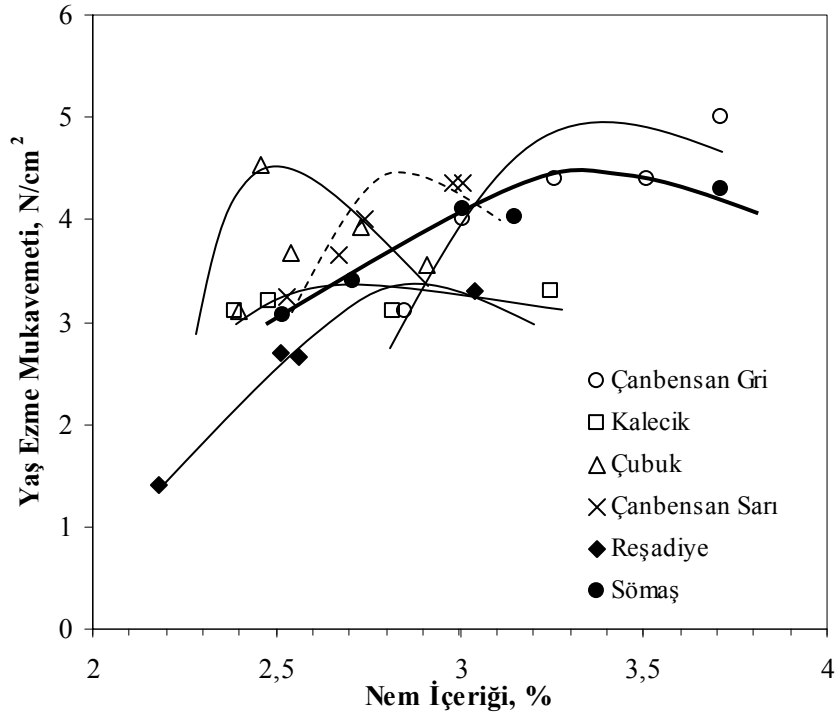
Bu çalışma kapsamında nem içeriğindeki değişimin belirtilen özelliklere etkileri incelenmiştir. Deney bulguları Çizelge 4.3 -4.8 ve Şekil 4.1- 4.6'da verilmiştir.



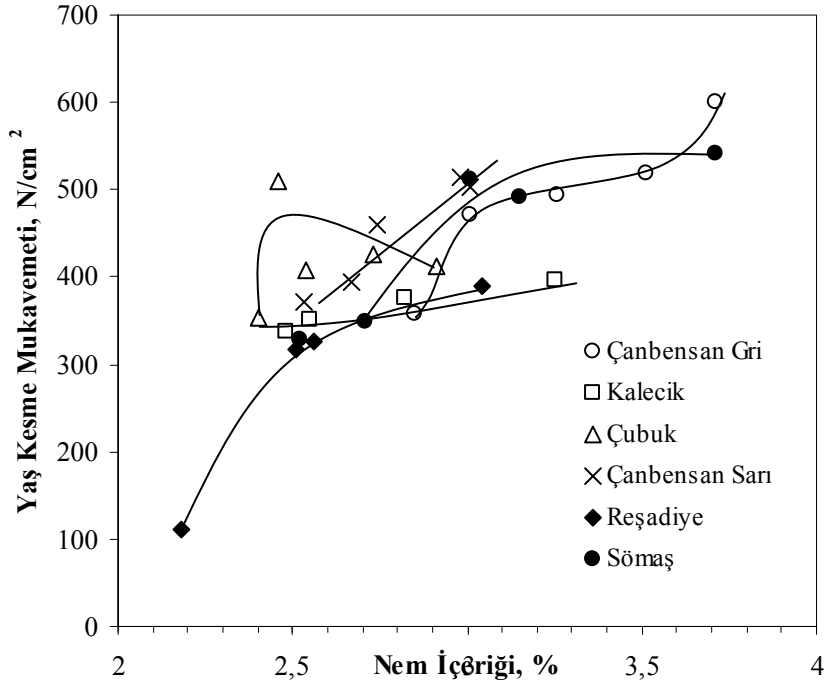
Şekil 4.1 Ham bentonitlerin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi



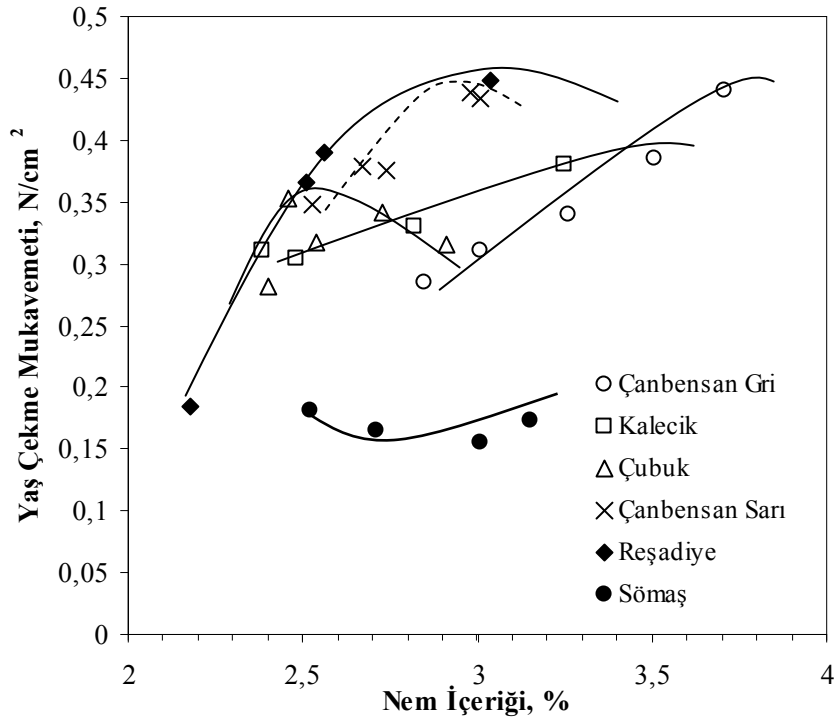
Şekil 4.2 Ham bentonitlerin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



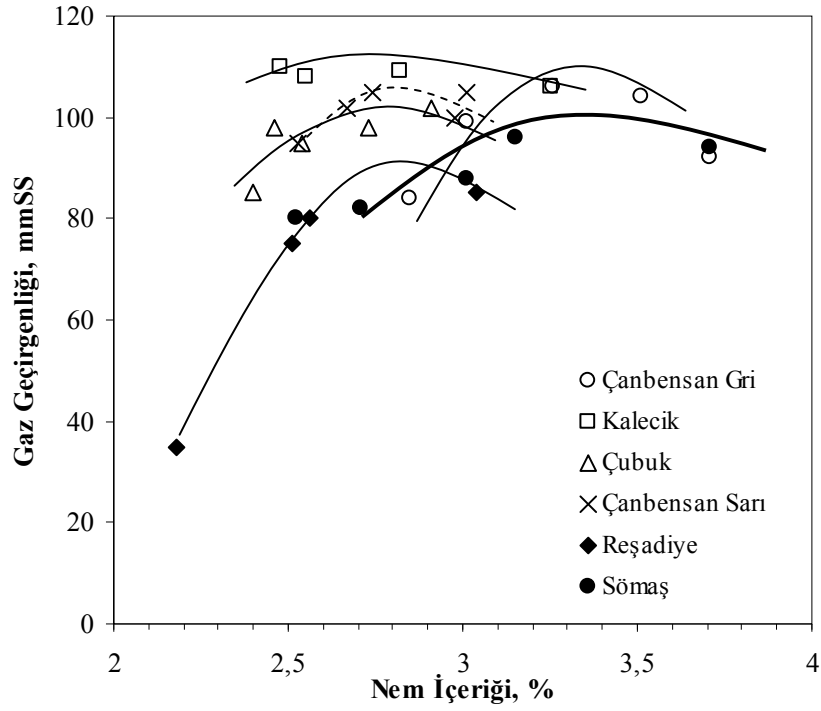
Şekil 4.3 Ham bentonitlerin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.4 Ham bentonitlerin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.5 Ham bentonitlerin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.6 Ham bentonitlerin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örnekleri ile Yapılan Testler

Bilindiği gibi döküm sektöründe yaygın olarak Ca-bentonit ve Na-bentonitlerin karışımları kullanılmaktadır (Murray, 2000). Bu nedenle zenginleştirme ve ham halde aktivasyon çalışmaları ara tip bentonit olan Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitleri ile yapılmıştır.

Zenginleştirilmiş ve ham halde aktive edilmiş ürünler üzerinde fiziksel testler (şişme, katyon değişim kapasitesi, viskozite, filtrasyon kaybı, pH ve likit limit) ve döküm testleri (kompaktibilite, kuru basma, yaş basma, ezme, kesme mukavemeti, yaş (ıslak) çekme mukavemeti ve gaz geçirgenliği) yapılmıştır. Döküm testlerinde ham örneklere uygulanan döküm testlerinden farklı olarak kuru basma mukavemeti testi de yapılmıştır. Ayrıca çizelgelerde ve şekillerde karşılaştırmada kolaylık olması bakımından ham bentonitlere (Kalecik ve Çanbensan Gri) ait bulgular da verilmiştir

4.2.1 Kalecik Bentoniti İle Yapılan Testler

Kalecik bentonit örneği ile zenginleştirme işlemi iki farklı akım şeması kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.2’de belirtilen akım şeması ile zenginleştirme işleminde elde edilen ürünlerden 6,4 mm alt akım, 9,4 mm alt akım, 9,4 mm üst akım birleştirilerek “Birleştirilmiş Konsantre” olarak değerlendirilmiştir. Şekil 3.5’te belirtilen akım şeması ile zenginleştirme işleminde elde edilen ürün ise “Kalecik Konsantre” olarak adlandırılmıştır.

4.2.1.1 Zenginleştirilmiş Kalecik Bentoniti İle Yapılan Fiziksel Testler

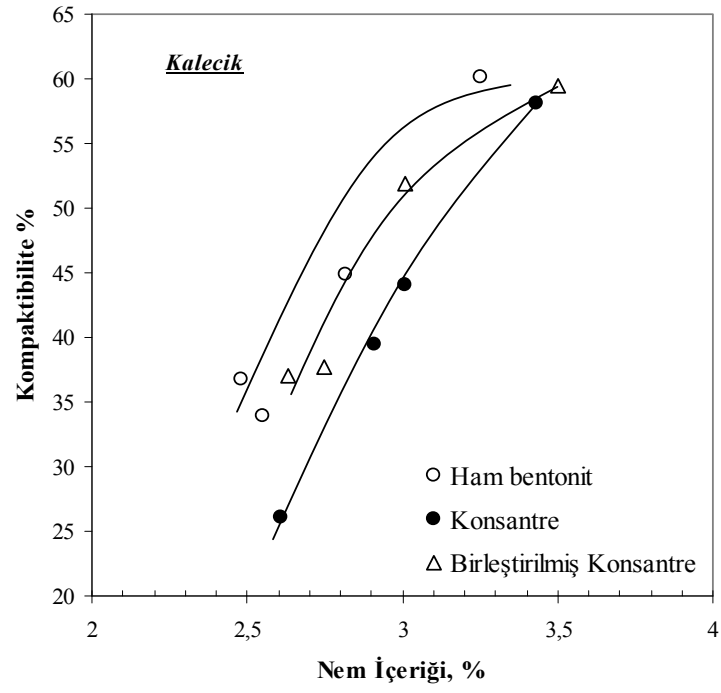
Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantreye ait fiziksel özelliklerin belirlendiği bulgular Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Zenginleştirilmiş Kalecik bentonit örneğine ait fiziksel testlerin sonuçları

Örneğin Adı	Kasyon Değişirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
Ham	59,78	12	4,0	8,0	26,8	198	9,75
Konsantre	65,22	16	6,0	11,0	26,0	211	9,55
Bir.Kon	59,78	12	3,0	5,0	100,0	121	8,42

4.2.1.2 Zenginleştirilmiş Kalecik Bentoniti İle Yapılan Döküm Testleri

Kalecik bentonitine (konsantre ve birleştirilmiş konsantre) ait bulgular Çizelge 4.10, 4.11 ve Şekil 4.7- 4.13’te verilmiştir.



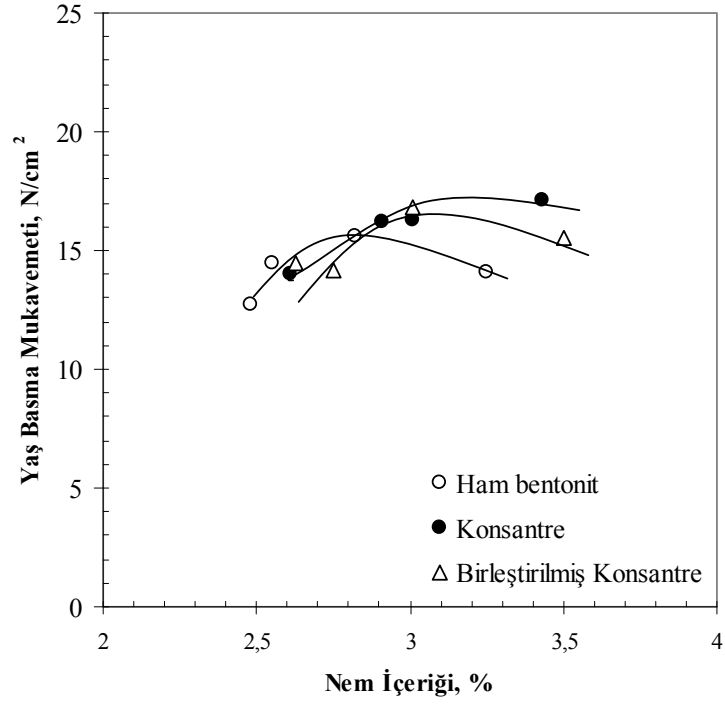
şekil 4.7 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.10 Kalecik Konsantre Bentonit örneğinin döküm testlerinin sonuçları

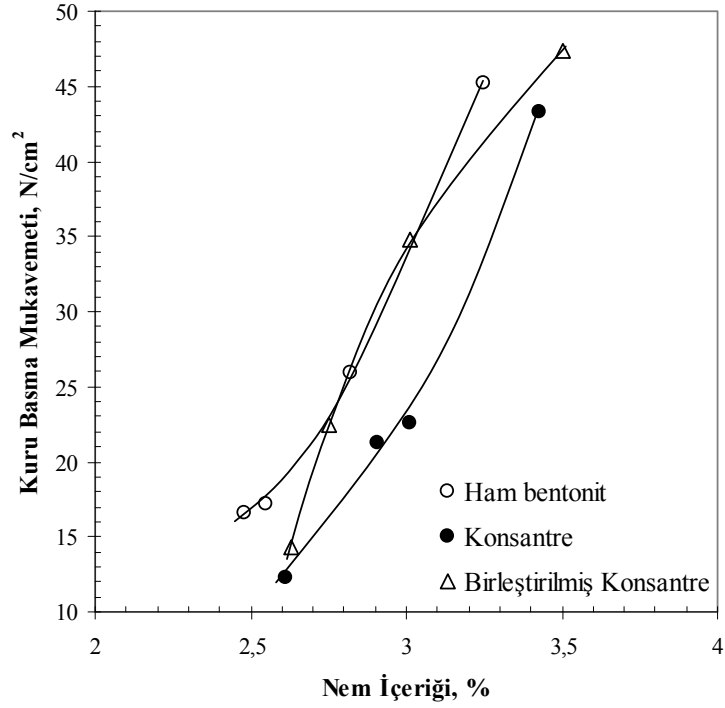
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,61	26,10	14,00	12,33	3,00	312	0,300	109
2,91	39,50	16,23	21,23	3,70	435	0,335	110
3,01	44,10	16,30	22,63	3,80	470	0,360	110
3,43	58,10	17,10	43,30	4,00	482	0,410	107

Çizelge 4.11 Kalecik Birleştirilmiş Konsantre Bentonit örneğinin döküm testlerinin sonuçları

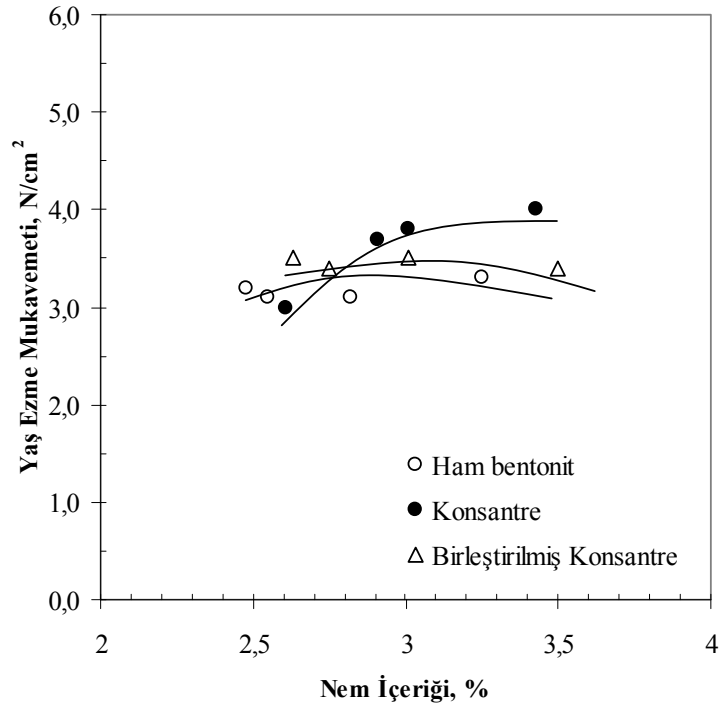
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,63	37,00	14,50	14,30	3,50	386	0,145	114
2,75	37,70	14,20	22,43	3,40	396	0,150	118
3,01	51,90	16,80	34,80	3,50	448	0,120	111
3,50	59,50	15,50	47,33	3,40	410	0,130	97



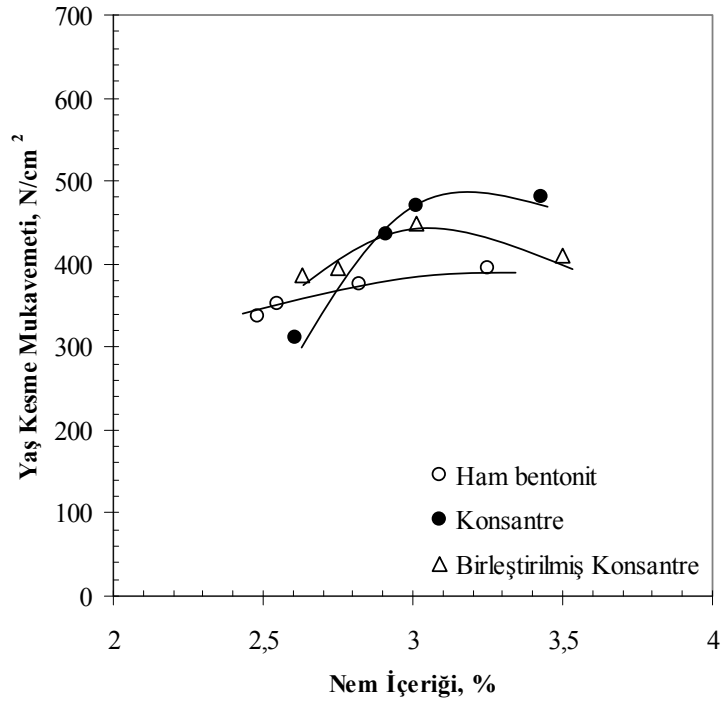
Şekil 4.8 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



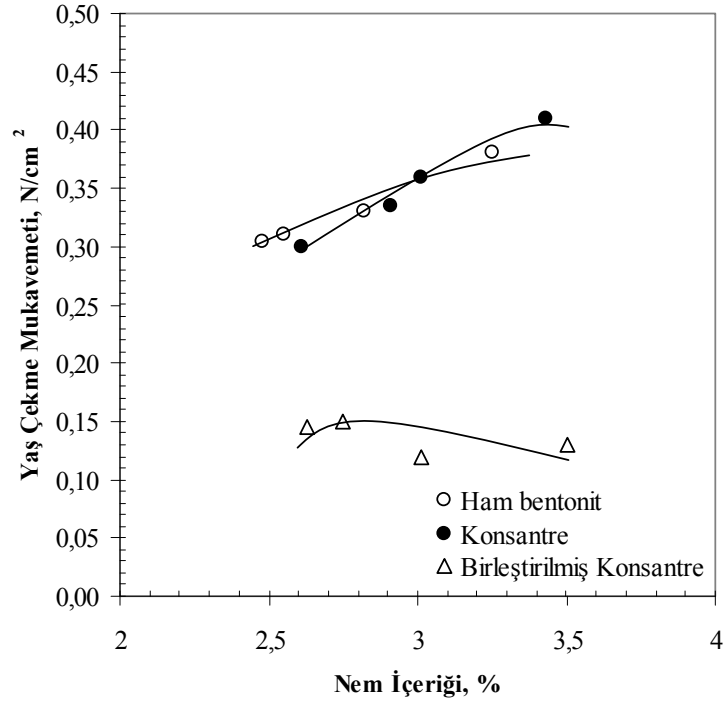
Şekil 4.9 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



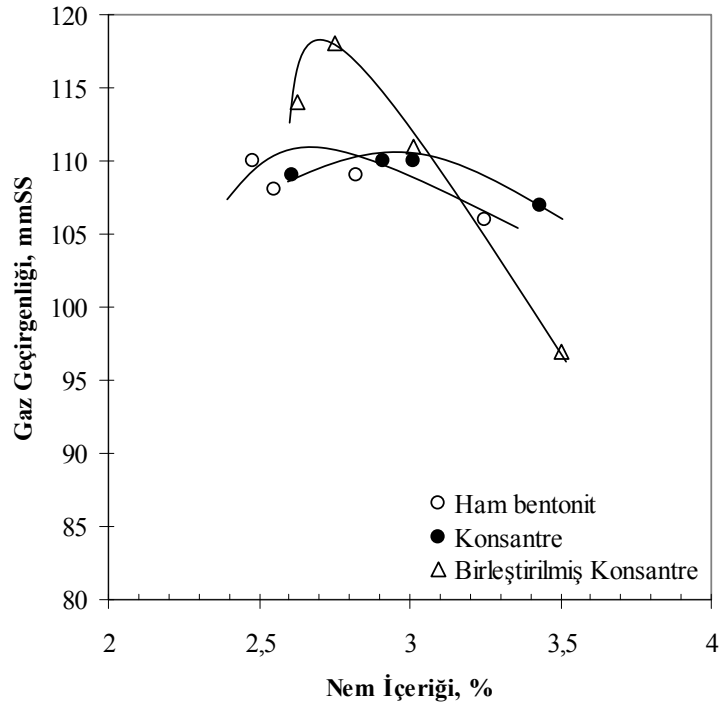
Şekil 4.10 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.11 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.12 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.13 Kalecik konsantre ve birleştirilmiş konsantrelerinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.2.2 Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Testler

Çanbensan Gri bentonit örneği Şekil 3.5'te belirtilen akım şemasına göre zenginleştirilmiştir.

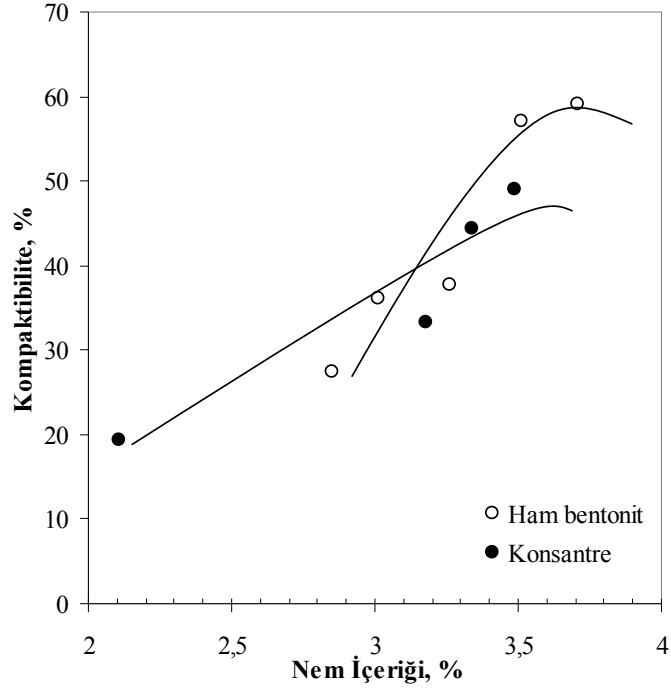
4.2.2.1 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri Bentoniti İle Yapılan Fiziksel Testler

Çanbensan Gri konsantresine ait fiziksel özelliklerinin belirlendiği bulgular Çizelge 4.12' te verilmiştir.

Çizelge 4.12 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğinin fiziksel testlerinin sonuçları

Örneğin Adı	Katyon Değişirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
Ham	70,65	10	7,0	12,0	31,0	219	9,31
Konsantre	76,09	14	7,5	10,5	41,6	205	8,82

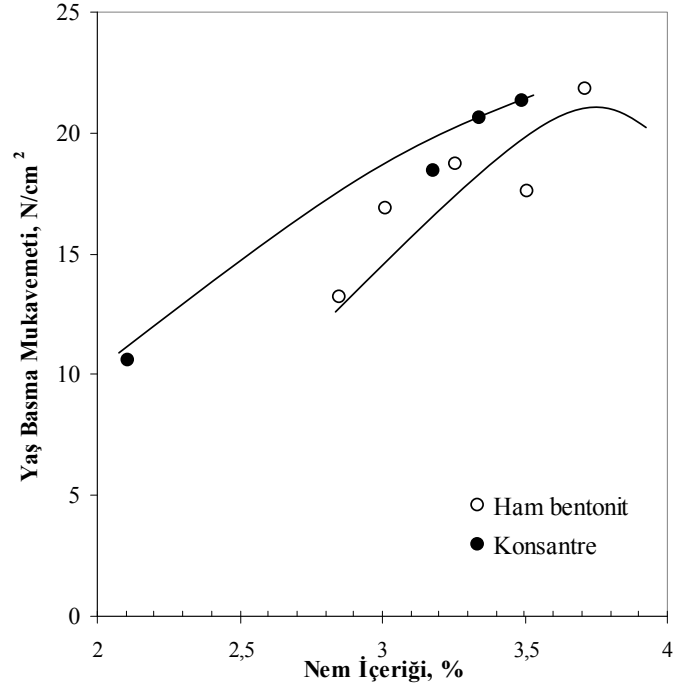
4.2.2.2 Zenginleştirilmiş Çanbensan Gri Bentoniti İle Yapılan Döküm Testleri
Çanbensan Gri bentonitine ait bulgular Çizelge 4.13'te döküm bulgularının nem içeriğine bağlı olarak değişimi Şekil 4.14- 4.20' de verilmiştir.



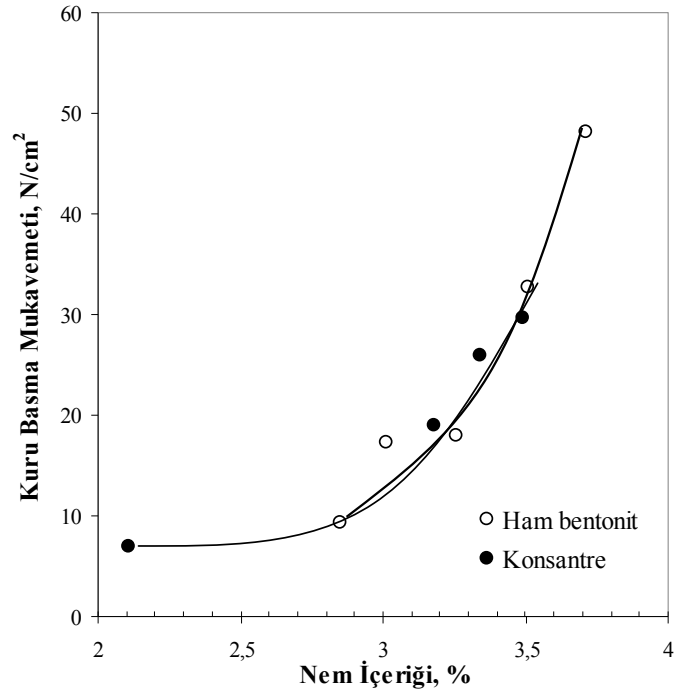
Şekil 4.14 Çanbensan Gri konsantresinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.13 Çanbensan Gri konsantre bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

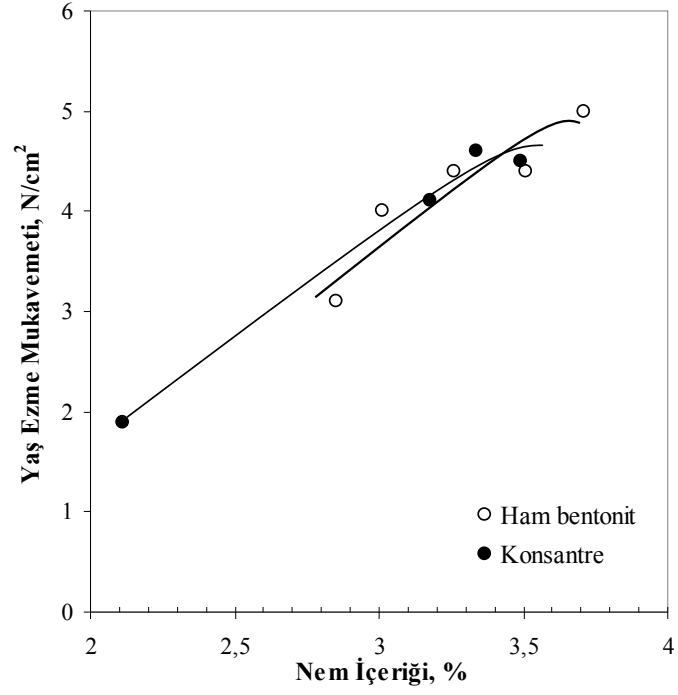
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,11	19,40	10,60	6,90	1,90	230	0,240	58
3,18	33,30	18,40	19,03	4,10	496	0,275	96
3,34	44,30	20,60	25,93	4,60	528	0,300	98
3,49	49,00	21,30	29,60	4,50	571	0,290	100



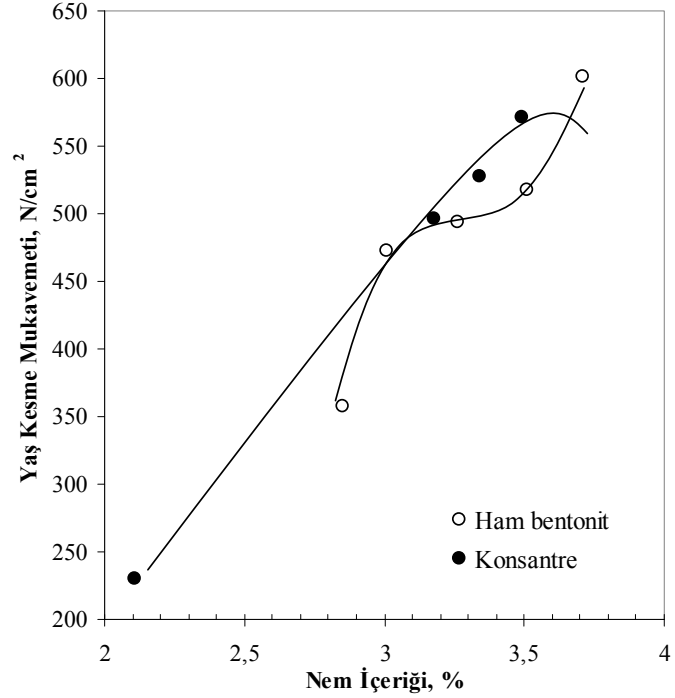
Şekil 4.15 Çanbansan Gri konsantresinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



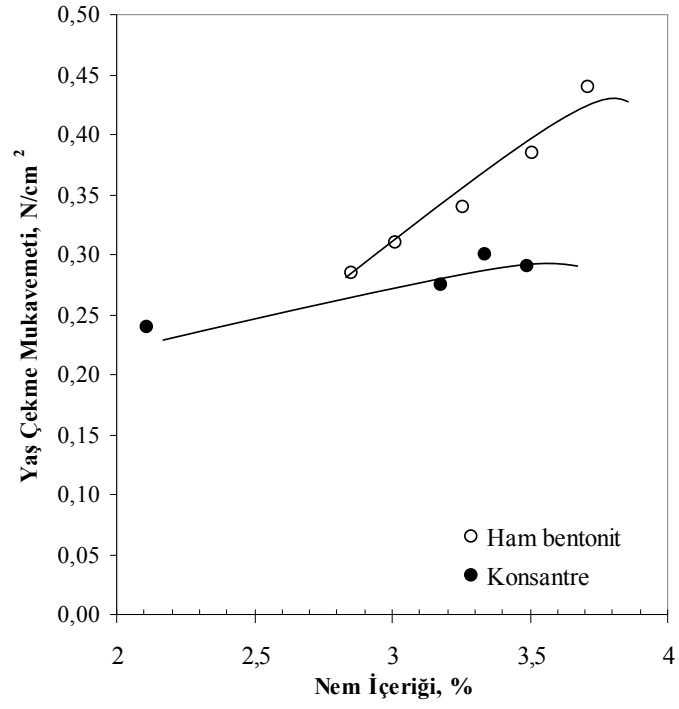
Şekil 4.16 Çanbansan Gri konsantresinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



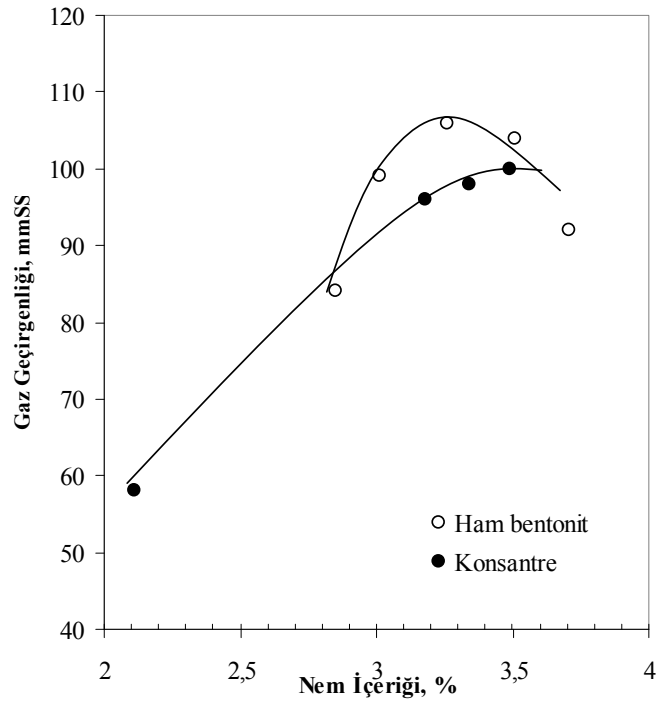
Şekil 4.17 Çanbansan Gri konsantresinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.18 Çanbansan Gri konsantresinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.19 Çanbensan Gri konsantresinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.20 Çanbensan Gri konsantresinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.3 Aktive Edilmiş Bentonit Örnekleri İle Yapılan Testler

Aktivasyon çalışmaları ham haldeki Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitleri ile yapılmıştır. Çalışmalar kuru olarak yapılmış olup, aktive edici malzeme olarak Na_2CO_3 ve MgO kullanılmıştır. Bu maddeler doğal nem ihtiva eden bentonite ağırlığının % 0,5, % 1, % 2 ve % 3'ü oranlarında katılmıştır. Her iki bentonit için hem fiziksel hem de döküm testleri yapılmıştır.

4.3.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Testler

Kalecik bentonit örneğinin aktivasyonu iki ayrı başlık halinde incelenmiştir. Öncelikle Na_2CO_3 ile daha sonra ise MgO ile elde edilen bulgular verilmiştir.

4.3.1.1 Na_2CO_3 ile Yapılan Aktivasyon

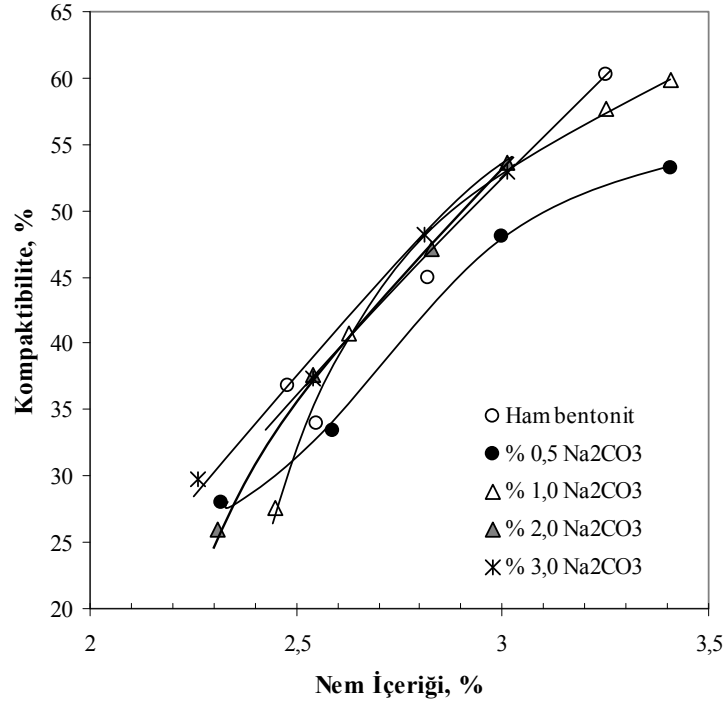
4.3.1.1.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentoniti İle Yapılan Fiziksel Testler

Fiziksel testlerden elde edilen bulgular Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Na_2CO_3 miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin fiziksel özelliklerinin değişimi

Na_2CO_3 Miktarı (%)	Kation Değiştirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
0,5	89,67	11,0	5,0	8,5	26,8	201	9,86
1	54,35	13,0	3,5	6,5	30,4	188	10,14
2	59,78	16,0	4,0	8,0	30,4	178	10,51
3	59,78	11,5	4,0	7,0	37,8	127	10,87

4.3.1.1.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri
Aktive edilmiş Kalecik bentonitinin farklı Na_2CO_3 miktarları için döküm özelliklerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi ile ilgili bulgular Çizelge 4.15 - 4.18 ' de ve Şekil 4.21- 4.27' de verilmiştir.



Şekil 4.21 Na_2CO_3 miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.15 % 0,5 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,32	28,00	11,80	11,30	2,10	226	0,210	76
2,59	33,40	15,20	14,43	3,00	318	0,320	110
3,00	48,00	16,90	27,93	3,30	392	0,360	110
3,41	53,20	14,10	31,10	3,40	410	0,375	98

Çizelge 4.16 % 1 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

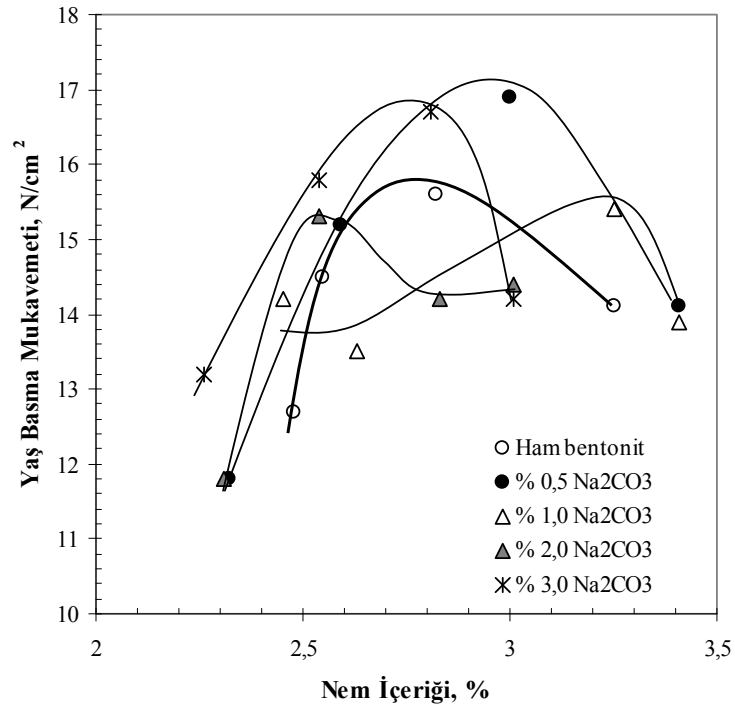
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,45	27,60	14,20	10,96	2,60	288	0,275	109
2,63	40,70	13,50	19,33	3,20	367	0,340	110
3,25	57,70	15,40	38,63	3,40	396	0,390	105
3,41	59,90	13,90	44,06	3,30	396	0,410	97

Çizelge 4.17 % 2 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

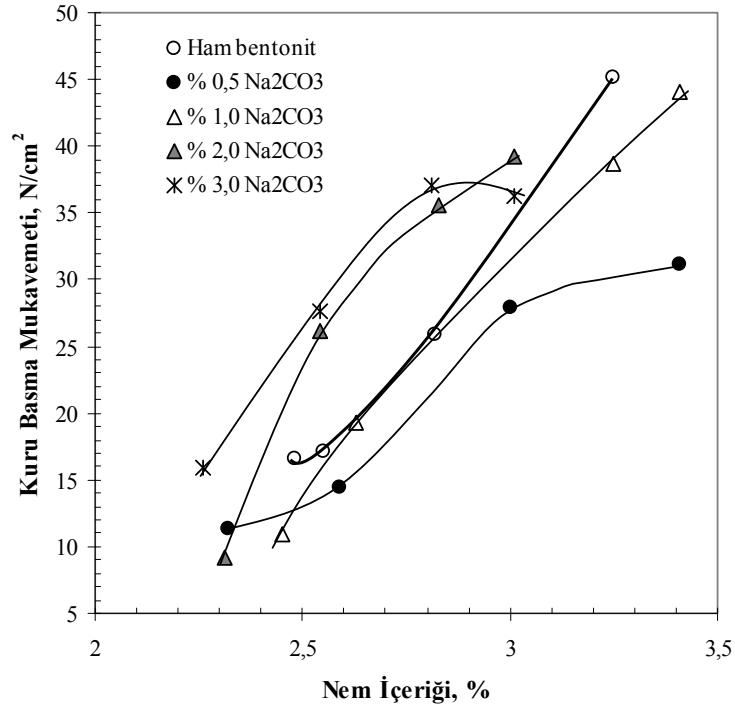
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,31	26,00	11,80	9,13	2,20	242	0,215	90
2,54	37,60	15,30	26,13	3,20	354	0,260	108
2,83	47,10	14,20	35,53	3,40	410	0,280	108
3,01	53,60	14,40	39,23	2,90	396	0,305	99

Çizelge 4.18 % 3 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

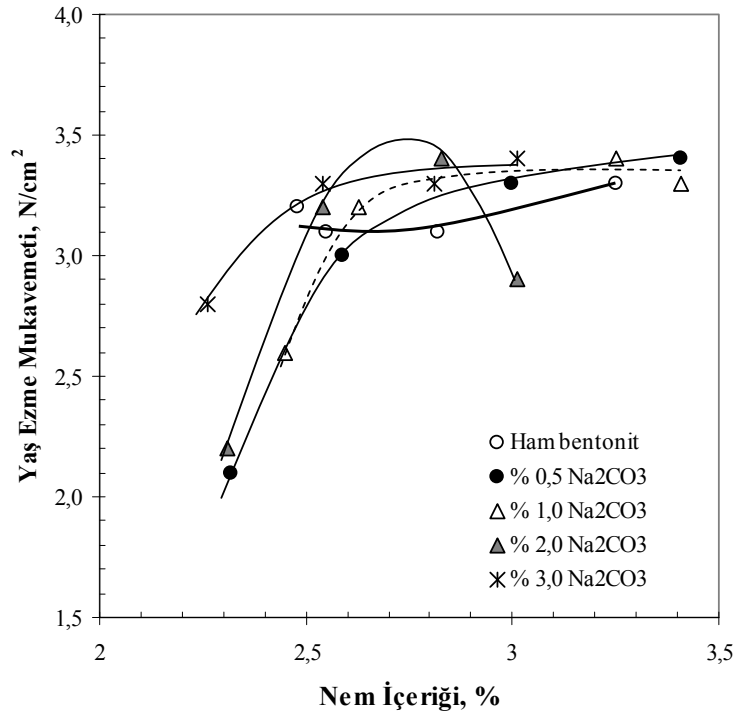
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,26	29,70	13,20	15,90	2,80	296	0,200	100
2,54	37,30	15,80	27,70	3,30	382	0,210	108
2,81	48,20	16,70	37,00	3,30	388	0,190	107
3,01	53,00	14,20	36,27	3,40	402	0,180	102



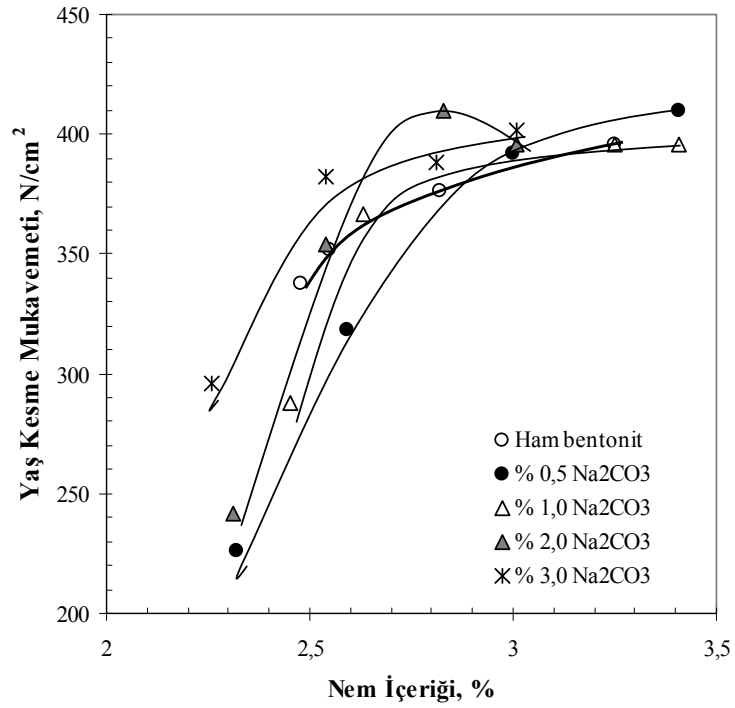
Şekil 4.22 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



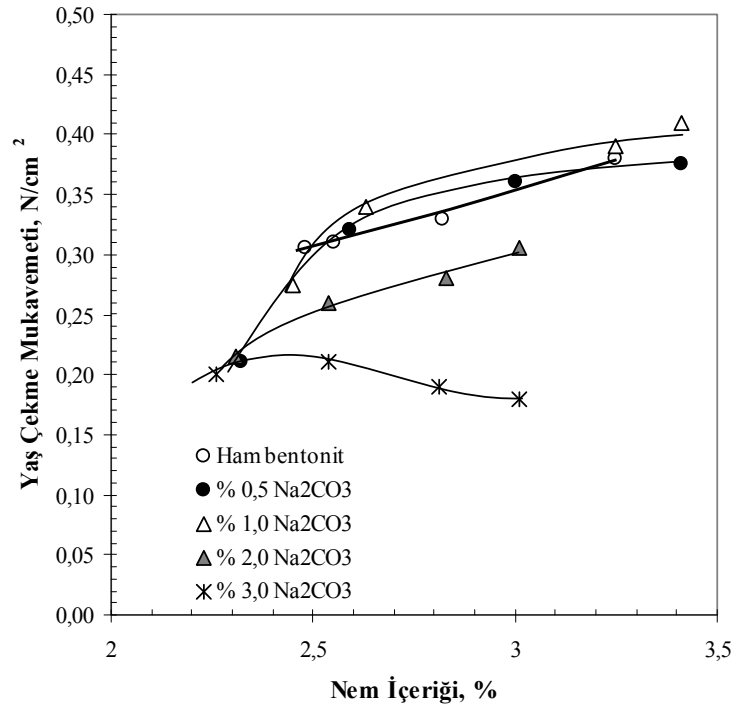
Şekil 4.23 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



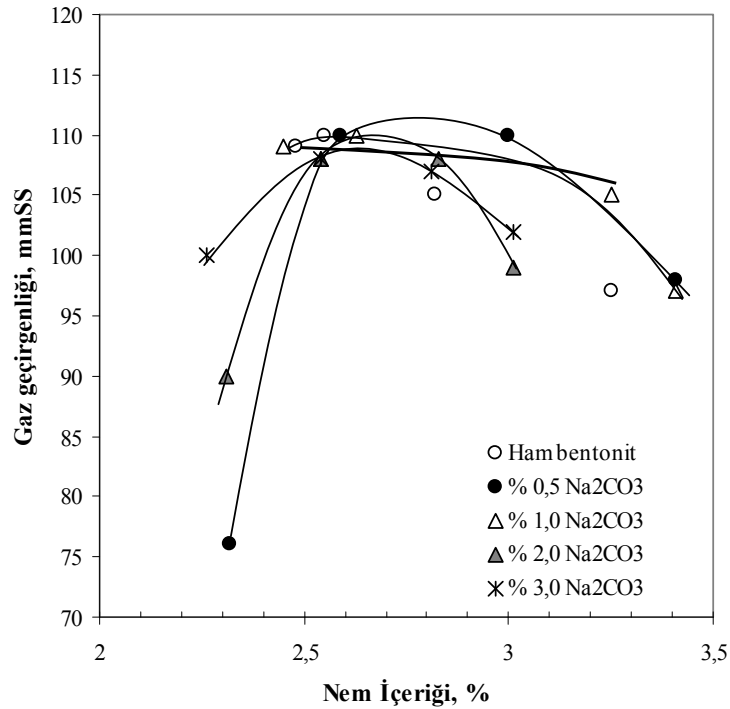
Şekil 4.24 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.25 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.26 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.27 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.3.1.2 MgO İle Yapılan Aktivasyon

4.3.1.2.1 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit İle Yapılan Fiziksel Testler

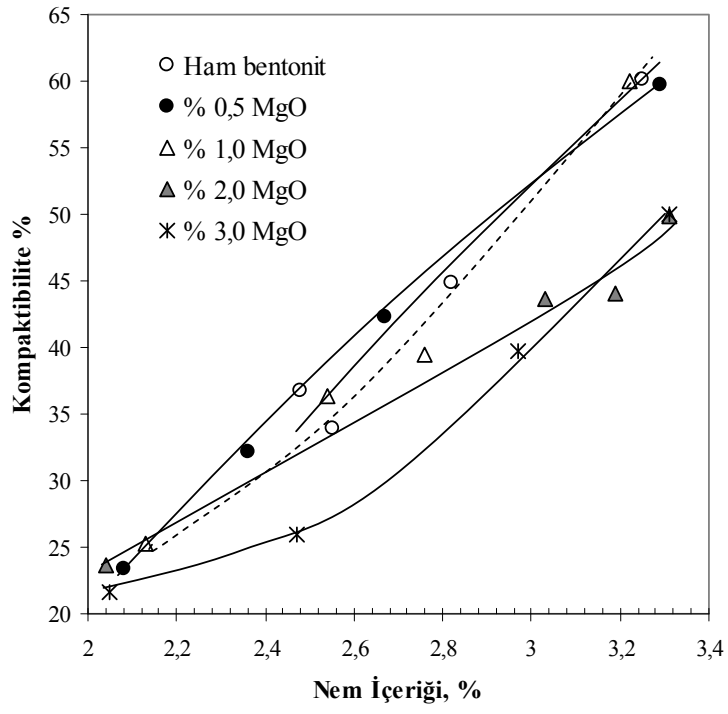
Fiziksel testlerden elde edilen bulgular Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin fiziksel özelliklerinin değişimi

MgO Miktarı (%)	Kasyon Değiştirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
0,5	59,78	15	4,0	8,0	29,2	188	9,81
1	70,65	10	3,0	6,0	39,6	222	9,99
2	59,78	5	3,0	5,0	138,0	139	10,33
3	54,35	5	2,5	4,5	230,2	98,6	10,56

4.3.1.2.2 Aktive Edilmiş Kalecik Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri

Aktive edilmiş Kalecik bentonitinin farklı MgO miktarları için döküm özelliklerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi ile ilgili bulgular Çizelge 4.20 - 4.23 ‘ de ve Şekil 4.28- 4.34’te verilmiştir.



Şekil 4.28 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi

Çizelge 4.20 % 0,5 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,08	23,40	10,70	7,13	1,90	228	0,240	93
2,36	32,20	13,00	12,63	2,90	362	0,235	109
2,67	42,30	12,60	21,83	3,40	386	0,360	104
3,29	59,70	15,90	46,80	3,40	402	0,380	96

Çizelge 4.21 % 1 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

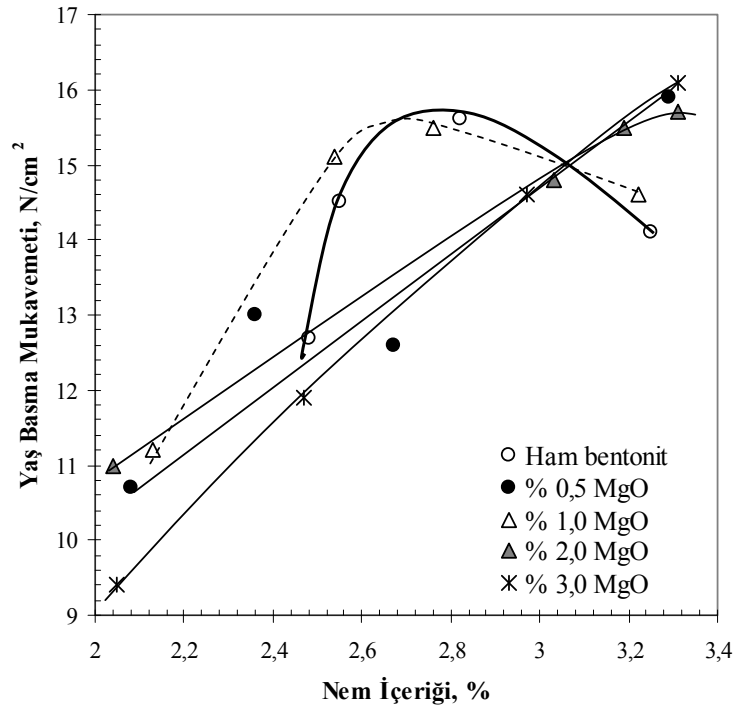
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Dayanımı (N/cm ²)	Kuru Basma Dayanımı (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,13	25,30	11,20	5,00	1,70	218	0,235	98
2,54	36,30	15,10	15,93	2,90	318	0,28	97
2,76	39,50	15,50	20,73	3,15	371	0,295	100
3,22	60,00	14,60	37,93	3,30	402	0,340	94

Çizelge 4.22 % 2 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

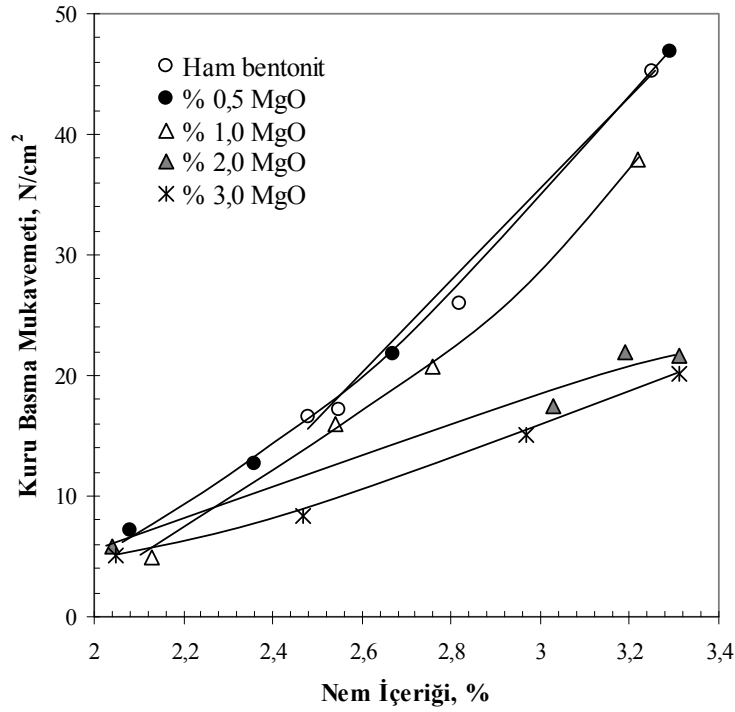
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,04	23,60	11,00	5,83	2,10	226	0,100	84
3,03	43,00	14,80	17,46	3,20	354	0,210	103
3,19	44,00	15,50	21,90	3,40	382	0,220	104
3,31	49,90	15,70	21,63	3,40	396	0,210	92

Çizelge 4.23 % 3 MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

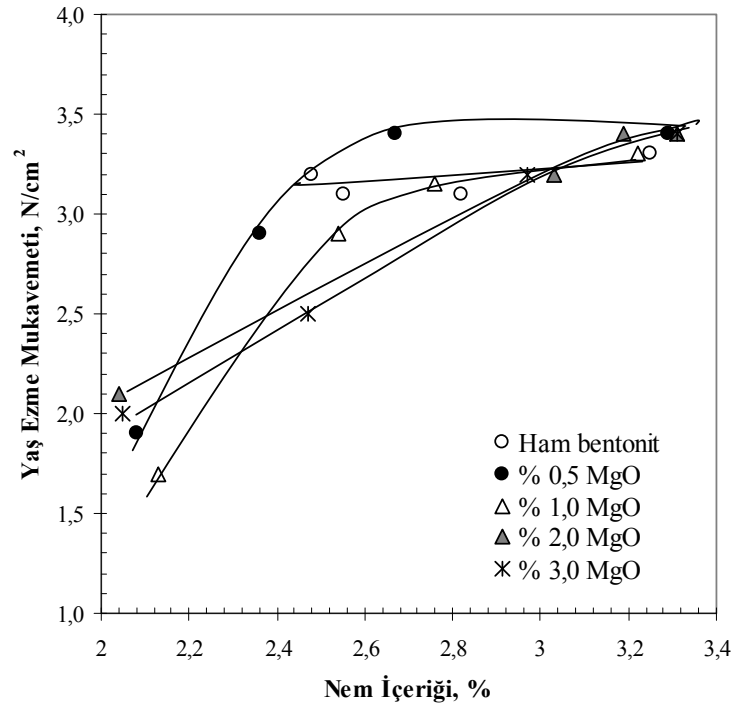
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,05	21,60	9,40	5,03	2,00	216	0,150	79
2,47	26,00	11,90	8,30	2,50	264	0,150	106
2,97	39,70	14,60	15,06	3,20	369	0,180	110
3,31	50,00	16,10	20,10	3,40	382	0,175	111



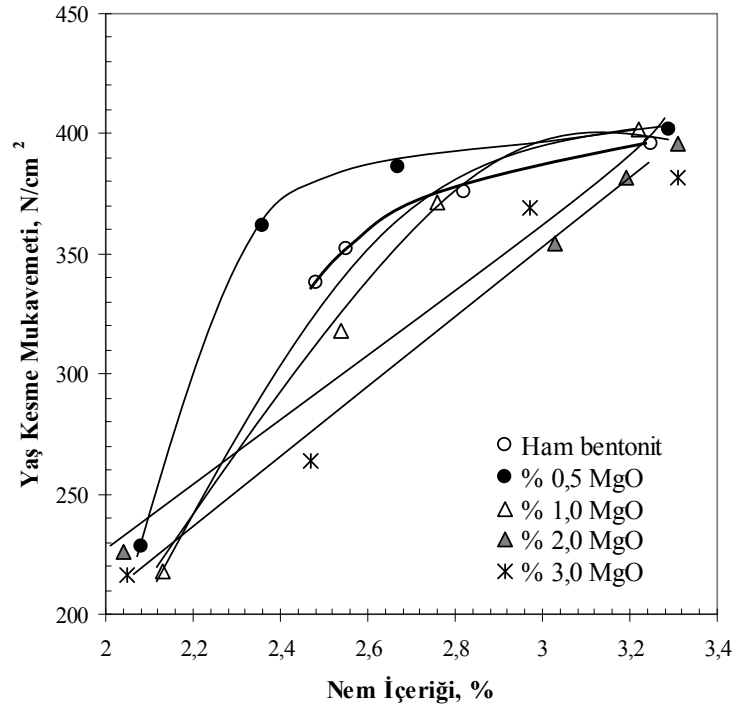
Şekil 4.29 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



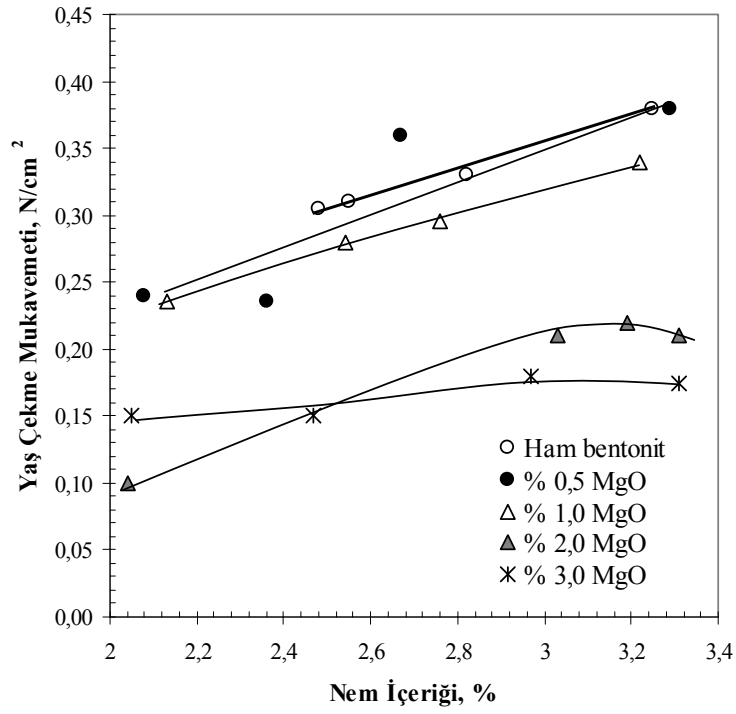
Şekil 4.30 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



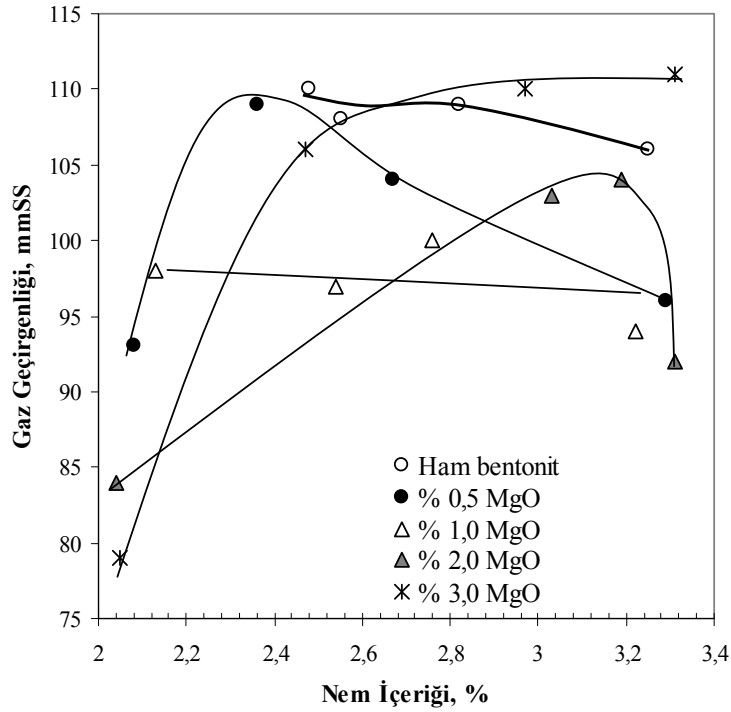
Şekil 4.31 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.32 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4. 33 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.34 MgO miktarına bağlı olarak Kalecik bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.3.2 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Testler
Çanbensan Gri bentonit örneğinin aktivasyonu da iki ayrı başlık halinde incelenmiştir. Öncelikle Na₂CO₃ ile daha sonra ise MgO ile elde edilen bulgular verilmiştir.

4.3.2.1 Na₂CO₃ ile Yapılan Aktivasyon

4.3.2.1.1 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentoniti İle Yapılan Fiziksel Testler
Fiziksel testlerden elde edilen bulgular Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin fiziksel özelliklerinin değişimi

Na ₂ CO ₃ Miktarı (%)	Kasyon Değiştirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
0,5	70,65	15	7,5	12,5	32,4	219	9,48
1	65,22	15	7,5	12,5	31,2	208	9,66
2	70,65	13	7,5	12,5	26,4	248	10,10
3	70,65	15	4,0	7,0	34,4	192	10,37

4.3.2.1.2 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testler

Aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinin döküm özelliklerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimine ait bulgular (farklı Na₂CO₃ miktarları için) Çizelge 4.25-4.28’de ve Şekil 4.35-4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.25 % 0,5 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,17	18,80	8,70	3,40	1,40	134	0,270	48
2,68	23,40	11,00	6,27	2,80	288	0,290	96
3,08	41,60	17,60	21,50	4,40	526	0,411	110
3,18	47,50	20,00	33,90	4,70	539	0,390	110

Çizelge 4.26 % 1 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

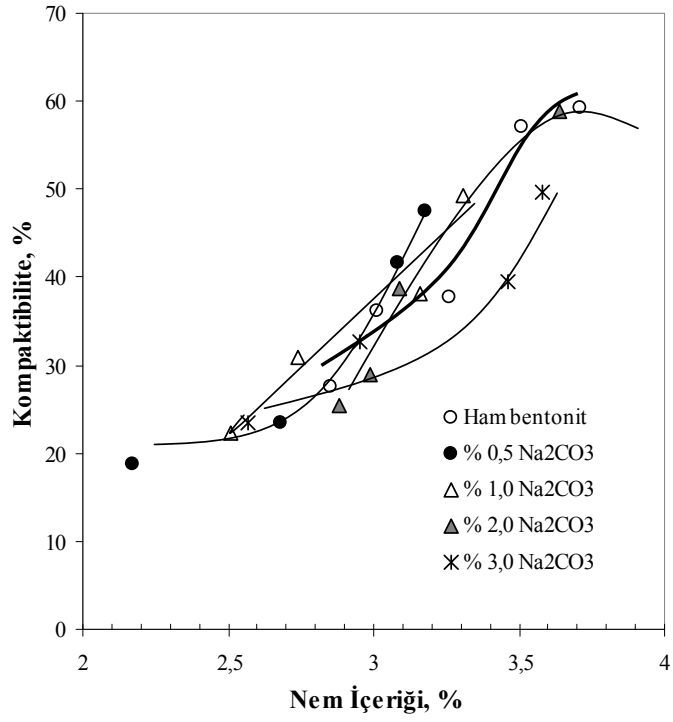
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,51	22,20	9,50	4,60	2,60	250	0,285	80
2,74	30,90	17,30	9,40	3,90	416	0,365	94
3,16	38,20	16,50	15,23	4,20	486	0,385	117
3,31	49,30	19,80	25,36	4,70	533	0,390	109

Çizelge 4.27 % 2 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

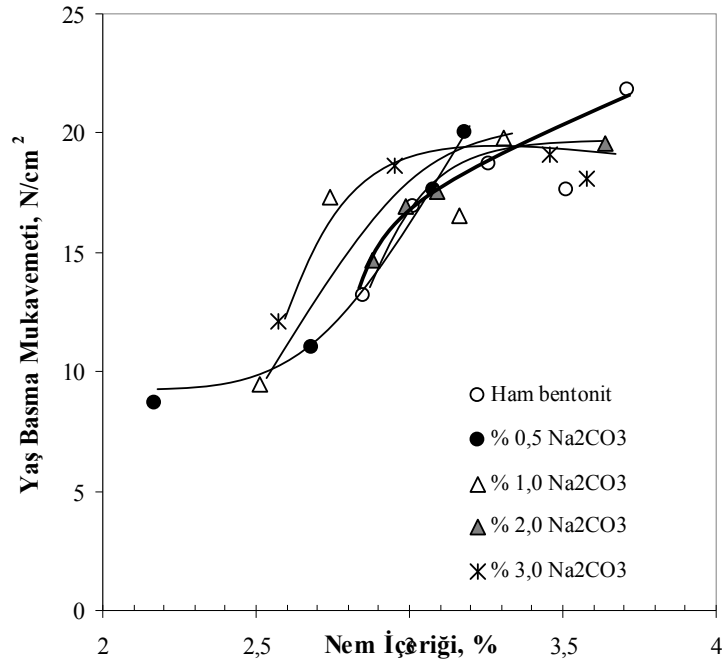
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,88	25,50	14,70	11,53	3,10	320	0,275	84
2,99	29,00	16,90	16,87	3,40	358	0,350	95
3,09	38,70	17,53	25,03	4,20	467	0,390	96
3,64	58,80	19,60	36,77	4,70	530	0,440	96

Çizelge 4.28 % 3 Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

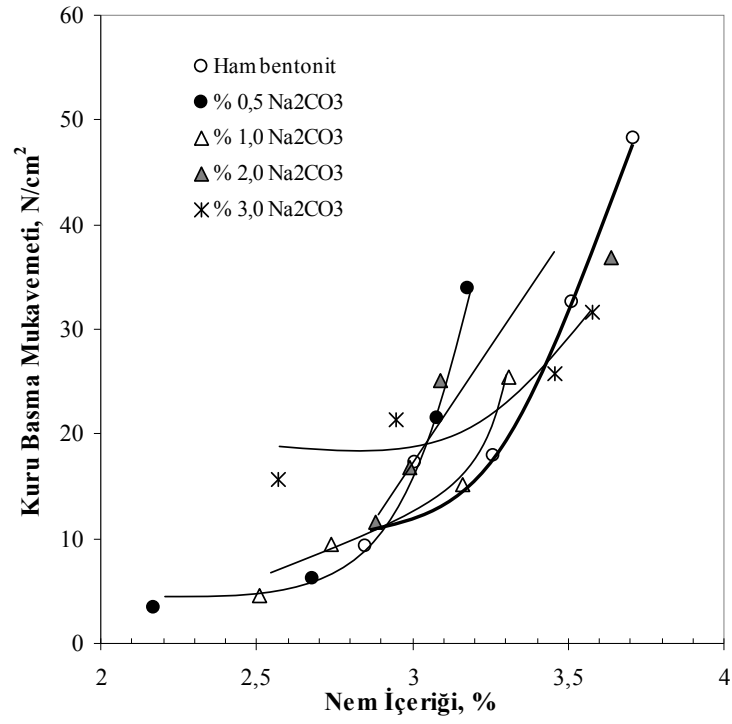
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,57	23,50	12,10	15,60	2,20	238	0,260	53
2,95	32,60	18,60	21,30	3,70	430	0,320	86
3,46	39,40	19,10	25,70	4,05	457	0,305	92
3,58	49,60	18,10	31,67	4,20	518	0,355	96



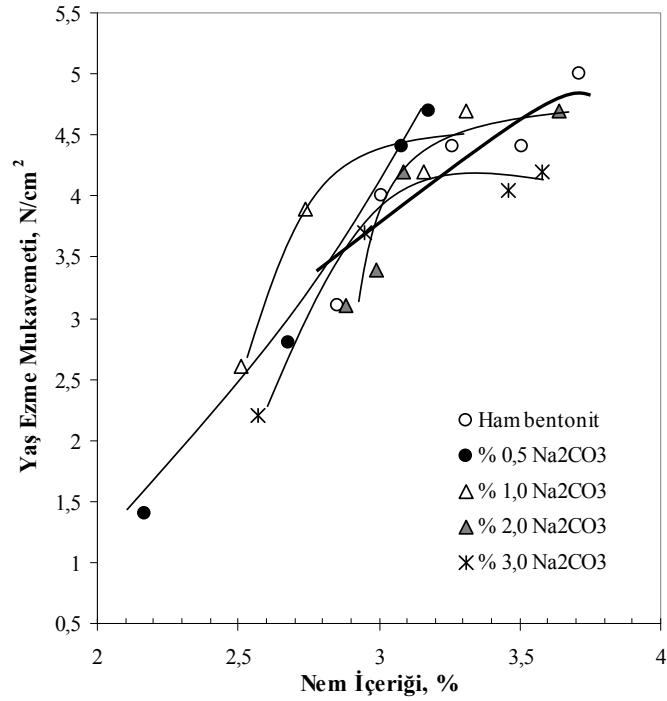
Şekil 4.35 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi



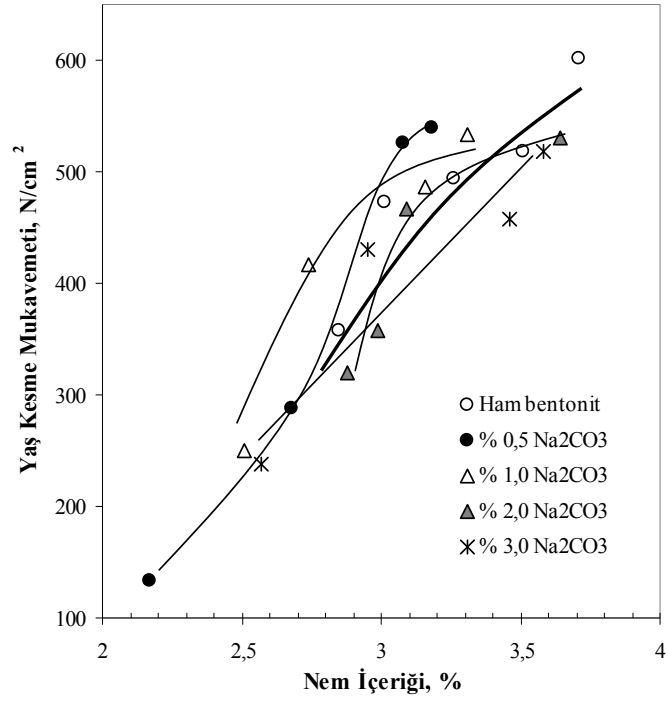
Şekil 4.36 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



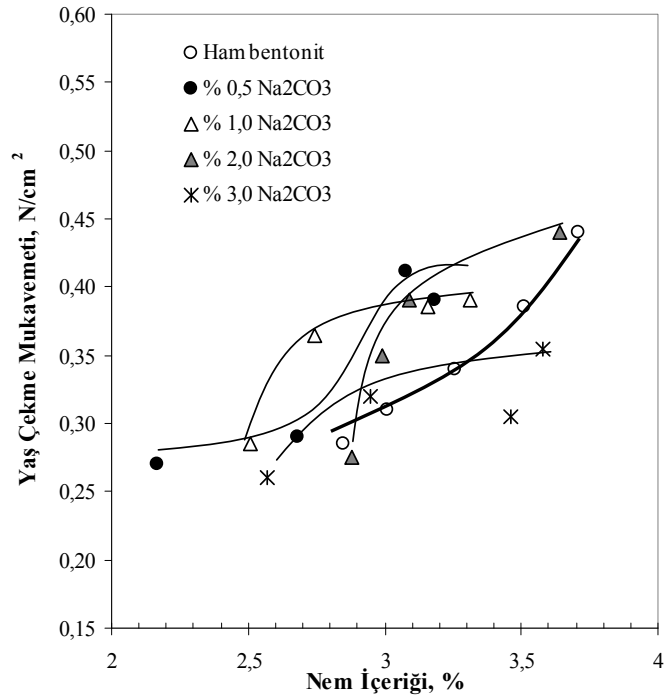
Şekil 4.37 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



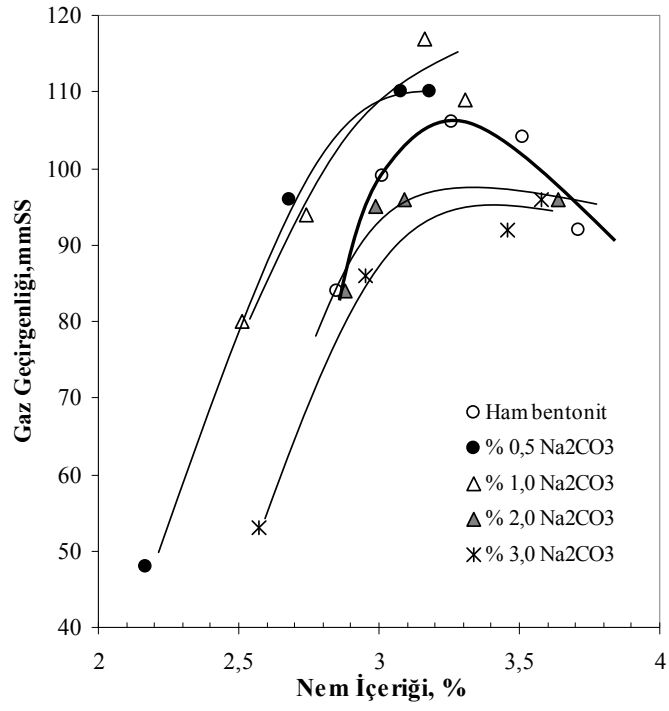
Şekil 4.38 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.39 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensen Gri bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.40 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensen Gri bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.41 Na₂CO₃ miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

4.3.2.2 MgO ile Yapılan Aktivasyon

4.3.2.2.1 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentoniti İle Yapılan Fiziksel Testler
Fiziksel testlerden elde edilen bulgular Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin fiziksel özelliklerinin değişimi

MgO Miktarı (%)	Kasyon Değiştirme Kapasitesi (meq/100 g)	Şişme (ml)	Viskozite (cP)		Filtrasyon Kaybı (ml)	Likit Limit (%)	pH
			300 dev./dk.	600 dev./dk.			
0,5	86,96	15	9,0	13,5	34,4	214	9,57
1	70,65	13	7,0	9,5	48,0	218	9,62
2	65,22	7	5,0	7,0	98,0	159	9,9
3	59,78	8	3,5	5,0	232,0	138	10,27

4.3.2.2.2 Aktive Edilmiş Çanbensan Gri Bentonit Örneği İle Yapılan Döküm Testleri

Aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinin döküm özelliklerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimine ait bulgular (farklı MgO miktarları için) Çizelge 4.30-4.33’de ve Şekil 4.42-4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.30 % 0,5 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,38	22,10	10,20	9,10	2,30	236	0,170	58
3,01	34,90	17,70	14,10	4,00	426	0,310	92
3,13	41,50	19,70	26,00	4,45	514	0,362	98
3,50	59,60	18,90	40,27	4,50	539	0,395	96

Çizelge 4.31 % 1 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

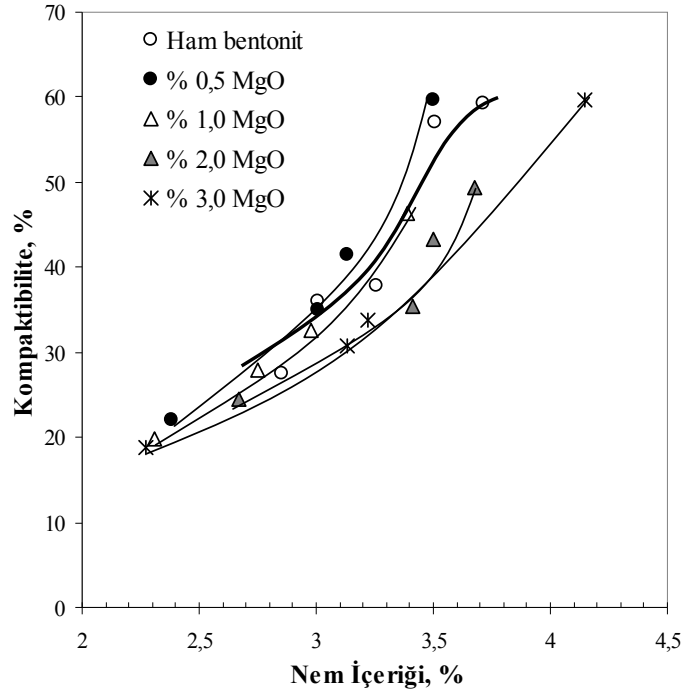
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,31	19,90	7,80	5,45	1,50	128	0,22	50
2,75	28,00	16,50	13,30	3,40	360	0,29	88
2,98	32,50	18,40	15,87	3,80	448	0,30	94
3,39	46,30	18,30	27,06	4,40	522	0,35	98

Çizelge 4.32 % 2 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

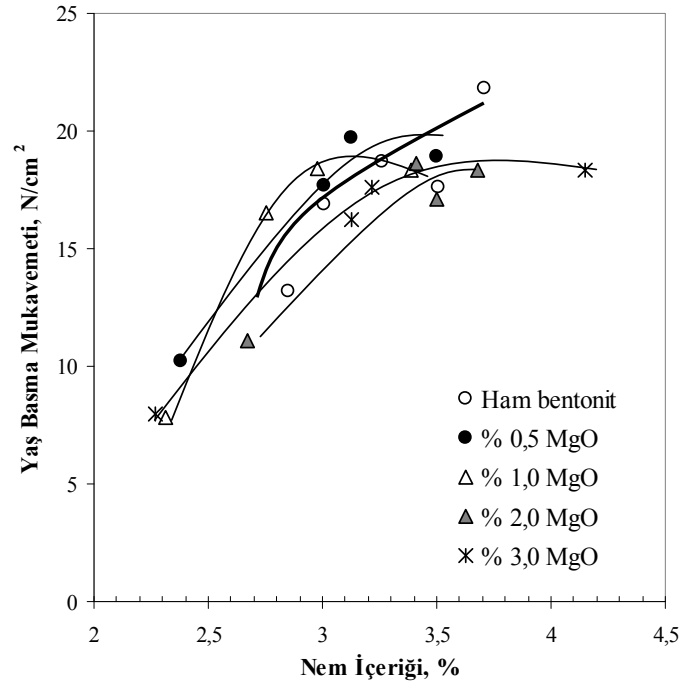
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,67	24,40	11,10	11,40	3,10	310	0,220	76
3,41	35,50	18,60	17,27	4,00	500	0,250	105
3,50	43,30	17,10	25,10	4,40	518	0,270	108
3,68	49,30	18,30	23,67	4,40	518	0,260	110

Çizelge 4.33 % 3 MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit örneğine ait döküm testlerinin sonuçları

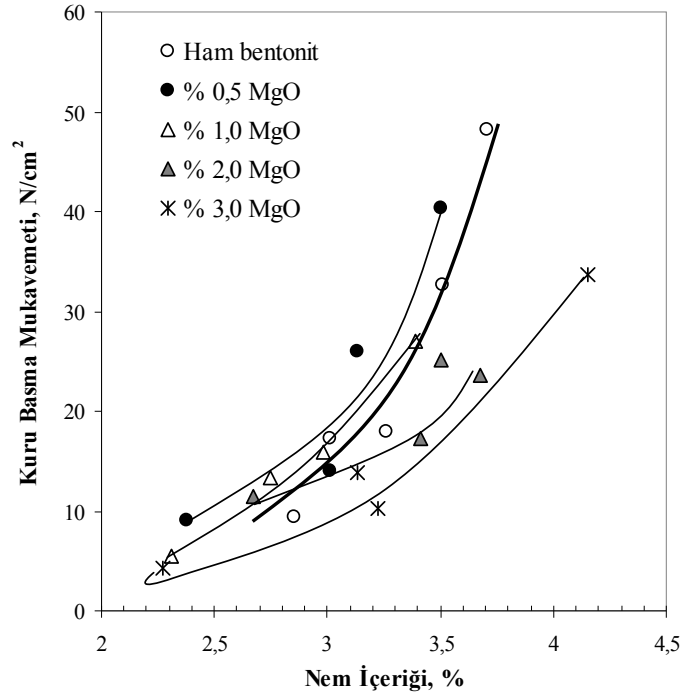
Nem İçeriği (%)	Kompaktibilite (%)	Yaş Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Kuru Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Ezme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Gaz Geçirgenliği (mmSS)
2,27	18,90	8,00	4,25	1,50	158	0,140	45
3,13	30,70	16,20	13,93	3,80	428	0,165	98
3,22	33,70	17,60	10,20	4,00	458	0,190	103
4,15	59,60	18,30	33,70	4,70	535	0,235	100



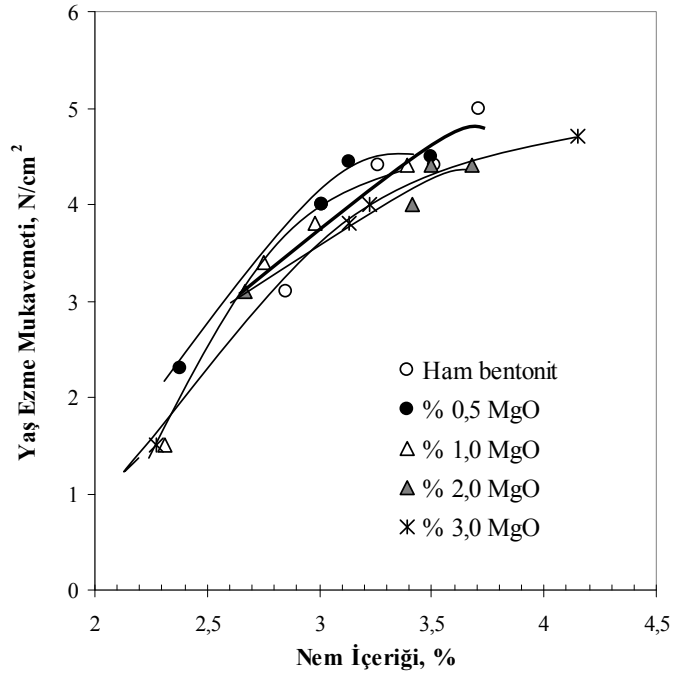
Şekil 4.42 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kompaktibilitesinin nem içeriği ile değişimi



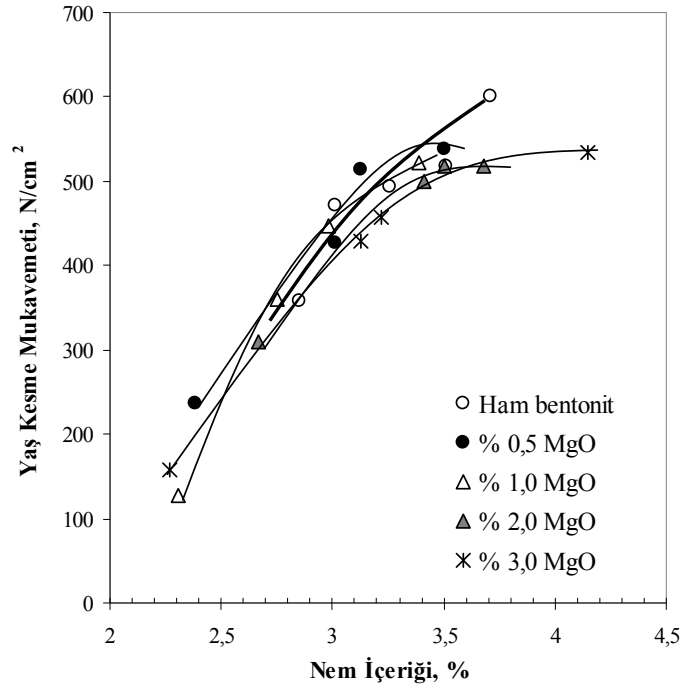
Şekil 4.43 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



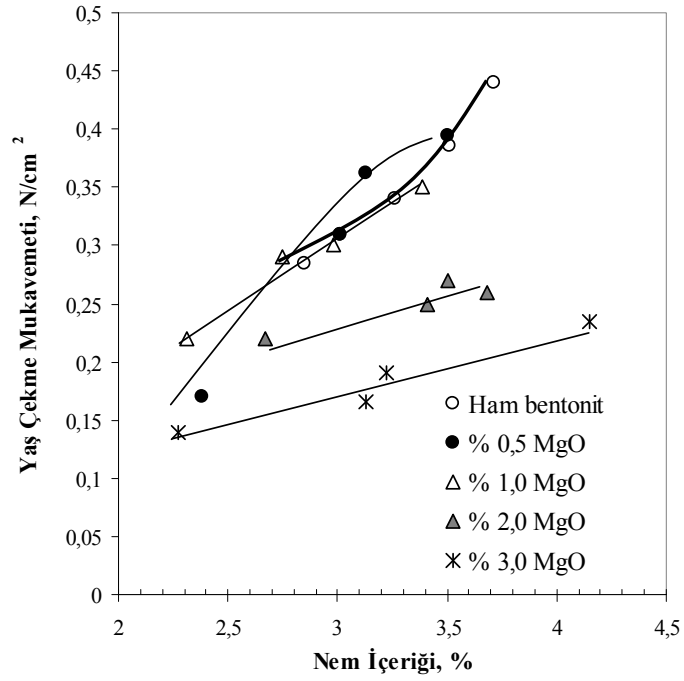
Şekil 4.44 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin kuru basma mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



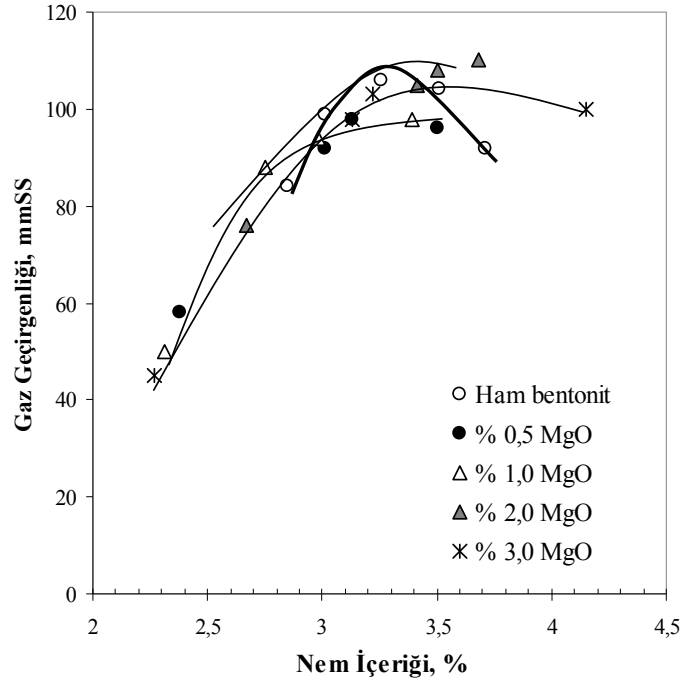
Şekil 4.45 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş ezme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.46 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş kesme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.47 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin yaş çekme mukavemetinin nem içeriği ile değişimi



Şekil 4.48 MgO miktarına bağlı olarak Çanbensan Gri bentonitinin gaz geçirgenliğinin nem içeriği ile değişimi

5. TARTIŞMA

5.1 Ham Bentonit Örneklerinin Özelliklerinin Değerlendirilmesi

5.1.1 Ham Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

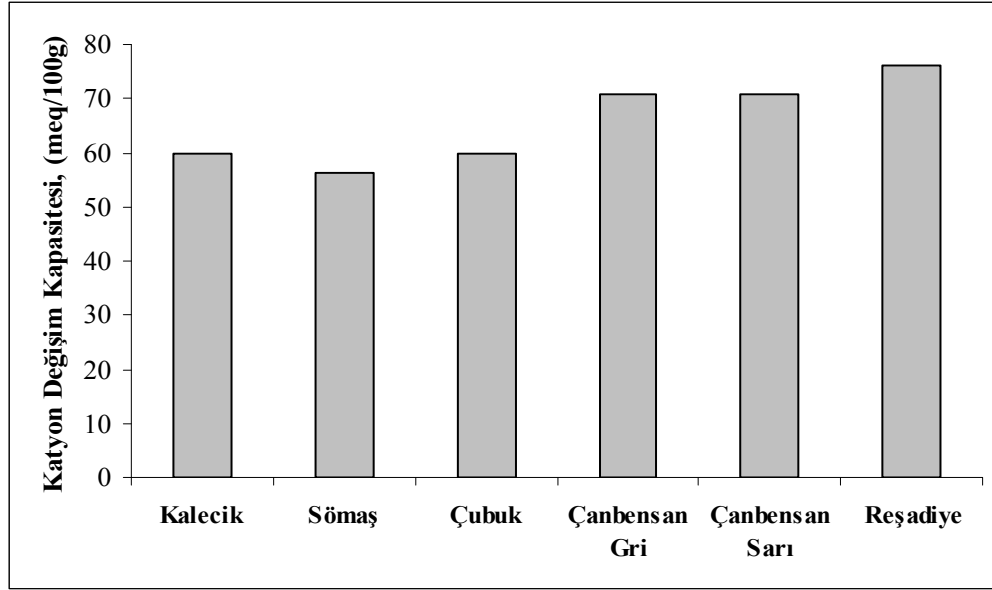
“Türkiye Bentonitlerinden Teknolojik Ürünlerin Elde Edilmesi” başlıklı ve 106G057 kodlu proje kapsamında yapılan ham bentonit örneklerine ait (Sömaş, Çanbensan Sarı, Çanbensan Gri, Kalecik) XRD ve DTA-TG analizleri Ek’te verilmiştir. Analizlerle yapılan değerlendirmeler sonucunda, Sömaş Ca-Bentonit, Reşadiye Na-Bentonit, Çanbensan Sarı ve Çanbensan Gri bentonit örnekleri de Ara-Bentonit olarak tanımlanmıştır. Kimyasal analizler ve fiziksel testler sonucunda Kalecik ve Çubuk bentonit örneklerinin de Ara- Bentonit olduğu belirlenmiştir.

5.1.1.1 Katyon değişim kapasitesinin (K.D.K) incelenmesi

Bentonit bilindiği gibi ağırlıklı olarak smektit gurubu kil minerallerinden oluşan, T.O.T (2:1) yapısında bulunan bir kildir. Bu grup minerallerde 2:1 birim tabakada oluşan pozitif yük noksanlığı genellikle Na^+ ve Ca^{+2} iyonları ile giderilmektedir (Barbanti ve diğ.,1997; Eisele ve Kawatra, 2003). Birim tabakalar arasında yük dengesini sağlayan bu katyonlar, değişebilir katyonlar olarak ifade edilmektedir. Killerin birim tabakaları arasındaki katyonları değiştirebilme yeteneği, katyon değişim kapasitesi olarak tanımlanır. Katyon değiştirme kapasitesi (KDK); 100 gram kilde değişebilen katyonların eşdeğer kütle sayısı olarak tanımlanır ve meq/100 gr kil olarak ifade edilir (Grim,1962; Velde, 1995)

Bentonitler, kil birim tabakaları arasındaki değişebilir katyonların miktarı ve cinsine göre Ca-Bentonit, Na-Bentonit ve Ara (mix) bentonit olarak tanımlanabilmektedirler (Bain ve Morgan, 1982; Boylu ve diğ., 2010). Ham örneklerle yapılan deneylerde, (Şekil 5.1) KDK değerinin Ca-Bentonit örneği olan Sömaş bentonit örneğinde en düşük (56,30 meq/100 g) olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra Na-Bentonit örneği olan Reşadiye örneğinde ise en yüksek (76,00 meq/100 g) KDK değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, Na- bentonitlerdeki Na^+ iyonun hareketliliğinden ve birim yüzeylere daha gevşek bağlanmasından dolayı, kolayca yer değiştirebilir olmasından (Güngör ve diğ., 1997) kaynaklandığı ifade edilmektedir. Bu olgu sodyum bentonitlerin katyon değişim kapasitelerinin diğer türlere göre daha yüksek olduğunu açıklamaktadır. Na-Bentonitler için KDK değerinin

genellikle 80-130 meq/100 g, Ca-Bentonitler için ise 40-70 meq/100 g arasında olduğu belirtilmektedir (Murray, 2007).



Şekil 5.1 Ham bentonit örneklerinin katyon değişim kapasitesi değerleri

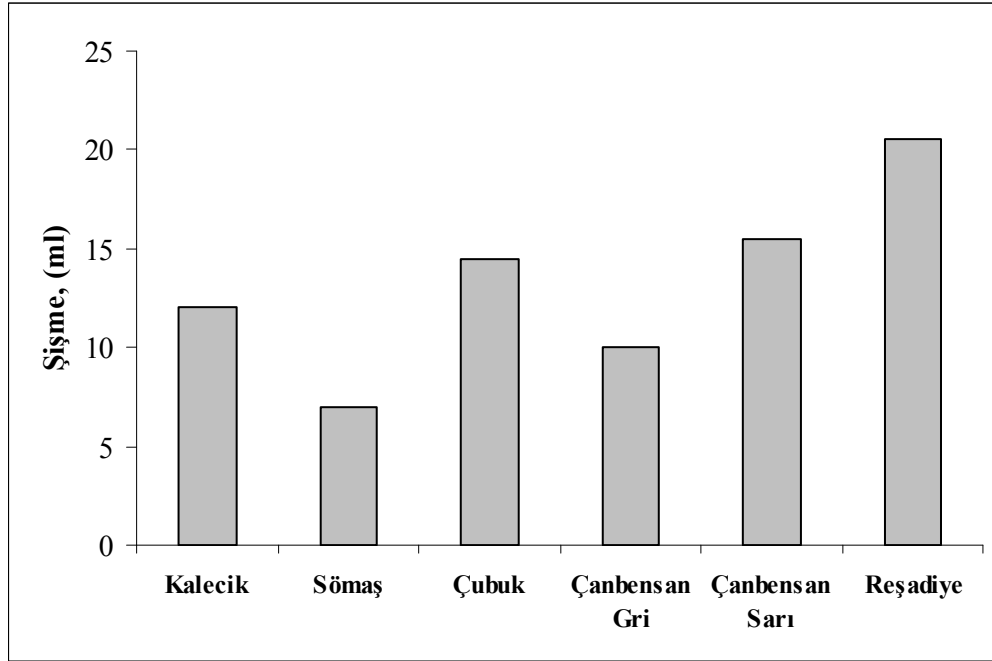
5.1.1.2 Şişme özelliklerinin incelenmesi

Bentonitlerin birim tabakaları arasına su moleküllerinin girerek hacminin artması şişme/şişme indeksi olarak tanımlanmaktadır. Birim tabaklar arasındaki katyonların türü, miktarı şişmeyi büyük ölçüde etkilemektedir (Suquet ve diğ., 1975; Slade ve diğ., 1991; Sarıkaya ve diğ., 2001)

Bentoniti oluşturan smektit minerallerinin mekanizması kristalin şişme ve ozmotik şişme olarak ikiye ayrılmaktadır (Norrish, 1954; Suquet ve diğ., 1975; Parker ve diğ., 1980; Pennino ve diğ., 1981; Önal, 2007). Kristalin şişme bazal yüzeyde çok sayıda su molekülünün adsorplanmasıyla (Slade ve diğ., 1991; Laird ve diğ., 1995; Laird ve Shang, 1997; Önal, 2007), ozmotik şişme ise genellikle elektriksel çift tabaka teorisiyle açıklanabilmektedir (Hamwall and Low, 1956; Callaghan ve Ottevill, 1974; Secor and Radke, 1985; Kjellander ve diğ., 1988; Önal, 2007).

Kalsiyum iyonları, sodyum iyonlarına göre daha yüksek elektriksel yük ve daha küçük çapa sahip olmaları nedeniyle alüminyum silikat tabakaları ile daha güçlü etkileşmekte ve bu nedenle daha az hidrate olmaktadır. Sonuç olarak sodyum montmorillonit su ile temas ettiğinde daha kolay şişerken, kalsiyum montmorillonit

daha az derecede şişmektedir (Eisele ve Kawatra, 2003). Şişme indeksi değerleri Na-Bentonitler için 10-15 arasında iken Ca-Bentonitler için 2-3 arasında değerler almaktadır (Murray, 2007). Şişme değerlerine bakıldığında Reşadiye örneği için şişme değeri 20,5 ml (en yüksek) olurken en düşük şişme değeri (7 ml) Sömaş örneğinde elde edilmiştir (Şekil 5.2).



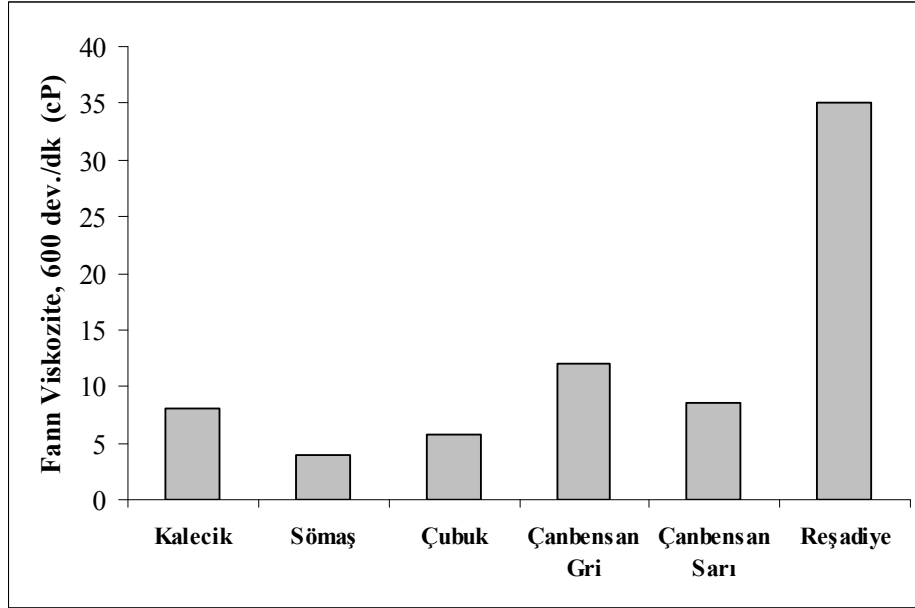
Şekil 5.2 Ham bentonit örneklerinin şişme değerleri

5.1.1.3 Bentonit süspansiyonlarının viskozitelerinin incelenmesi

Na-Bentonit süspansiyonlarında birim tabakalar arasındaki Na^+ iyonları kolayca su molekülü ile etkileşerek çözeltiye geçmekte ve su molekülleri birim tabakalar arasına girerek şişmeye ve viskozite değerinin artmasına yol açmaktadır. Bunun sonucunda süspansiyonun su içeriği de azalmakta ve akmaya karşı direnç artmaktadır (İşçi ve diğ., 2004). Sodyum bentoniti baskın olarak oluşturan sodyum montmorillonit oldukça ince katmanlardan meydana gelmektedir. Bu nedenle yüzey alanları oldukça ($\sim 150\text{-}200 \text{ m}^2/\text{g}$) yüksektir. Sodyumlu smektitler, kalsiyumlu smektitlere göre daha küçük tane iriliğine sahip olduğundan, doğal olarak yüzey alanları daha fazladır. Bunun sonucu olarak kenar-yüzey tipi etkileşim olasılığı artacaktır. Kenar-yüzey etkileşimi neticesinde ortaya çıkan Card-house yapıları da viskoziteyi artıracaktır (Yalçın ve diğ.,

2002).Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı ağırlıkça düşük katı oranlarında yüksek viskozite değerlerine ulaşabildiği ifade edilmektedir (Murray, 2007).

Ham bentonit örnekleriyle yapılan viskozite testlerine ait bulgular Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekilde en yüksek viskozite değeri (2.gün 600 dev/dk) 35,0 cP, bir Na-bentonit örneği olan Reşadiye bentoniti ile elde edilmiştir. En düşük değer (2.gün 600 dev/dk'da 4,0 cP) ise bir Ca-bentonit örneği olan Sömaş bentoniti ile elde edilmiştir.



Şekil 5.3 Ham bentonit örneklerinin viskozite değerleri

5.1.1.4 Yağ ve su emme kapasitesinin incelenmesi

Yağ ve su emme kapasitesi ile ilgili bulgular Bölüm 4, Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kalecik bentonitinin en yüksek (% 40), Çanbensan Gri bentonitinin ise en düşük (% 32) yağ emme kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Kalecik bentoniti en yüksek (% 164,52) su emme kapasitesine sahipken, Sömaş bentonitinin ise en düşük (% 142,86) su emme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Kullanılan bentonitler için hem yağ emme hem de su emme kapasitelerinin dar bir aralıkta değiştiği görülmektedir. Bu özellikler döküm özellikleri ile ilişkilendirilmemiştir.

5.1.2 Ham Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında ham olarak bir sodyum bentonit (Reşadiye), bir kalsiyum bentonit (Sömaş) ve dört ara bentonit (Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Çubuk, Kalecik) örneği üzerinde döküm testleri yapılmıştır. Döküm sektöründe hem Ca-bentonit hem de

Na-bentonit döküm kumunu bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bu bentonitlerin her biri döküm kumuna değişik özellikler kazandırmaktadır. Bu nedenle birçok durumda herhangi bir döküm uygulaması için gereksinim duyulan özellikleri, bu iki bentonitin karışımı sağlamaktadır (Murray, 2007). Ca-bentonitler, Na-bentonitlere göre daha yüksek yaş basma dayanımına, daha düşük kuru basma ve sıcak dayanıma ve daha iyi akışkanlığa sahiptir (Grim ve Güven 1978; Murray, 2000).

Wenninger (1970) tarafından, bentonitin döküm kumu yüzeylerinde fiberler oluşturduğu, hem kalsiyum hem de sodyum bentonitlerin benzer davranışlar sergilediği belirtilmiştir. Fiber oluşumu, bentonitin farklı mekanizmalar yoluyla (dispersiyon, fiber) bağlanabileceğini göstermektedir. Bu mekanizmalardan fiber oluşum mekanizmasının daha az enerji gerektirmesi, bentonit levhalarının birbiri üzerinde çok küçük bir kuvvet uygulamasıyla kayması nedeniyle kum tanelerini bağlamada etkin olduğu ifade edilmektedir (Kawatra ve Ripke, 2001).

Kompaktibilite (bütünleşme yeteneği); örnek kabı içerisindeki (yanal olarak sınırlandırılmış) numuneye yük uygulanmasıyla yeterli mekanik dayanım ve stabiliteye sahip sağlam bir kütle oluşturma yeteneği olarak tanımlanabilir (Stasiak ve diğ., 2010). Döküm sektöründe, kil bağlı kumlar ile üretilen dökümlerin kalitesi büyük ölçüde malzemenin kompaktibilitesine bağlıdır (Flemming ve Tilch, 1993; Tilch, 2004; Bast ve diğ., 2009). Tanelerin kompaksiyonu (bütünleşmesi); kum tanelerinin yeniden düzenlenerek, taneler arasındaki boşlukların azalması ve bentonit filmlerinin deformasyonu şeklinde iki mekanizmayla açıklanmaktadır (Cooper ve Eaton, 1962; Chen ve diğ., 2004).

Kalıp kumunun kompaktibilitesinin belirlenmesinde 1900 N'luk sabit yük uygulanmıştır. Şekil 4,1'den görüleceği gibi deneylerde kullanılan tüm bentonitler için nem oranı arttıkça, belirli bir nem oranına kadar kompaktibilite artmakta ve bu nem oranından sonra düşüş eğilimi göstermektedir. Düşük nem oranlarında kil tanelerinin dağılması ve kuvars yüzeyine yapışması için yeterli su miktarı bulunmadığından kompaktibilite düşük olmaktadır. Kalıp kumunda nem (temperleme suyu), kil minerallerini ayırıcı ve yağlayıcı görevi görmektedir. Böylece sıkıştırma sırasında kil taneleri arasında hareket meydana gelmektedir. Nem miktarı arttıkça kil tanelerinin dağılması ve kayganlığı artmaktadır. Bu durum ise kum tanelerinin birbiriyle temas halinde olduğu, kama (wedge shaped) şeklinde yapılar oluşturmakta ve kompaktibilite artmaktadır. En yüksek kompaktibilitedeki nem miktarlarında, kama şeklindeki yapılar en iyi şekilde gelişmekte, başka bir ifadeyle bu yapılar en yüksek sağlamlık ve rijitliğe

(esnemezliğe) sahip olmaktadır. Bu durumda taneler, çok sayıda kama şeklinde yapılar tarafından kuşatıldığından, sabit bir halde bulunmaktadır. Nem miktarı daha da artırıldığında, kama şeklindeki yapıların bozulmaya başlaması sonucunda kompaktibilitede düşüşler meydana gelmektedir. Tanelerin bağlanma mekanizması sıvı köprüsü ve hidrojen bağına dayandırılmaktadır (Grim, 1962; Kemal, 1990; Forsmo ve diğ., 2006).

En yüksek kompaktibilite derecesine sodyum bentonit olan Reşadiye bentoniti ile daha düşük nem oranında ulaşılırken, kalsiyum bentonit olan Sömaş bentoniti ile daha yüksek nem oranında ulaşılmıştır. Ara tip bentonitler ile en yüksek kompaktibilite değerlerine (Çubuk bentoniti hariç), kalsiyum ve sodyum bentonitler arasındaki bir nem oranında ulaşılmıştır. Ito (2006) değişik fizikokimyasal özelliklerdeki sodyum bentonitlerle yaptığı bir çalışmada bütünleşme özelliklerinde farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ham bentonitlerle yapılan bu çalışmada farklı tip bentonitlerin, farklı bütünleşme davranışları gösterdiği ortaya konmuştur. Şekil 4,1'den görüleceği gibi kullanılan bentonitlerin tümüyle, dökümde istenilen kompaktibilite değerini sağlamak mümkündür (www.esan.com.tr; www.canbesan.com.tr).

Erimiş metalin, kum kalıba dökülmesi sırasında kalıp kumu, basma, çekme, kesme, eğme ve şekil değiştirme gibi etkilere maruz kalmaktadır. Kalıp kumunun erimiş metal dökülmeden önce ve döküm esnasında şeklini koruması gerekmektedir. Bunun için, yeterli yaş mukavemet (basma, ezme, kesme, çekme) özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Ayrıca döküm işlemi sırasında oluşabilecek herhangi bir gazın kolayca kalıptan uzaklaşması gerekmektedir. Bu açıdan kalıp kumunun yeterli gaz geçirgenliğine de sahip olması gerekmektedir (Anık, 1997; Murray, 2007).

Kalıp kumunun yaş mekanik özelliklerinin ve gaz geçirgenliğinin belirlenmesinde standart silindirik deney numuneleri (50 mm boy ve 50 mm çap) kullanılmıştır. Şekil 4,2'den görüleceği gibi deneylerde kullanılan kalıp kumlarının yaş basma mukavemetleri belirli bir nem oranına kadar artmakta ve bu orandan sonra düşüş göstermektedir. Şekil 4.3 te verilen yaş ezme mukavemetleri, Şekil 4.4'te verilen yaş kesme mukavemetleri, Şekil 4.5'te verilen yaş çekme mukavemetleri (burada Sömaş bentoniti genelin dışında bir eğilim göstermiştir) ve gaz geçirgenliği değerleri benzer eğilimler göstermiştir.

Mukavemet değerlerinin değişimi genellikle kompaktibiliteye benzer bir eğilim göstermektedir. Bilindiği gibi gözenekli yapılarda gözenek miktarına göre sağlamlık değişmektedir. Yani kama şeklindeki yapıların oluşmaya başlaması ve yeterli

sağlamlığa ulaşması, sonra zayıflaması ile ilişkilendirilmektedir (Grim,1962; Kemal, 1990).

Kalsiyum bentonitlerle elde edilen mukavemet değerleri (yaş çekme hariç) genel olarak sodyum bentonitlerden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ise kalsiyum bentonitlerdeki su tabakası kalınlığının sodyum bentonitlerden daha fazla olması sonucu daha büyük ve daha dayanıklı kama şeklinde yapılar oluşturmaya dayandırılmaktadır (Grim, 1962; Murray, 2007).

Bilindiği gibi optimum mukavemet değerlerinin elde edilmesi için sodyum ve kalsiyum bentonitlerin karışımları da kullanılmaktadır. Karşımdaki sodyum iyonlarının varlığı kil taneciklerinin daha iyi dağılmasını sağlayarak daha homojen, düzenli (uniform) kama şeklindeki yapıların oluşmasını sağlamaktadır. Genel olarak ara tip bentonitlerle kalsiyum (Sömaş) bentonitten daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmesi bu duruma dayandırılmıştır. Bu karışımı doğal olarak sağlayan ara tip bentonitler ile genellikle sodyum ve kalsiyum bentonitlerden daha yüksek mukavemet değerleri elde edilmesi beklenmektedir.

Yaş basma mukavemeti sıkıştırılarak kompaktlaştırılmış standart deney numunesinin kırılmasını sağlayan basma kuvvetidir. En yüksek yaş basma değerlerine Çanbensan Gri (21,80 N/cm²) ve Çubuk (21,67 N/cm²) bentonitleri ile ulaşılmıştır. Tüm bentonitlerle elde edilen yaş basma mukavemet değerleri 6,00–21,80 N/cm² arasında bulunmakta, en yüksek mukavemet değerlerine , % 2,40–3,75 aralığındaki farklı nem miktarlarında ulaşılmıştır. Bu bulgular literatürde farklı killer için verilen değerlerle uyumludur (Chang ve Hocheng, 2001; Orumwense, 2002; Babu ve diğ., 2006). TS 5360'a göre yaş basma değeri, % 5 bentonit katkılı kumlar için 300 g/cm²'den (~ 3 N/cm²) az olmaması gerektiği ifade edilmektedir. Deneylerde kullanılan tüm bentonitler bu standarda uygundur. Ancak sektördeki uygulamalarda T.S.E. değerinin oldukça düşük bulunduğu, yaş basma mukavemetinin, % 8-12 bentonit katkılı kumlar için 1800 g/cm²'den (~ 18 N/cm²) az olmaması gerektiği belirtilmiştir (Günay ve diğ., 2001). Bu koşulu ise Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı ve Çubuk bentonitlerinin karşıladığı görülmektedir.

Yaş ezme mukavemeti (splitting strength), sıkıştırılarak kompaktlaştırılmış standart deney numunesinin yatay konumda kırılması için gerekli basma kuvvetidir. En yüksek yaş ezme mukavemet değerine (5,00 N/cm²) Çanbensan Gri bentoniti ile ulaşılmıştır. Tüm bentonitlerde elde edilen yaş ezme mukavemeti 1,40–5,00 N/cm² arasında bulunmakta, en yüksek yaş ezme mukavemet değerlerine % 2,46–3,71

aralığındaki farklı nem miktarlarında ulaşılmıştır. Bentonit üreticisi bazı firmalar ürünlerinde, bu mukavemet değerinin en az $3,50 \text{ N/cm}^2$ olması gerektiğini belirtmişlerdir (www.esan.com.tr). Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Çubuk ve Sömaş bentonitleri ile bu değere ulaşılrken Kalecik ve Reşadiye bentonitleri bu değer altında kalmıştır.

Sıkıştırılmış test örneğinin deney düzeneğine yatay yerleştirilmesi ve özel deney başlıkları (Şekil 3.17 a) sayesinde yük uygulanması sonucunda elde edilen dayanım yaş kesme (turin transverse strength) mukavemeti olarak belirtilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemet değerine (601 N/cm^2) Çanbensan Gri bentoniti ile ulaşılmıştır. Tüm bentonitlerde elde edilen yaş kesme mukavemeti $112\text{--}601 \text{ N/cm}^2$ arasında bulunmakta, en yüksek yaş kesme mukavemet değerlerine % 2,46–3,71 aralığındaki farklı nem miktarlarında ulaşılmıştır.

Yaş çekme mukavemeti, özel bir örnek kabı (Şekil 3.18 b) kullanılarak, kompaktlaştırılmış kalıplama kumunun başlık kısmının 28 saniye süresi boyunca 300°C 'ye ısıya tabi tutulması sonucunda, çekme kuvveti uygulanarak kırılması ile elde edilmiş mukavemet değeridir. Şekil 4,5'ten görüleceği gibi yaş çekme mukavemeti, en yüksek Reşadiye ve en düşük Sömaş bentoniti ile elde edilmiştir. Ara tip bentonitler genel olarak bu iki tip arasında değerler almaktadır. Bu durum numunenin kırılma bölgesindeki nemin uzaklaşması ile ilişkilidir. Sömaş bentoniti, Reşadiye bentonitine göre daha fazla nem kaybedeceğinden daha fazla büzümekte (shrinkage), boşluk oranı daha fazla olmakta ve kama şeklindeki yapıların dayanımı azalmaktadır. Bilindiği gibi kalsiyum bentonitlerde tane boyu genellikle daha büyüktür ve bu nedenle yüzey alanları daha küçüktür. Bu durumda kurutulmuş sodyum bentonitlerin yüksek dayanıma sahip olması tutunma kuvvetlerinin daha yüksek olmasına dayandırılmaktadır (Grim, 1962; Beşün ve diğ., 1993). Bentonitin döküm sektöründe kullanılabilmesi için ıslak çekme dayanımının en az 25 g/cm^2 ($\sim 0,250 \text{ N/cm}^2$) olması gerekmektedir (Akbulut, 1996; İpekoğlu ve diğ., 1997). Deneylerde kullanılan tüm bentonitlerle bu değerlere ulaşılmıştır.

Gaz geçirgenliği kalıp kumlarında önemli bir teknolojik özelliktir. Bilindiği gibi, literatürde geçirgenlik, geçirgenlik katsayısıyla (m/s) ifade edilmektedir (Egloffstein, 2001; Hamdi ve diğ., 2005; Dananaj ve diğ., 2005; Churchman ve diğ., 2002). Bu çalışmada, numunelerin gaz geçirgenliği yeteneğinin ölçüsü olarak milimetre su sütunu yüksekliği (mmSS) kullanılmıştır.

Şekil 4.6 dan görüleceği gibi, nem oranı arttıkça, kil tanelerinin gözenekleri doldurmasına bağlı olarak gaz geçirgenliği düşük değerler almakta, optimum nem oranlarında ise sıkı kama şeklindeki yapıların gelişmesine bağlı olarak (gözenekleri dolduran kil taneleri azalmakta, çok daha sıkı yapı meydana gelmekte) geçirgenlik artmaktadır. Daha yüksek nem oranlarında ise gaz geçirgenliğinin azalması, kama şeklindeki yapıların bozulması (akışkanlık kazanması) sonucu gözeneklerin dolma derecesinin artmasına dayandırılabilir.

Sodyum bentonitler kalsiyum bentonitlere göre daha küçük tane boyu ve daha ince dağılması nedeniyle gözenekleri daha fazla doldurmakta ve bunun sonucunda gaz geçirgenliği azalmaktadır. Bentonitlerle yapılan geçirgenlik çalışmalarında benzer eğilimler ortaya konmuştur (Egloffstein, 2001; Churchman ve diğ., 2002; Liu, 2010). Ara tip bentonitlerde sodyum iyonunun varlığı, kil tanelerinin kum yüzeyine daha düzenli dağılmasını sağlamak ve gaz geçirgenliğinin kalsiyum bentonitten daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Şekil 4.6 da verilen bulgularda, en yüksek gaz geçirgenliği değerlerine Kalecik (110 mmSS) ve Çanbensan Gri (106 mmSS) bentonitleri ile ulaşıldığı görülmüştür. Tüm bentonitlerde gaz geçirgenliği değerleri 35-120 mmSS arasındadır. Deneylerde kullanılan tüm bentonitlerle en yüksek gaz geçirgenliği değerlerine % 2,48–3,26 nem aralığında ulaşılmıştır. Genel olarak ara tip bentonitlerle hem Sömaş hem de Reşadiye bentonitinden daha yüksek gaz geçirgenliği değerlerine ulaşılırken, Reşadiye bentoniti ile en düşük gaz geçirgenliği değerleri elde edilmiştir. Döküm sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmalar gaz geçirgenliği değerinin, 60-180 mmSS arasında olması gerektiğini belirtmişlerdir. Şekil 4.6'dan görüleceği gibi kullanılan tüm bentonitlerle bu değer aralığına ulaşılmıştır.

5.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneklerinin Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bu kısımda, Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitleri üzerinde hidrosiklon ile zenginleştirmenin, fiziksel ve döküm özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bilindiği gibi bentonitler su içerisinde oldukça ince tane boyunda ($\sim 2 \mu\text{m}$) dağılmakta ve bunun sonucu olarak, bentonin zenginleştirilmesinde suda dağıtma ve boyuta göre ayırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle bentonitin zenginleştirilmesinde genellikle hidrosiklonlar kullanılmaktadır (Hassan ve Abdel-Khalek, 1998; Murray, 2007; Tübitak KAMAG Projesi, 2010).

Zenginleştirilmiş Kalecik ve Çanbansan Gri bentonitlerinde ham bentonitlerden farklı olarak likit limit (Bilindiği gibi likit limit plastik durumdan akıcı duruma geçtiği durumdaki su içeriğidir (TS 1900)). ve kuru mukavemet değerleri de belirlenmiştir. Ayrıca ham halde kedi kumuna uygunluk (cat litter) testlerinde olumsuz sonuçlar alınırken, tüm zenginleştirilmiş bentonitlerle olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu durum da zenginleştirmenin, olumlu etkisinin bir göstergesidir.

5.2.1 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi
Çizelge 4.9'dan görüleceği gibi ham Kalecik bentonitine göre konsantrede katyon değiştirme kapasitesi (65,22 meq/100 g), şişme (16 ml), viskozite (600 dev./dk'da 11,0 cP) ve likit limit (% 211) değerleri artmakta, filtrasyon kaybı (26,0 ml) çok az miktarda azalmaktadır. Bu bulgular, örnekteki kil (montmorillonit) içeriğinin artarak, kil dışı minerallerin (kuvars, kalsit ve feldispat) azalmasına dayandırılmıştır. Ek'te verilen, Kalecik ham ve zenginleştirilmiş (9,4 mm üst akım) bentonit örnekleri üzerinde yapılan XRD analizlerinde kil içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum çeşitli bentonitlerin hidrosiklon ile zenginleştirildiği çalışmalarla uyumludur (Özgen ve diğ., 2009; Boylu ve diğ., 2010).

Birleştirilmiş Kalecik konsantresinde katyon değiştirme kapasitesi (59,78 meq/100 g) ve şişme (12 ml) değişmezken, viskozite (600 dev./dk'da 5,0 cP) ve likit limit (% 121 değerine kadar) azalmakta, filtrasyon kaybı (100,0 ml) belirgin olarak artmaktadır. Bu durum zenginleştirme sırasında kullanılan suyun (şebeke) kompozisyonu ile açıklanmaktadır. Çizelge 5.2'de verilen analizlerinde (C.Ü. Jeoloji Müh. Bölümü Hidrojeoloji laboratuvarında yapılmıştır) suyun Ca^{+2} iyonlarının içeriği oldukça yüksektir. Fiziksel özelliklerdeki bu azalama birleştirilmiş konsantrenin aktive olmasına dayandırılmıştır. Daha sonra uygulanan zenginleştirme çalışmalarında Çizelge 5.3'te analizi verilen ticari bir firmaya (Murat Su) ait su kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 Şebeke suyu analizi

Katyon Cinsi	Miktarı mg/L
Na^{+}	210,17
K^{+}	20,06
Mg^{+2}	50,48
Ca^{+2}	360,82

Çizelge 5.2 Ticari firmaya ait su analizi

Katyon Cinsi	Miktarı mg/L
Na ⁺	2,04
K ⁺	0,42
Mg ⁺²	1,77
Ca ⁺²	7,2

Çizelge 4.12 'de verilen Çanbensan Gri bentonitine ait bulgularda, konsantrede katyon değiştirme kapasitesi (76,09 meq/100), şişme (14 ml), vizkozite (300 dev./dk. 7,0 cP) ve filtrasyon kaybı (41,6 ml) artarken, likit limit (% 205) azalmaktadır. Çanbensan Gri konsantre örneğine ait kimyasal analiz ve XRD analizi bulunmamaktadır. Ancak 106G057 kodlu Tübitak-KAMAG projesi kapsamında yapılan zenginleştirme çalışmalarında, Çankırı yöresine ait Çanbensan Sarı örneğine ait kimyasal analizlerde SiO₂ oranı % 57,82' den % 60,36'ya, Al₂O₃ oranının % 15,64'ten % 17'ye çıkararak kil içeriğinin arttığı ve zenginleştirme sonunda, katyon değiştirme kapasitesi, şişme, vizkozite değerlerinin iyileştiği belirtilmiştir. Benzer şekilde zenginleştirilmiş Çanbensan Gri örneğinin katyon değiştirme kapasitesi, şişme ve viskozite değerlerinin daha yüksek olması, kil içeriğinin artmasına dayandırılmıştır.

5.2.2 Zenginleştirilmiş Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi
Yaş mukavemet değerlerinin nem içeriğine göre değişiminin verildiği ham ve zenginleştirilmiş bentonitlere ait deney bulgularının bir arada gösterildiği grafikler Şekil 4.8, 4.10, 4.11, 4.12, 4.15, 4.17, 4.18 ve 4.19'da verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi zenginleştirilmiş Kalecik ve Çanbensan Gri konsantreleri kullanıldığında, ham bentonitlerinden elde edilen mukavemet değerlerinden nispeten daha yüksek değerler (Çanbensan Gri konsantrenin kullanıldığı yaş çekme değerleri hariç) elde edilmiştir. Bu durum zenginleştirme sonucunda kil içeriğinin artmasıyla, daha sağlam ve homojen kama şeklindeki yapıların oluşmasına dayandırılabilir. Çanbensan Gri konsantre bentonitine ait analiz bulguları olmadığından yaş çekme mukavemet değerlerinin ham bentonitin kullanıldığı değerlerden düşük olması açıklanamamıştır.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.16'da ise ham ve konsantre bentonitler kullanıldığında elde edilen, kuru mukavemet değerlerinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi verilmektedir. Genel olarak konsantre kullanılarak elde edilen mukavemet değerlerinin daha düşük

değerler aldığı görülmektedir. Bu durum ise konsantrenin daha fazla nem kaybetmesi nedeniyle kama şeklindeki yapıların dayanımının azalmasına dayandırılmıştır. Bu bulgular literatür ile uyumludur (Grim, 1962).

Ham ve konsantre bentonitler kullanıldığında elde edilen gaz geçirgenliği değerleri Şekil 4.13 ve Şekil 4.20’de verilmiştir. Gaz geçirgenliği değerlerinin ise genel olarak ham bentonitler kullanıldığında daha yüksek (birleştirilmiş konsantre hariç) olduğu görülmektedir. Bu durum ise konsantre bentonit kullanıldığında, kil içeriğinin artmasına bağlı olarak daha fazla ince kil taneciğinin gözenekleri doldurması ve bunun sonucunda gaz geçirgenliğinin azalmasına dayandırılmıştır. Yapılan bir çalışmada kil içeriğinin artmasıyla gaz geçirgenliğinin azaldığı ifade edilmiştir (Olasupo ve Omotoyibo, 2009).

Şekil 4.8–4.19’den görüleceği gibi birleştirilmiş konsantre kullanıldığında elde edilen bulgularda, mukavemet değerlerinin, genellikle ham ve konsantre kullanıldığında elde edilen değerler arasında olduğu (yaş çekme mukavemeti hariç) belirlenmiştir. Gaz geçirgenliği açısından ise genel olarak, birleştirilmiş konsantre kullanıldığında daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Birleştirilmiş örnekte yaş mukavemet değerlerinin konsantreden ve yaş çekme değerlerinin hamdan daha düşük değerler alması, birleştirilmiş konsantre bentonitin özelliklerinin kalsiyum aktivasyon nedeniyle kalsiyum bentonite yaklaşmasına dayandırılmıştır. Bilindiği gibi yüksek kalsiyum içeriğinde, kalsiyum iyonları kolayca sodyum iyonlarının yerini almaktadır (Liu, 2010). Birleştirilmiş konsantrenin ham bentonitten daha yüksek gaz geçirgenliği eğilimi göstermesi de kalsiyum aktivasyonu etkisiyle kalsiyum iyonlarının daha iri taneler halinde dağılmasıyla açıklanabilir. Birleştirmiş örnekle elde edilen yüksek filtrasyon kaybı da bu durumu desteklemektedir.

Şekil 4.7 ve Şekil 4.14’ten görüleceği gibi nem oranı arttıkça kompaktibilite artmakta, genel olarak aynı kompaktibilite değerine ham örneklerle daha düşük nem içeriğinde ulaşılmaktadır. Zenginleştirme sonucunda kil miktarındaki artış nedeniyle, aynı kompaktibiliteyi sağlamak için, daha fazla nem içeriği gerekmektedir.

Kalecik bentonitinin kullanıldığı deneylerde, en yüksek kompaktibilite değeri % 3,50 nem içeriğinde % 59,50 olarak, birleştirilmiş konsantre ile elde edilmiştir. En yüksek kompaktibilite değerlerine, konsantre bentonitte % 3,43, ham bentonitte %3,25 nem miktarında ulaşılmıştır. Çanbensan Gri konsantre bentoniti ile en yüksek kompaktibilite değeri % 3,49 nem içeriğinde % 40,00 elde edilmiştir.

Yaş basma mukavemetinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi Şekil 4.8 ve Şekil 4.15'te verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi genellikle nem içeriği arttıkça yaş basma mukavemeti artmakta, belirli bir nem aralığından sonra azalmaya başlamaktadır. Kalecik bentonitinin kullanıldığında yaş basma mukavemeti değerleri 12,70 - 17,10 N/cm² arasında değişirken, en yüksek yaş basma mukavemeti, % 3,43 nem içeriğinde konsantre ile elde edilmiştir. Birleştirilmiş bentonitle, en yüksek yaş basma mukavemeti değerine, % 3,01, ham bentonitle % 2,82 nemde ulaşılmıştır.

Çanbensan Gri bentonitinin kullanıldığı deneylerde en yüksek yaş basma mukavemet değeri % 3,71 nem içeriğinde 21,80 N/cm² ham bentonitle elde edilmesine rağmen genel olarak konsantre daha yüksek değerler almaktadır. Yaş basma mukavemet değerlerinin 10,60 – 21,80 N/cm² arasında olduğu görülmüştür. Konsantrenin en yüksek yaş basma mukavemet değeri, % 3,49 nem içeriğinde 21,30 N/cm²'dir.

Daha önce de açıklandığı gibi kuru basma mukavemeti, 105 °C'de kurutulmuş deney örneği ile yapılmıştır. Deney bulguları cm²'ye uygulanan basma kuvveti şeklinde ifade edilmektedir. Bilindiği gibi erimiş metal kalıba döküldüğünde nemin uzaklaşmasıyla birlikte kalıbın şeklini koruyabilmesi için gerekli kuru mukavemete sahip olması istenmektedir (Anık ve diğ., 1997). Ancak, kullanılan döküm kumunun rejenarasyonu açısından kuru mukavemetlerin belirli değerlerin altında kalması da istenmektedir. Kuru basma mukavemet değerlerinin, nem içeriğiyle değişimi Şekil 4.9 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. Kalecik bentoniti kullanıldığında kuru basma mukavemeti değerleri 12,33 – 47,33 N/cm² arasında değişirken, en yüksek kuru basma mukavemeti, % 3,50 nem içeriğinde 47,33 N/cm², birleştirilmiş konsantre ile elde edilmiştir. Konsantre bentonitle en yüksek kuru basma değerine, % 3,43, ham bentonitle % 3,25 nem miktarında ulaşılmıştır.

Çanbensan Gri bentonitinin kullanıldığı deneylerde en yüksek kuru basma mukavemet değeri % 3,71 nem içeriğinde 48,20 N/cm² ham bentonitle elde edilmiştir. Konsantre kullanıldığında en yüksek yaş kuru mukavemet değeri, % 3,49 nem içeriğinde 29,60 N/cm² olarak elde edilmiştir.

TS 5360'a göre kuru basma mukavemet değerinin en az 2500 g/cm² (~ 25 N/cm²) olması gerektiği belirtilmiştir. Hem ham ve zenginleştirilmiş Kalecik bentoniti hem de ham ve zenginleştirilmiş Çanbensan Gri bentoniti ile bu değer farklı nem içeriğinde sağlanmaktadır.

Şekil 4.10 ve Şekil 4.17’de yaş ezme mukavemetinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Kalecik bentoniti kullanıldığında yaş ezme mukavemeti değerleri 3,00 – 4,00 N/cm² arasında değişirken, en yüksek yaş ezme mukavemeti, % 3,43 nem içeriğinde konsantre kullanıldığında elde edilmiştir. Ham bentonit kullanıldığında en yüksek yaş ezme mukavemeti değerine, % 3,25 nemde ulaşılrken, birleştirilmiş konsantre kullanıldığında % 3,25 nemde ulaşılmıştır.

Genel olarak Çanbensan Gri konsantre bentonit kullanıldığında nispeten daha yüksek yaş ezme mukavemet (% 3,71 nem içeriğinde) değerine ulaşılmıştır. Yaş ezme mukavemet değerlerinin 1,90 – 5,00 N/cm² arasında değiştiği görülmüştür. Konsantre kullanıldığında en yüksek yaş ezme mukavemet değeri, % 3,34 nem içeriğinde 4,60 N/cm² olarak elde edilmiştir.

Yaş kesme mukavemetinin nem içeriğiyle değişiminin verildiği Şekil 4.11 ve Şekil 4.18’ten görüleceği gibi Kalecik bentoniti kullanıldığında yaş kesme mukavemeti değerleri 312 – 482 N/cm² arasında değişirken, en yüksek yaş kesme mukavemeti, % 3,43 nem içeriğinde, konsantre ile elde edilmiştir. Ham bentonit kullanıldığında en yüksek yaş kesme mukavemeti değerine, % 3,25 nemde, birleştirilmiş konsantre bentonit kullanıldığında % 3,01 nemde ulaşılmıştır.

Çanbensan Gri bentonitinin kullanıldığı deneylerde en yüksek yaş kesme mukavemet değeri % 3,71 nem içeriğinde 601 N/cm² olarak ham bentonitle ile elde edilmiştir. Ancak genel olarak konsantre kullanıldığında mukavemet değerleri nispeten daha yüksek olmuştur. Ham ve konsantre birlikte değerlendirildiğinde yaş kesme mukavemet değerlerinin 230 – 601 N/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir. Konsantre kullanıldığında en yüksek yaş kesme mukavemet değerine, 571 N/cm² olarak, % 3,49 nem içeriğinde ulaşılmıştır.

Şekil 4.12 ve Şekil 4.19’da yaş çekme mukavemetinin nem içeriğine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi Kalecik bentoniti kullanıldığında (ham, konsantre ve birleştirilmiş konsantre birlikte değerlendirildiğinde) yaş çekme mukavemeti değerleri 0,120– 0,410 N/cm² arasında değişirken, en yüksek yaş çekme mukavemeti, % 3,43 nem içeriğinde, konsantre kullanıldığında elde edilmiştir. Ham bentonit kullanıldığında en yüksek yaş çekme mukavemeti değerine, % 3,25 nemde, birleştirilmiş konsantre kullanıldığında ise % 3,34 nemde ulaşılmıştır.

Çanbensan Gri bentoniti kullanıldığında en yüksek yaş çekme mukavemet değeri % 3,71 nem içeriğinde 0,440 N/cm² olarak ham bentonitle ile elde edilmiştir. Ham ve konsantre birlikte değerlendirildiğinde yaş çekme mukavemet değerlerinin 0,240 –

0,440 N/cm² arasında olduğu görülmüştür. Konsantre kullanıldığında en yüksek yaş çekme mukavemet değeri, % 3,34 nem içeriğinde 0,300 N/cm² olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.13 ve Şekil 4.20’de verilen gaz geçirgenliği değerlerinin nem içeriyle değişimi incelendiğinde nem içeriği arttıkça gaz geçirgenliği arttığı, belirli bir nem oranında sonra azalmaya başladığı görülmektedir. Kalecik bentoniti kullanıldığında tüm bulgularda, gaz geçirgenliği değerleri 97 – 118 mmSS arasında değişirken, en yüksek gaz geçirgenliği değerine, % 2,75 nem içeriğinde birleştirilmiş konsantre ile ulaşılmıştır. En yüksek gaz geçirgenliği değerlerine, ham bentonit ile % 2,48, konsantre bentonit ile %2,91 nem oranlarında ulaşılmıştır.

Çanbensan Gri bentonitinin kullanıldığında yüksek gaz geçirgenliği değeri % 3,26 nem içeriğinde 106 mmSS olarak ham bentonitle ile elde edilmiştir. Ham ve konsantre birlikte değerlendirildiğinde gaz geçirgenliği değerlerinin 58 – 106 mmSS arasında değiştiği görülmüştür. Konsantre kullanıldığında en yüksek gaz geçirgenliği değeri, % 3,49 nem içeriğinde 100 mmSS’ olarak belirlenmiştir.

5.3 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Özelliklerini Değerlendirilmesi

Aktivasyon işlemi kalsiyum veya ara bentonitlerin özelliklerini iyileştirmek ve/veya uygun özellikler kazanmasını sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bentonitin fiziksel özelliklerini iyileştirme amacıyla Na₂CO₃, NaOH, Mg(OH)₂, MgO, MgCl₂.6H₂O gibi aktifleştirici maddeler kullanılmıştır (Szanto ve diğ., 1967; Bleifuss, 1973; Lagaly ve diğ., 1981; Alther, 1982; Yıldız ve diğ., 1999; Obut ve Girgin, 2005). Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Na₂CO₃ ile aktifleştirmedir. Sodyum karbonat şişme özelliklerini iyileştirmek, viskoziteyi artırmak için kullanılmıştır. Ayrıca Christidis (1998) yaptığı bir çalışmada soda ile aktivasyon sonucu yaş basma ve yaş çekme mukavemetlerinin iyileştiğini, gaz geçirgenliğinin ise azaldığını belirtmiştir. Sondaj çamuruna istenilen özelliği kazandırmak için MgO’da kullanılabileceği ve özellikle Na₂CO₃ ile MgO birlikte kullanıldığında özelliklerin daha da iyi bir şekilde gelişebileceği belirtilmiştir (Karagüzel ve diğ., 2010). Literatürde Na₂CO₃ ile bentonitin aktifleştirilmesi yeterince incelenmesine rağmen MgO ile bentonitin aktifleştirme mekanizması net olarak ifade edilememiştir (Lagaly, 1989; Volzone ve Garrido, 1991; Yıldız ve diğ., 1999). MgO’nun döküm sektöründe aktifleştirici olarak kullanılması ile ilgili oldukça sınırlı kaynağa rastlanmıştır.

5.3.1 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 4.14'ten görüleceği gibi, Kalecik bentonitinin Na_2CO_3 ile aktivasyonunda değişik katkı miktarlarında bazı fiziksel özellikler iyileşirken, bazı özelliklerde ise düşüşler gözlenmektedir. Örneğin; şişme (% 2 katkı oranında, 16 ml), viskozite (% 0,5 katkı oranında, 600 dev./dk'da 8,5 cP) ve likit limit (% 0,5 katkı oranında, % 201) değerleri artmakta, filtrasyon kaybı (% 0,5 katkı oranında, 26,8 ml) azalmaktadır. Benzer şekilde Çizelge 4.19'da verilen MgO ile aktivasyona tabi tutulan Kalecik bentonitinin bazı fiziksel özellikleri iyileşirken, bazı özellikleri de kötüleşmektedir. Örneğin; şişme (%0,5 katkı oranında, 15 ml), likit limit (% 1 katkı oranında, % 222), filtrasyon kaybı (% 0,5 katkı oranında, 29,2 ml) değerlerinin arttığı, viskozitenin (% 0,5 katkı oranında, 600 dev./dk'da 8,0 cP) azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.24'te verilen bulgularda, Çanbensan Gri bentonitinin Na_2CO_3 ile aktivasyonunda, değişik katkı oranlarında, bazı fiziksel özellikleri iyileşirken bazı fiziksel özelliklerinde düşüşler görülmektedir. Örneğin şişme (% 0,5 katkı oranında, 15 ml) ve filtrasyon kaybı (% 0,5 katkı oranında, 32,4 ml) artmakta, viskozite ve likit limit değerleri genel olarak bir değişiklik göstermemektedir. Çizelge 4.29'da verilen Çanbensan Gri bentonitinin MgO ile aktivasyonunda değişik katkı oranlarında bazı fiziksel özelliklerin iyileştiği, bazılarının ise düştüğü görülmektedir. Örneğin; şişme (% 0,5 katkı oranında, 15 ml), viskozite (% 0,5 katkı oranında, 600 dev./dk'da 13,5 cP), filtrasyon kaybı (% 0,5 katkı oranında, 34,4 ml) değerlerinin arttığı, likit limit (% 1 katkı oranında, % 212) azaldığı görülmektedir.

Na_2CO_3 ve MgO ile aktivasyon çalışmaları sonucunda, hem Kalecik hem de Çanbensan Gri bentonit örneklerinde katkı miktarına bağlı olarak genelde, fiziksel özelliklerde önce bir miktar iyileşme olmakta, daha sonra düşüşler görülmektedir. İyileşmeler genellikle düşük katkı (% 0,5–1) miktarlarında olmaktadır. Sodyum karbonat ile aktivasyon sonucunda fiziksel özelliklerdeki gelişmeler, Na^+ iyonunun etkisiyle kil tanesinin sayısının artması ile kilin özelliklerini iyileştirmesine dayandırılırken, yüksek katkı oranlarında meydana gelen azalmalar ise kil tanesi sayısının azalmaya başlamasına dayandırılmıştır. Yıldız ve arkadaşları (1999) yaptıkları bir çalışmada, sodyum karbonat ile aktive edilmiş bentonitin fiziksel özelliklerindeki azalmayı benzer şekilde açıklamışlardır.

Bentonit MgO ile aktive edildiğinde meydana gelen kısmi iyileşmeler Mg^{+2} ve/veya MgOH^+ iyonlarının oluşumu ile açıklanmaktadır. Genel olarak düşüşler, ortamda bulunan MgO taneciklerinin (Bilindiği gibi MgO'in sudaki çözünürlüğü de

(0,080 mg/ml) oldukça düşüktür (Obut ve Girgin, 2005)) kilin yüzeyine adsorbe olarak fiziksel özellikleri kötüleştirilmesi ile açıklanabilir.

5.3.2 Aktive Edilmiş Bentonit Örneklerinin Döküm Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Deneylerden elde edilen bulgular Şekil 4.22, Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinin kullanıldığında bazı yaş mukavemet değerlerinin ham bentonitten daha yüksek olduğu görülmektedir. Yani Na_2CO_3 ile aktivasyon işlemi bazı katkı miktarları ve nem oranlarında iyileşmeler sağlamıştır. Bu iyileşmeler aktive edilmiş bentonitin daha düzenli ve homojen yapılar oluşturmaya dayandırılmıştır. Benzer bir şekilde Christidis (1998) yaptığı çalışmada Na_2CO_3 ile işlem görmüş bentonitlerin birim tabakalarındaki kation farklılıklarının homojen hale gelmesinin beklendiğini belirtmiştir. Bazı katkı miktarlarındaki kötüleşmeler ise aktivasyon esnasında ortamda çözünmeden kalan Na_2CO_3 tanelerin, kil taneciklerinin kum yüzeyini kaplamasını engellemesine dayandırılabilir.

Şekil 4.29, Şekil 4.31, Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'te verilen, Kalecik bentonitinin MgO ile aktivasyonu sonucunda, genellikle, % 0,5 katkı miktarlarında çok azda olsa yaş mukavemet değerlerinde iyileşmeler gözlenmiştir. Yüksek katkı miktarlarında ise genel olarak yaş mukavemet değerlerinde düşüşler görülmüştür. Mukavemetlerdeki iyileşmeler Mg^+ ve MgOH^+ iyonlarının yapıya girmesi ile daha kalın ve daha sıkı kama şeklinde yapıları oluşturmaya, yüksek katkı miktarlarındaki kötüleşmeler ise MgO tanelerinin, kil tanelerinin dağılmasını ve kum yüzeyini kaplamasını engellemesiyle açıklanabilir.

Çanbensan Gri bentonitinin Na_2CO_3 ile aktivasyon sonucunda elde edilen bulgular Şekil 4.36, Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi, değişik katkı miktarlarında, düşük nem içeriğinde yaş mukavemet değerleri ham bentonitten daha yüksekken, yüksek nem miktarlarında ham bentonitin değerleri biraz daha iyi olduğu görülmektedir. Şekil 4.43, Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de verilen bulgularda da, MgO ile aktive edilmiş bentonit örneklerinde kısmi iyileşmelerin, düşük katkı miktarlarında ortaya çıktığı görülmüştür. Çanbensan Gri bentoniti ile hem Na_2CO_3 hem de MgO aktivasyonu sonucunda, ham bentonite göre daha yüksek yaş mukavemet değerlerinde önemli bir değişiklik elde edilmediği görülmektedir. Bu durum Çanbensan Gri bentonitinde aktivasyonun önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Şekil 4.23'te verilen Na_2CO_3 ile aktive edilmiş kuru mukavemet değerlerinin belirlendiği bulgularda, genel olarak yüksek katkı miktarlarında (% 2 ve 3) ham bentonitten daha yüksek, düşük katkı miktarlarında (% 0,5 ve 1) daha düşük, kuru mukavemet değerleri elde edilmiştir. Şekil 30'da verilen MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonitine ait kuru mukavemet değerleri % 0,5 katkı miktarında ham bentonitle yaklaşık olarak aynı değerler alırken yüksek katkı miktarlarında bariz düşüşler görülmektedir.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş bentonitlerle hamdan daha düşük kuru mukavemet değerlerinin elde edilmesi, daha fazla nem kaybederek kama şeklindeki yapılarda daha fazla çatlamlar meydana gelmesiyle açıklanabilir. MgO ile aktive edilmiş örneklerde düşük kuru mukavemet değerlerinin elde edilmesi ise MgO tanelerinin bentonitin kum yüzeyini kaplanmasını engellemesine dayandırılmıştır.

Şekil 36'dan görüleceği gibi Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentoniti genel olarak hamdan daha iyi kuru mukavemet değerleri vermiştir. Şekil 43'te verilen MgO ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentoniti ise düşük katkı miktarlarında (% 0,5 ve 1) hamdan iyi kuru mukavemet değerleri verirken, yüksek katkı miktarlarında hamdan daha düşük değerler elde edilmiştir. Kalecik bentonitinde açıklandığı gibi ile aktive edilmiş bentonit kullanıldığında MgO tanelerinin, kil tanelerinin kum yüzeyini kaplanması engellemekte ve mukavemet düşmektedir. Na_2CO_3 ile aktivasyonda ise aktive edilmiş bentonitler hama göre daha az nem kaybederek hamdan daha yüksek değerler almaktadır. Bu durum ham bentonitin, aktifleştirilmiş bentonite göre su tutma kapasitesinin daha düşük olması ve bunun sonucunda daha fazla nem kaybetmesiyle kama şeklindeki yapıların bozulması şeklinde açıklanabilir.

Şekil 4.27'de verilen Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitine ait bulgulardan da görüleceği gibi, aktive edilmiş bentonitlerin gaz geçirgenliği değerleri ham bentonite göre genel olarak (% 0,5 katkı oranında bir sapma görülmüştür.) daha düşüktür. Benzer eğilim Şekil 4.34'te verilen MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde de görülmektedir. Genel olarak ham bentonitlerin gaz geçirgenliğinin daha iyi olduğu görülmektedir. Na_2CO_3 ile aktive edilmiş bentonitlerde katkı miktarı arttıkça küçük de olsa gaz geçirgenliği azalması, ortamda bulunan Na_2CO_3 tanelerinin gözenekleri doldurmasıyla açıklanabilir. MgO ile katkı miktarına bağlı olarak genellikle (% 3 katkı oranında bir sapma olmasına rağmen) bir düşüş olmaktadır. Bu durum da MgO tanelerinin gözenekleri doldurmasına dayandırılabilir. Bölüm 3'de Şekil 3.6 c'den görüleceği gibi ortamda çözünmeden kalan aktive edici madde bulunmaktadır.

Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinin gaz geçirgenliği bulguları Şekil 4.41’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gaz geçirgenliği değerleri düşük katkı miktarlarında (% 0,5, 1) ham bentonitten daha yüksek değerler almıştır. Şekil 4.48’de verilen, MgO ile aktive edilmiş bentonitlere ait bulgularda ise ham bentonitin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu durum çözünmeden kalan MgO tanelerinin varlığına dayandırılmıştır. Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinin hamdan daha yüksek gaz geçirgenliği değerleri alması (% 0,5, 1 katkı miktarlarında) daha düzenli ve sıkı kama şeklinde yapılar oluşturmasına dayandırılmıştır.

Şekil 4.21, Şekil 4.28, Şekil 4.35 ve Şekil 4.42’de verilen Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na₂CO₃ aktivasyonu ve MgO aktivasyonu sonucunda elde edilen kompaktibilite değerlerinden görüleceği gibi nem oranı arttıkça kompaktibilite de artmaktadır. Genel olarak MgO ile aktivasyon sonucunda, düşük katkı oranlarında, ham bentonitin kompaktibilite eğilimine benzer bir eğilim izlenirken, yüksek katkı oranlarında aynı kompaktibilite değerlerine daha yüksek nem içeriklerinde ulaşılmıştır.

Kalecik bentonitinin Na₂CO₃ ile aktivasyonu sonucunda, 0,5 katkı oranında kompaktibilite değerleri ham bentonitten düşük değerler almakta, aynı kompaktibiliteyi sağlayabilmek için, daha fazla nem içeriği gerekmektedir. Diğer katkı oranlarındaki eğilimler, ham bentonit ile paralellik göstermektedirler. Çanbensan Gri bentonitinin Na₂CO₃ ile aktivasyonu sonucunda ise % 3 katkı oranında ham bentonitten daha düşük kompaktibilite değerleri elde edilmiş, diğer katkı oranları ile ham bentonite benzer eğilimler elde edilmiştir.

Kalecik bentonitinin kullanıldığı, Na₂CO₃ ile aktivasyonu sonucunda, en yüksek kompaktibilite değeri, % 1 katkı oranında % 3,41 nem içeriğinde % 59,90, MgO ile aktivasyon sonucunda, % 1 katkı oranında % 3,22 nem içeriğinde % 60,00 olarak elde edilmiştir.

Çanbensan Gri bentonitinin kullanıldığı, Na₂CO₃ ile aktivasyon sonucunda, en yüksek kompaktibilite değeri, % 2 katkı oranında % 3,64 nem içeriğinde % 58,80, MgO ile aktivasyon sonucunda, sırayla % 0,5 ve % 3 katkı oranlarında % 3,50 ve % 4,15 nem içeriklerinde % 59,60 olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.21, Şekil 4.28, Şekil 4.35 ve Şekil 4.42’de deneylerde kullanılan bentonitlerinin Na₂CO₃ aktivasyonu ve MgO aktivasyonu sonucunda elde edilen, yaş basma mukavemeti değerleri verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi genellikle, nem içeriği arttıkça yaş basma mukavemeti de artmakta, belirli bir nem aralığından sonrada azalmaya başlamaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde yaş basma mukavemeti değerleri $11,80 - 16,90 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş basma mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,00 nem içeriğinde $16,90 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş basma mukavemeti değerlerine, % 2,54 – 3,25 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş basma mukavemeti değerleri $9,40 - 16,10 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş basma mukavemeti, % 3 katkı oranında, % 3,31 nem içeriğinde $16,10 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş basma mukavemeti değerlerine, % 2,76 – 3,31 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde yaş basma mukavemeti değerleri $8,70 - 20,00 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş basma mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,18 nem içeriğinde $20,00 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş basma mukavemeti değerlerine, % 3,18 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş basma mukavemeti değerleri $7,80 - 18,90 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş basma mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,50 nem içeriğinde $18,90 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş basma mukavemeti değerlerine, % 2,98 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na_2CO_3 aktivasyonu ve MgO aktivasyonuna ait kuru basma mukavemet değerlerinin verildiği, Şekil 4.23, Şekil 4.30, Şekil 4.37 ve Şekil 4.44'den görüleceği gibi nem içeriği arttıkça kuru basma mukavemet değerleri de artmaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde değerleri $9,13 - 44,06 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek kuru basma mukavemeti, % 1 katkı oranında, % 3,41 nem içeriğinde $44,06 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek kuru basma mukavemeti değerlerine, % 2,81 – 3,41 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda kuru basma mukavemeti değerleri $5,00 - 46,80 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek kuru basma mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,29 nem içeriğinde $46,80 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek kuru basma mukavemeti değerlerine, % 3,19 – 3,31 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde kuru basma mukavemeti değerleri $3,40 - 36,77 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek kuru basma mukavemeti, % 2 katkı oranında, % 3,64 nem içeriğinde $36,77 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek kuru basma mukavemeti değerlerine, % 3,18 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda kuru basma mukavemeti değerleri $4,25 - 40,27 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek kuru basma mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,50

nem içeriğinde $40,27 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş basma mukavemeti değerlerine, % 3,39 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

Yaş ezme mukavemet değerlerinin verildiği Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na_2CO_3 aktivasyonu ve MgO aktivasyonuna ait Şekil 4.24, Şekil 4.31, Şekil 4.38 ve Şekil 4.45'den görüleceği gibi genellikle, nem içeriği arttıkça yaş ezme mukavemeti de artmaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde yaş ezme mukavemeti değerleri $2,20 - 3,40 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş ezme mukavemeti, tüm katkı oranlarında, $3,40 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ezme mukavemeti değerlerine, % 2,83 – 3,41 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş ezme mukavemeti değerleri $1,70 - 3,40 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş ezme mukavemeti, % 0,5, 2 ve 3 katkı oranlarında, $3,40 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ezme mukavemeti değerlerine, % 2,67 – 3,31 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde yaş ezme mukavemeti değerleri $1,40 - 4,70 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş ezme mukavemeti, % 0,5, 1 ve 2 katkı oranlarında, $4,70 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ezme mukavemeti değerlerine, % 3,18 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş ezme mukavemeti değerleri $1,50 - 4,70 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş ezme mukavemeti, % 3 katkı oranında, % 4,15 nem içeriğinde $4,70 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ezme mukavemeti değerlerine, % 3,39 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

Yaş kesme mukavemet değerlerinin verildiği Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na_2CO_3 aktivasyonu ve MgO aktivasyonuna ait Şekil 4.25, Şekil 4.32, Şekil 4.39 ve Şekil 4.46'dan görüleceği gibi genellikle, nem içeriği arttıkça yaş kesme mukavemeti de artmaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde yaş kesme mukavemeti değerleri $226 - 410 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş kesme mukavemeti, % 0,5 ve 2 katkı oranlarında, % 3,41 ve 2,83 nem içeriklerinde 410 N/cm^2 olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemeti değerlerine, % 2,83 – 3,41 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş kesme mukavemeti değerleri $216 - 402 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş kesme mukavemeti, % 0,5 ve 1 katkı oranlarında, % 3,29 ve 3,22 nem içeriklerinde 402 N/cm^2 olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemeti değerlerine, % 3,22 – 3,31 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde yaş kesme mukavemeti değerleri $134 - 539 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş kesme mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,18 nem içeriğinde 539 N/cm^2 olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemeti değerlerine, % 3,18 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş kesme mukavemeti değerleri $128 - 539 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş kesme mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,50 nem içeriğinde 539 N/cm^2 olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemeti değerlerine, % 3,39 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

Yaş çekme mukavemet değerlerinin verildiği Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na_2CO_3 aktivasyonu ve MgO aktivasyonuna ait Şekil 4.26, Şekil 4.33, Şekil 4.40 ve Şekil 4.47'den görüleceği gibi genellikle, nem içeriği arttıkça yaş çekme mukavemeti de artmaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde yaş çekme mukavemeti değerleri $0,200 - 0,410 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş çekme mukavemeti, % 1 katkı oranında, % 3,41 nem içeriğinde $0,410 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş çekme mukavemeti değerlerine, % 2,54 – 3,41 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş çekme mukavemeti değerleri $0,100 - 0,380 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş çekme mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,29 nem içeriğinde $0,380 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş çekme mukavemeti değerlerine, % 2,97 – 3,29 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde yaş çekme mukavemeti değerleri $0,260 - 0,440 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş çekme mukavemeti, % 2 katkı oranında, % 3,64 nem içeriğinde $0,440 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş çekme mukavemeti değerlerine, % 2,95 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda yaş çekme mukavemeti değerleri $0,140 - 0,395 \text{ N/cm}^2$ arasında değişirken, en yüksek yaş çekme mukavemeti, % 0,5 katkı oranında, % 3,50 nem içeriğinde $0,395 \text{ N/cm}^2$ olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş çekme mukavemeti değerlerine, % 3,39 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

Gaz geçirgenliği değerlerinin verildiği Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin Na_2CO_3 aktivasyonu ve MgO aktivasyonuna ait Şekil 4.27, Şekil 4.34, Şekil 4.41 ve Şekil 4.48'dan görüleceği gibi genellikle, nem içeriği arttıkça gaz geçirgenliği de artmakta, belirli bir nem aralığından sonra azalmaktadır.

Na_2CO_3 ile aktive edilmiş Kalecik bentonitinde gaz geçirgenliği değerleri 76 - 110 mmSS arasında değişirken, en yüksek gaz geçirgenliği, % 0,5 ve 1 katkı oranlarında, %

2,59 ve 2,63 nem içeriklerinde 110 mmSS olarak elde edilmiştir. En yüksek gaz geçirgenliği değerlerine, % 2,54 – 3,00 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda gaz geçirgenliği değerleri 79 – 111 mmSS arasında değişirken, en yüksek gaz geçirgenliği, % 3 katkı oranında, % 3,31 nem içeriğinde 111 mmSS olarak elde edilmiştir. En yüksek gaz geçirgenliği değerlerine, % 2,36 – 3,31 nem aralığında ulaşılmıştır.

Na₂CO₃ ile aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonitinde gaz geçirgenliği değerleri 48 – 110 mmSS arasında değişirken, en yüksek gaz geçirgenliği, % 0,5 katkı oranında, % 3,18 nem içeriğinde 110 mmSS olarak elde edilmiştir. En yüksek gaz geçirgenliği değerlerine, % 3,08 – 3,64 nem aralığında ulaşılmıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda gaz geçirgenliği değerleri 45 – 110 mmSS arasında değişirken, en yüksek gaz geçirgenliği, % 2 katkı oranında, % 3,68 nem içeriğinde 110 mmSS olarak elde edilmiştir. En yüksek gaz geçirgenliği değerlerine, % 3,13 – 4,15 nem aralığında ulaşılmıştır.

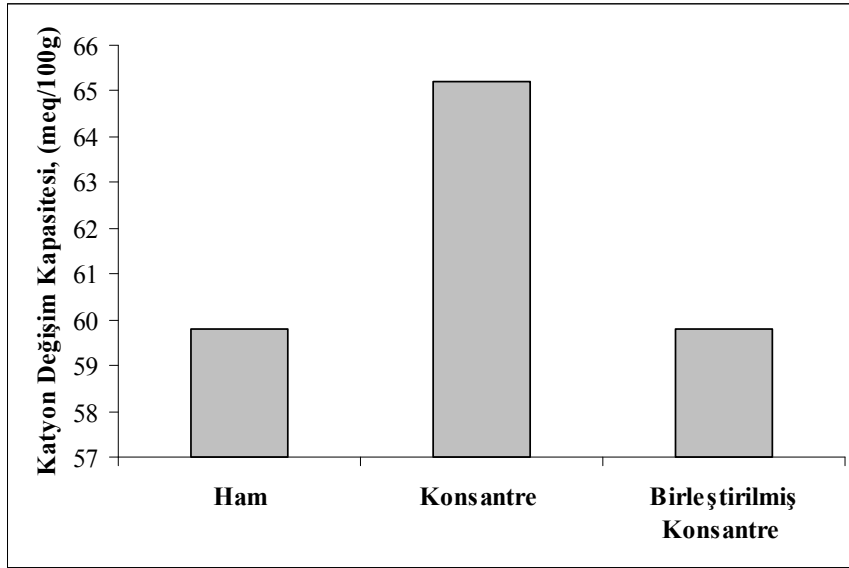
5.4 Zenginleştirme ve Aktivasyonun Etkisinin Fiziksel ve Döküm Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Birlikte Değerlendirilmesi

Bu kısımda Kalecik ve Çanbensan Gri bentonitlerinin kullanıldığı ham, zenginleştirilmiş ve aktive edilmiş bentonit örneklerinin bir arada değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan grafiklerde ham ve konsantrelere ait değerler (% 40 kompaktibilitede) kesikli çizgilerle, aktive edilmiş ürünler ise katkı miktarına bağlı olarak eğrilerle ifade edilmiştir.

5.4.1 Kalecik Bentonit Örneğinin Değerlendirilmesi

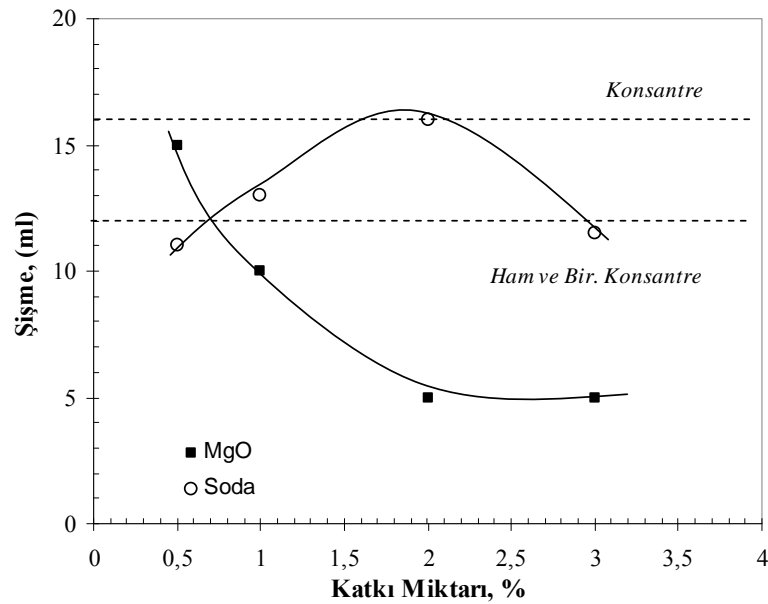
5.4.1.1 Fiziksel Özelliklerin Birlikte Değerlendirilmesi

Zenginleştirilmiş Kalecik bentonitinin katyon değişim kapasitesinin değişiminin verildiği Şekil 5.4'den görüleceği gibi zenginleştirmenin etkili olduğu ve bentonitin kalitesinin yükseldiği belirlenmiştir. Birleştirilmiş konsantre de ise katyon değişim kapasitesi değerlerinde bir iyileşmenin olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.4 Kalecik bentonit örneğinin katyon değişim kapasitesi değerlerinin karşılaştırılması

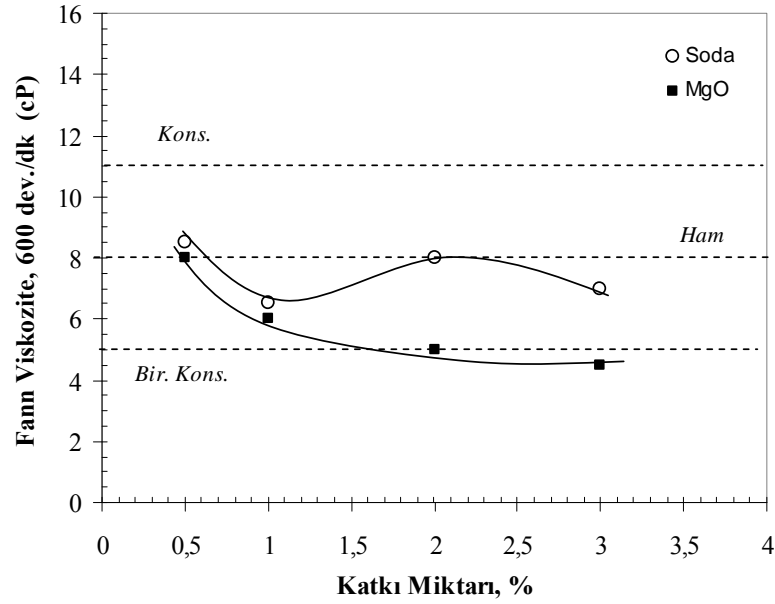
Kalecik bentonit örneği ile yapılan şişme testlerinde düşük katkı miktarında MgO aktivasyonunun daha etkili olduğu görülürken genel olarak Na_2CO_3 aktivasyonu ile yüksek şişme değerleri elde edilmiştir. Zenginleştirilmiş örneklerin ham örneğe göre daha yüksek şişme değerleri verdiği görülmüştür (Şekil 5.5).



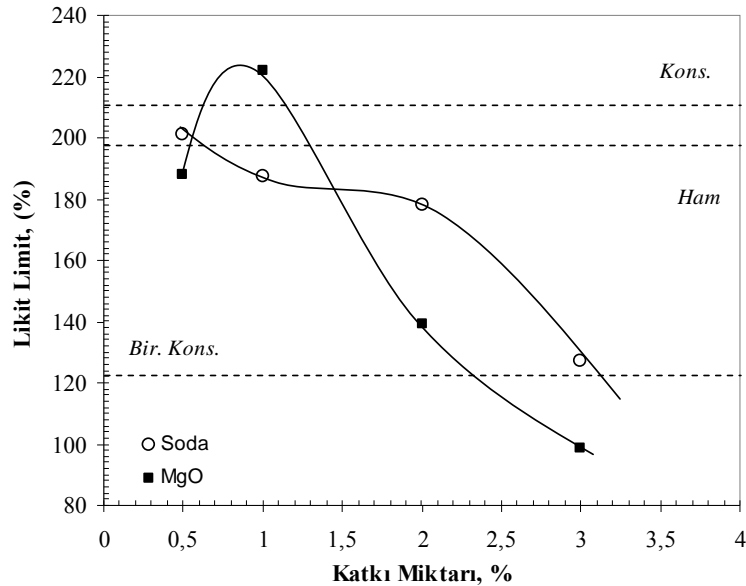
Şekil 5.5 Kalecik bentonit örneğinin şişme değerlerinin karşılaştırılması

Viskozite değerlerinin karşılaştırıldığı Şekil 5.6'da aktivasyonun etkili olmadığı düşük katkı değerlerinde nispeten bir iyileşmenin olduğu görülmüştür. Na_2CO_3

aktivasyonunun daha etkili olduğu belirlenirken, zenginleştirmenin viskoziteyi iyileştirdiği belirlenmiştir. Şekil 5.7’de ise likit limit değerlerinin kıyaslanması görülmektedir. Likit limit değerleri de genel olarak viskozite de olduğu gibi bir eğilim göstermiştir. Kalecik bentonit örneğinin zenginleştirme yoluyla likit limit değerlerinin iyileştirilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra düşük katkı miktarlarında da nispeten ham örneğe göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

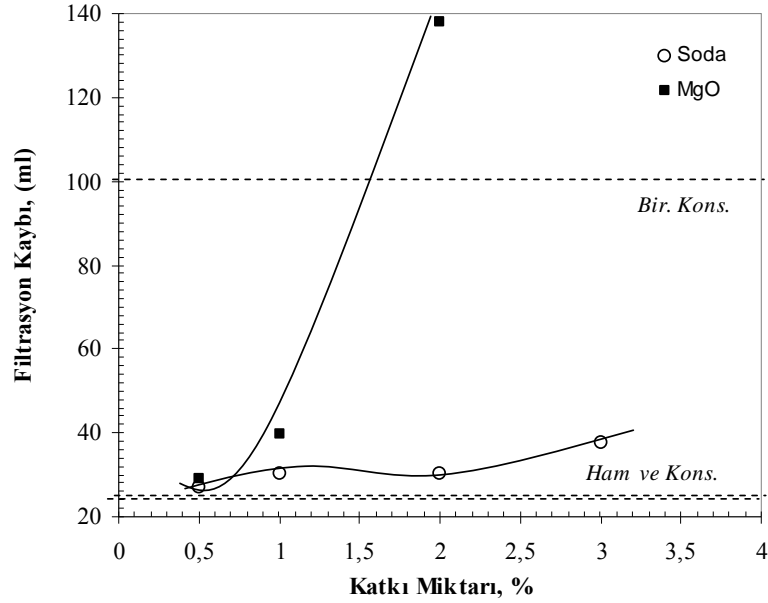


Şekil 5.6 Kalecik bentonit örneğinin viskozite değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.7 Kalecik bentonit örneğinin likit limit değerlerinin karşılaştırılması

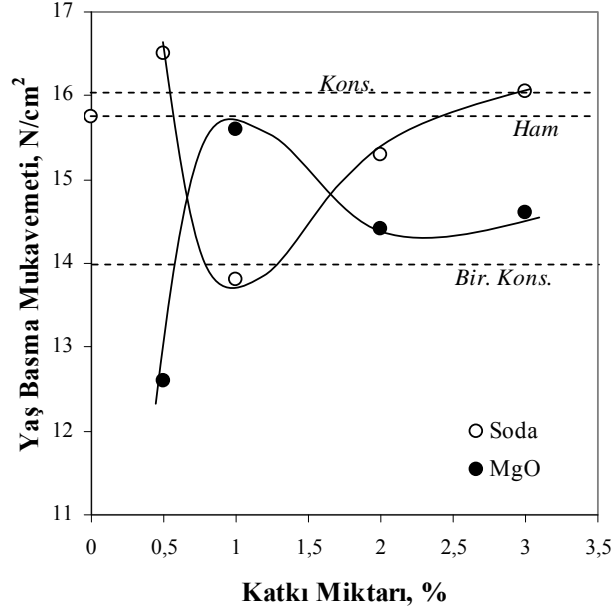
Şekil 5.8’den görüleceği gibi filtrasyon kaybı değerleri karşılaştırıldığında MgO ‘in kullanıldığı aktivasyon çalışmalarında katkı miktarının fazla olduğu durumlarda oldukça yüksek filtrasyon kaybı değerleri izlenmiştir. Ham ve konsantre örneklerde birbirine yakın değerler elde edilirken Na₂CO₃ ile aktivasyonda MgO ‘e göre daha az filtrasyon kaybı olmuştur.



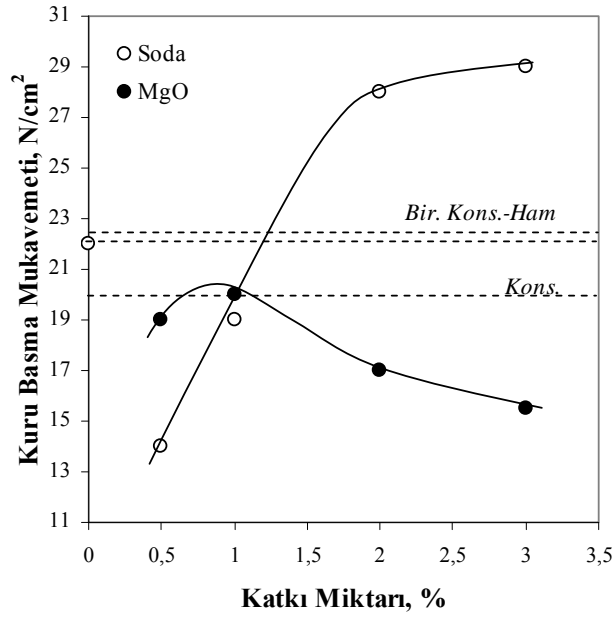
Şekil 5.8 Kalecik bentonit örneğinin filtrasyon kaybı değerlerinin karşılaştırılması

5.4.1.2 Döküm Özelliklerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Kalecik bentonit örneği ile yapılan döküm testlerinin sonuçlarının da bir arada değerlendirilebilmesi için katkı miktarına bağlı olarak mukavemet değerlerinin değişimi verilmiştir. Böylece Kalecik bentonit örneğinin ham, konsantre ve aktive edilmiş ürünlerin döküm özelliklerinin belirlendiği mukavemeti değerleri birlikte ortaya konmuştur. Şekil 5.9’da yaş basma mukavemeti değerlerinin kıyaslanması görülmektedir. Düşük katkı miktarında Na₂CO₃ aktivasyonunun etkili olduğu, bununla birlikte genel olarak MgO aktivasyonuna göre daha iyi değerlerin elde edildiği görülmüştür. Zenginleştirmenin yaş basma mukavemetini nispeten iyileştirdiği, Na₂CO₃ aktivasyonun genel olarak MgO aktivasyonuna göre daha iyi bulgular ortaya koyduğu görülmüştür. Na₂CO₃ ile aktive edilmiş örneklerin Na-bentonit formuna yaklaşması nedeniyle döküm özelliklerinde düşüşler olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi Na-Bentonitlerin döküm özellikleri diğer bentonit türlerine göre daha düşüktür.

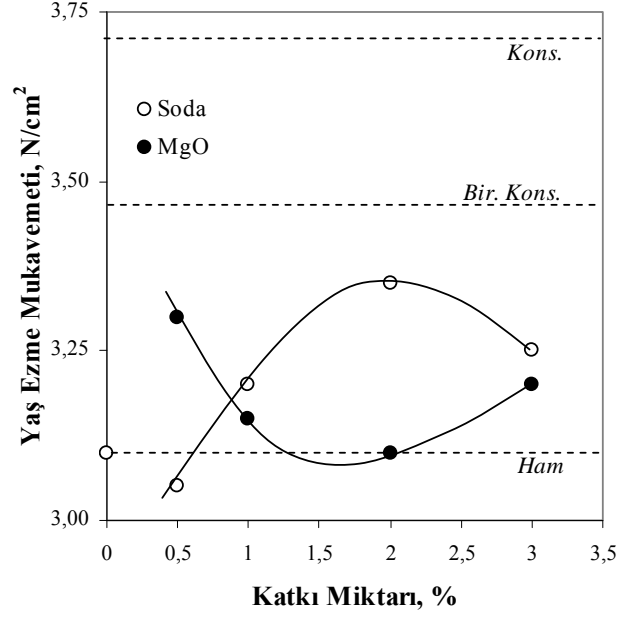


Şekil 5.9 Kalecik bentonit örneğinin yaş basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.10 Kalecik bentonit örneğinin kuru basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

Kuru basma mukavemeti değerlerini kıyaslandığı Şekil 5.10'dan görüleceği gibi aratan katkı miktarı ile Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerin değerleri artmış, MgO ile aktive edilmiş örneklerde ise azalma görülmüştür. Konsantre ile yüksek kuru basma mukavemeti elde edebilmek için daha fazla neme gereksinim olduğu belirlenmiştir.

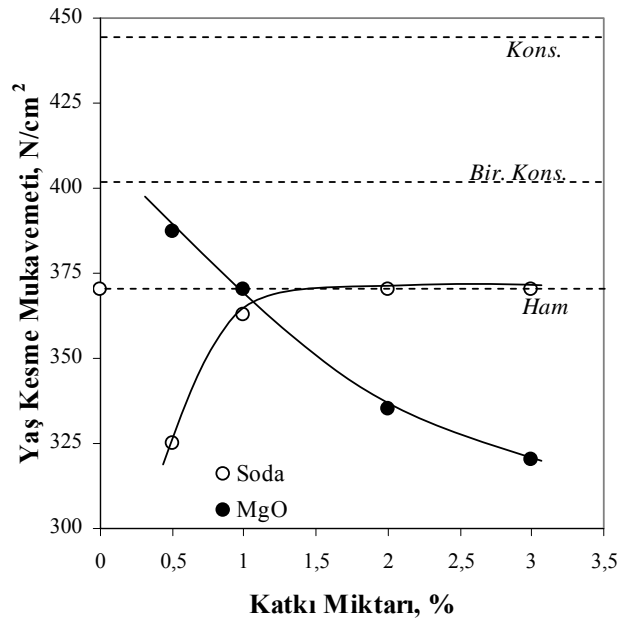


Şekil 5.11 Kalecik bentonit örneğinin yaş ezme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

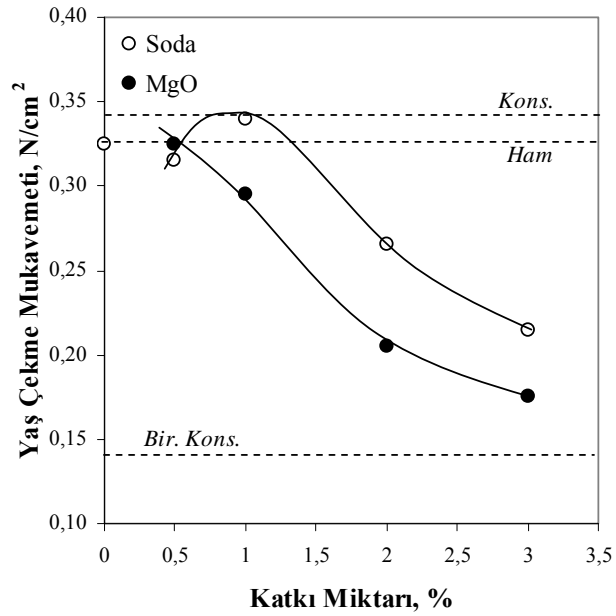
Yaş ezme mukavemeti değerlerinde zenginleştirilmiş ürün için yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun yanı sıra Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerin değerleri katkı miktarının artmasıyla artış göstermiş, MgO ile aktive edilmiş örneklerde ise düşük değerler elde edilmiştir. Yüksek katkı miktarlarında Na_2CO_3 ile aktivasyonun ham örneğe göre etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.11).

Yaş kesme mukavemetlerinin kıyaslandığı Şekil 5.12 'daki grafikler incelendiğinde zenginleştirme çalışmalarının bu mukavemet değerlerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Artan katkı oranıyla birlikte Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerde mukavemet değerleri artmış, bunu yanı sıra MgO ile aktive edilmiş örneklerde azalma görülmüştür. Düşük katkı miktarı değerlerinde ise MgO ile aktive edilmiş örneklerin ham örneklere göre daha yüksek yaş kesme mukavemeti gösterdiği, Na_2CO_3 ile aktive edilmiş ürünlerde ise ham örneklerden daha düşük mukavemet değeri gösterdiği belirlenmiştir.

Şekil 5.13' da ise yaş çekme mukavemetleri her iki aktivasyon türünde de artan katkı oranları ile azaldığı görülmüştür. Zenginleştirmenin, bu mukavemet değerlerinin iyileştirilmesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

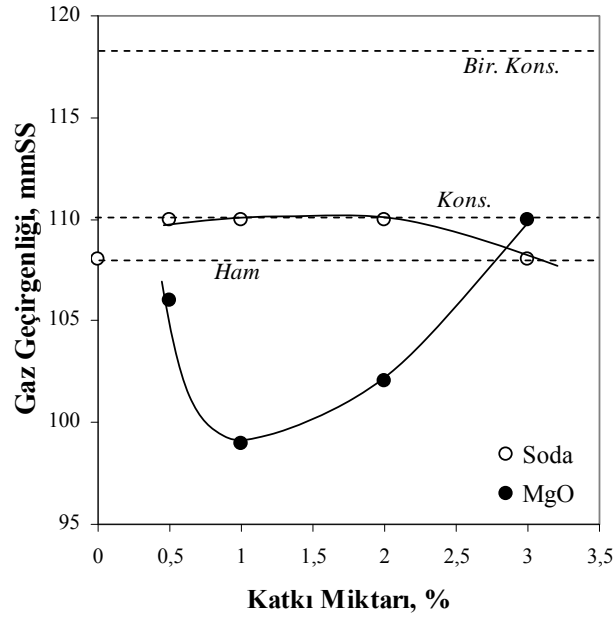


Şekil 5.12 Kalecik bentonit örneğinin yaş kesme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.13 Kalecik bentonit örneğinin yaş çekme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

Gaz geçirgenliğinin konsantre ve Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerde ham örneğe göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MgO ile aktivasyonun gaz geçirgenliğini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu durum Şekil 5.14'de verilmiştir.

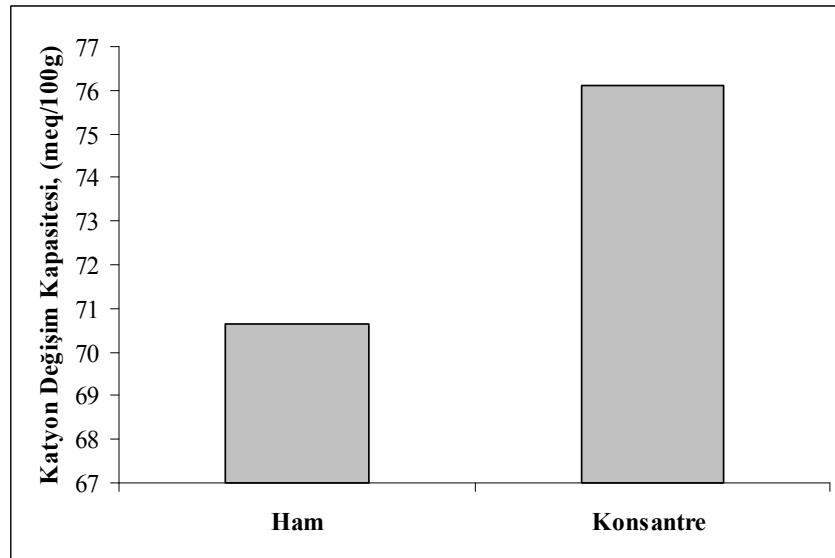


Şekil 5.14 Kalecik bentonit örneğinin gaz geçirgenliği değerlerinin karşılaştırılması

5.4.2 Çanbensan Gri Bentonit Örneği Değerlendirilmesi

5.4.2.1 Fiziksel Özelliklerin Birlikte Değerlendirilmesi

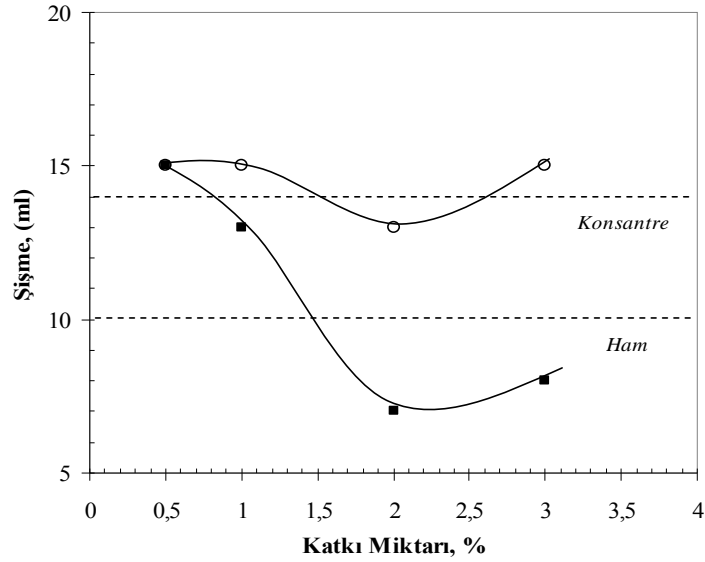
Ham, konsantre ve aktive edilmiş Çanbensan Gri bentonit bentonitinin fiziksel özelliklerinin birlikte değerlendirildiği bulgulara ait grafikler Şekil 5.15-5.19 'da verilmiştir. Katyon değişim kapasitesi değerlerinde zenginleştirmenin etkisi Şekil 5.15' te ortaya konmuştur.



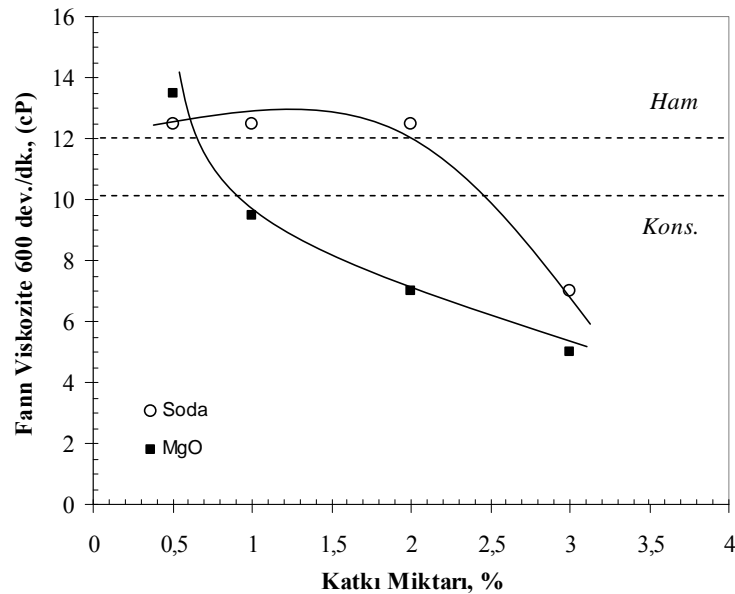
Şekil 5.15 Çanbensan Gri bentonit örneğinin katyon değişim kapasitesi değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.16'dan görüleceği gibi aktive edilmiş bentonitlerin şişme değerleri düşük katkı oranında ham numuneden daha iyi değerler vermiştir. Artan katkı oranı ile Na_2CO_3 ile aktivasyonda çok fazla değişimler olmamakla birlikte MgO ile aktivasyonda bir azalma izlenmiştir.

Viskozite ölçümlerinden elde edilen bulgularda MgO ile aktive edilmiş örneklerinin değerlerinin katkı oranı artmasına rağmen azaldığı, Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerde nispeten daha yüksek değerler elde edildiği görülmüştür. Konsantrenin de viskozite değerinin ham örnekten daha az olduğu görülmüştür (Şekil 5.17).

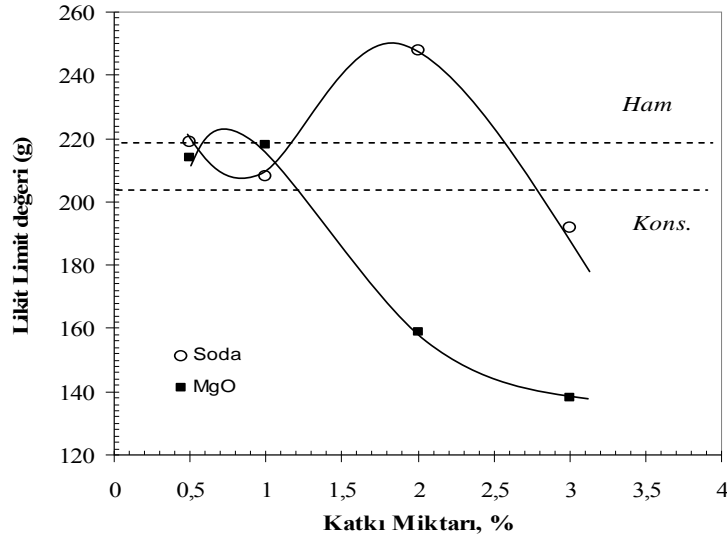


Şekil 5.16 Çanbensan Gri bentonit örneğinin şişme değerlerinin karşılaştırılması



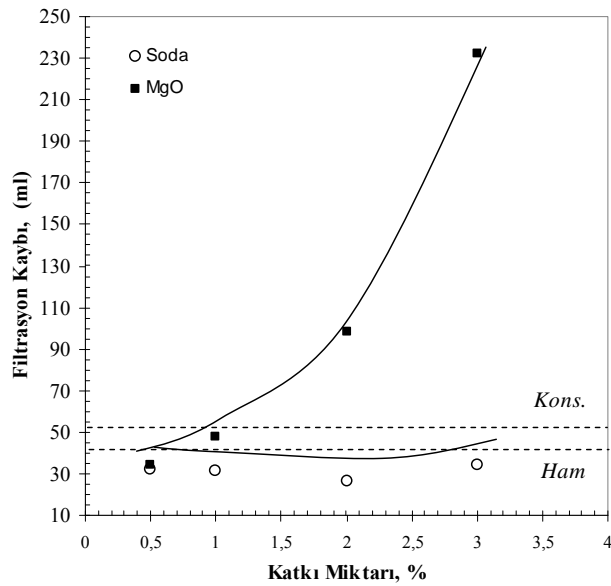
Şekil 5.17 Çanbensan Gri bentonit örneğinin viskozite değerlerinin karşılaştırılması

Likit limit değerlerinin değişimi Şekil 5.18’de verilmiştir. Genel olarak aktive ürünlerin değerleri katkı oranları arttıkça azalmış, zenginleştirmenin de likit limit üzerindeki etkisinin bir miktar azalma yönünde olduğu görülmüştür.



Şekil 5.18 Çanbensan Gri bentonit örneğinin likit limit değerlerinin karşılaştırılması

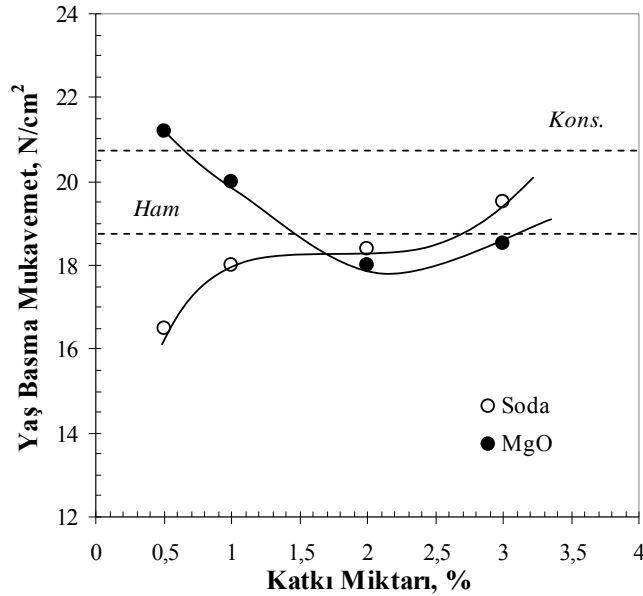
Filtrasyon kaybı değerleri de MgO’ün kullanıldığı aktive örneklerde katkı oranıyla artmıştır. Zenginleştirmenin etkisinin bu özellikte de etkili olmadığı, Na₂CO₃ ile aktive edilmiş örneklerinde ham örneğe yakın değerlere ulaştığı görülmüştür (Şekil 5.19).



Şekil 5.19 Çanbensan Gri bentonit örneğinin filtrasyon kaybı değerlerinin karşılaştırılması

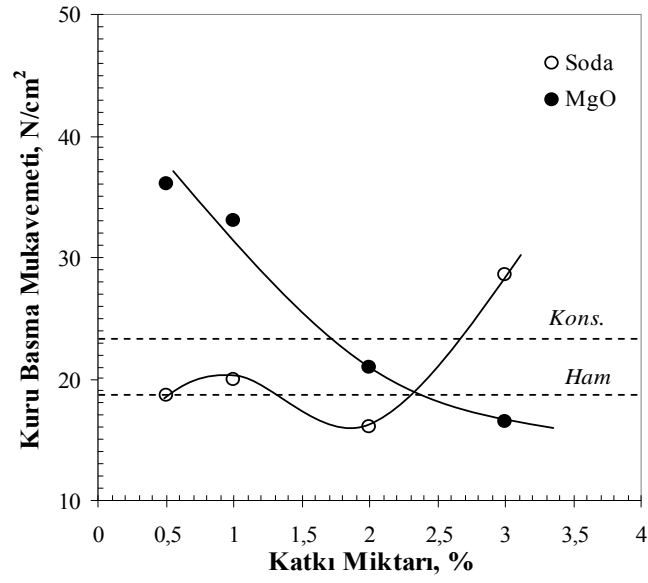
5.4.2.2 Döküm Özelliklerin Birlikte Değerlendirilmesi

Çanbensan Gri örneğine ait döküm özelliklerinin belirlendiği bulgularda birlikte değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere ait grafikler Şekil 5.20- 5.25’de verilmiştir. Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerin yaş basma mukavemet değerleri artan katkı oranları ile artmış, MgO ile aktive edilmiş örneklerin ise azaldığı görülmüştür. % 0,5 katkı oranında MgO ile aktive edilmiş örnek ham örnekten daha iyi değerler gösterirken diğer katkı oranlarında ise daha düşük değerler almıştır. Bunun yanında % 3 Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneğin ham örnekten daha yüksek mukavemet değeri elde ettiği görülmüştür. Zenginleştirmenin etkisi yaş basma mukavemetinin artırma yönünde olmuştur. Bu bulgulara ait grafikler Şekil 5.20’ de verilmiştir.



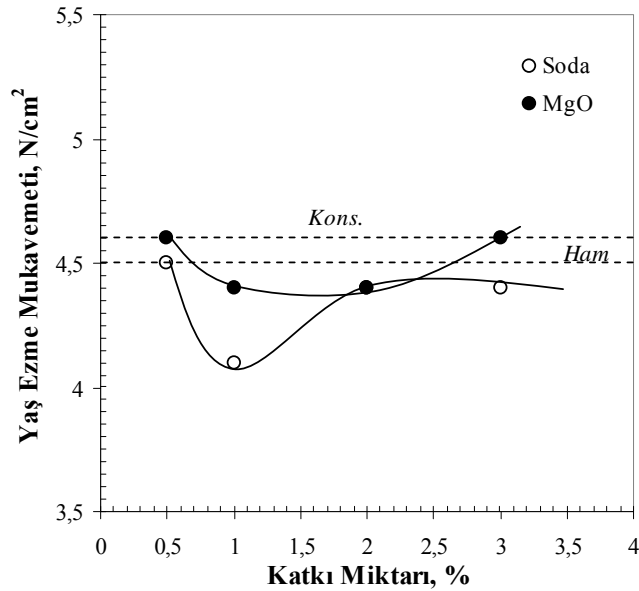
Şekil 5.20 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

Kuru basma mukavemet değerleri, konsantre örnekte ham örneğe göre daha yüksek elde edilmiş, zenginleştirmenin bu fiziksel özelliği de artırdığı saptanmıştır. Aktivasyon işlemlerinde ise düşük katkı miktarlarında MgO ‘in kullanıldığı örnekler ham örneğe göre yüksek değerler göstermiştir. Na_2CO_3 ile aktive edilmiş örneklerin ise yalnızca % 3 katkı oranında ham örnekten daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 5.21).



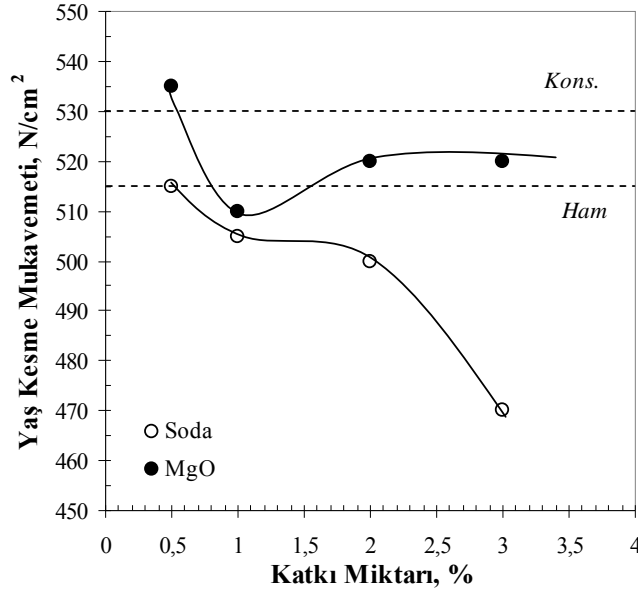
Şekil 5.21 Çanbensan Gri bentonit örneğinin kuru basma mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

Yaş ezme mukavemetine ait bulgular ise Şekil 5.22’de verilmiş, konsantre ve MgO ile aktive edilmiş örneğin daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Na₂CO₃ ile aktive edilmiş örneklerin nispeten daha düşük değerlerde kaldığı ve genel olarak ham örnekten daha az mukavemet gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 5.22 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş ezme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

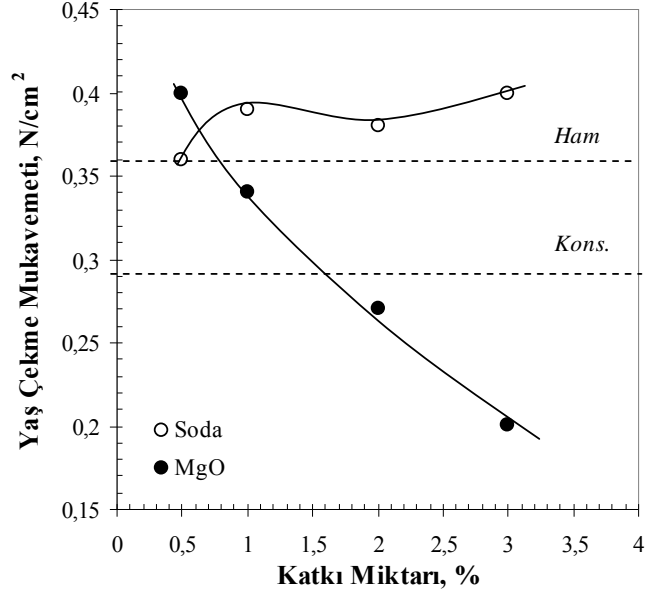
Yaş kesme mukavemeti ise genel olarak Na_2CO_3 ile aktivasyonu ile azalmış, MgO ile aktivasyonu ile nispeten daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Zenginleştirmenin değerleri artırma yönündeki olumlu etkileri bu test içinde geçerli olmuş ve genellikle en iyi sonuç konsantre örnek ile elde edilmiştir. Şekil 5.23’de bu durum grafiklerle ifade edilmiştir.



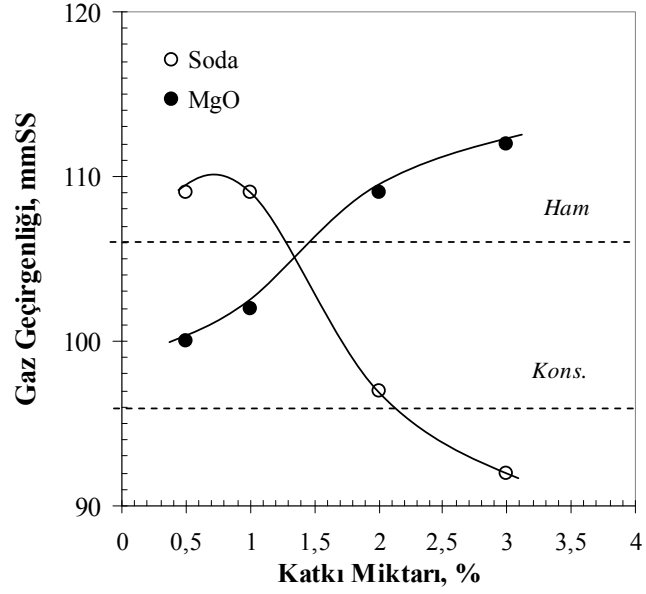
Şekil 5.23 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş kesme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması

Yaş çekme mukavemeti değerleri üzerinde zenginleştirmenin etkisi değerlerin azalması yönünde olmuş, MgO ile aktivasyonun da katkı miktarının artmasıyla bu değerlerin azalmasına neden olduğu görülmüştür. Na_2CO_3 ile aktivasyonun yaş çekme değerlerini artırdığı ve ham örnekten daha yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 5.24).

Gaz geçirgenliğinin değerlendirildiği bulgulara ait grafikler Şekil 5.25 ‘de verilmiştir. Düşük katkı oranlarında Na_2CO_3 aktivasyonu ham örneğe oranla daha iyi geçirgenlik sağlarken MgO aktivasyonunda ise ham örnekten daha düşük geçirgenlik değeri elde edilmiştir. Artan katkı oranlarında bu durum tam tersi bir durum almıştır. Zenginleştirmenin gaz geçirgenliğine etkisinin azaltma yönünde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.24 Çanbensan Gri bentonit örneğinin yaş çekme mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.25 Çanbensan Gri bentonit örneğinin gaz geçirgenliği değerlerinin karşılaştırılması

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ham bentonitlerle (Çanbensan Gri, Çanbensan Sarı, Çubuk, Kalecik, Reşadiye, Sömaş) yapılan çalışmalarda fiziksel ve döküm özellikleri belirlenmiştir. Fiziksel özelliklerin belirlendiği deneylerde en yüksek değerler (katyon değişim kapasitesi 76 meq/100 g, şişme 20,5 ml, viskozite 600 dev./dk. 'da 35,0 cP) Reşadiye bentoniti ile elde edilmiştir.

Ham bentonitlerle yapılan döküm testlerinde genellikle ara tip bentonitler ile daha yüksek yaş mukavemet değerlerinin elde edildiği görülmüştür. En yüksek yaş mukavemet değerleri (yaş basma 21,8 N/cm², yaş ezme 5 N/cm², yaş kesme 601 N/cm²,) Çanbensan Gri bentoniti ile elde edilmiştir. Ancak yaş çekme mukavemet değerlerinde en yüksek değer 0,448 N/cm² olarak Reşadiye bentoniti ile elde edilirken Çanbensan Gri bentoniti ile bu değer 0,440 N/cm² olmuştur. Ham bentonitlerin kullanıldığı gaz geçirgenliği testlerinde ise en yüksek geçirgenlik değeri (110 mmSS) Kalecik bentoniti ile elde edilmiştir.

Zenginleştirme çalışmalarında iki ara tip bentonit (Çanbensan Gri, Kalecik) kullanılmıştır. Zenginleştirilmiş Kalecik bentonitinin kullanıldığı fiziksel özelliklerin belirlendiği testlerin sonucunda genel olarak iyileşmeler görülmüştür. Birleştirilmiş konsantre kullanıldığında ise fiziksel özelliklerde düşüşler görülmüştür. Zenginleştirme sırasında ve testlerde kullanılan suların özelliklerinin bentonit özellikleri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çanbensan Gri konsantresi ile bazı fiziksel özelliklerin (katyon değiştirme kapasitesi, şişme ve 300 dev./dk'da viskozitede kısmen) iyileşmeler görülürken, bazı özelliklerde (filtrasyon kaybı ve likit limit) kötüleşmeler görülmüştür.

Zenginleştirilmiş bentonitlerle yapılan döküm testlerinde yaş mukavemet değerlerinde genel olarak iyileşmeler görülmüştür. Kalecik konsantresi kullanıldığında yaş mukavemet değerleri açısından ham bentonite göre daha iyi performans elde edilmiştir. En yüksek yaş mukavemet değerleri (yaş basma 17,10 N/cm², yaş ezme 4,00 N/cm², yaş kesme 482 N/cm², yaş çekme 0,410 N/cm²) konsantre ile elde edilmiştir. Çanbensan Gri konsantresinin kullanıldığı döküm testlerinde en yüksek değerler ham bentonitle elde edilmesine karşın diğer nem içeriklerinde zenginleştirilmiş bentonit ile daha iyi performansa ulaşılmıştır. Hem ham hem de zenginleştirilmiş Çanbensan Gri bentoniti Kalecik bentonitine göre daha yüksek yaş mukavemet değerleri vermiştir (yaş çekme mukavemeti hariç). Örneğin; Kalecik konsantresi kullanıldığında en yüksek yaş basma mukavemeti 17,10 N/cm² iken (ham bentonitte 15,60 N/cm²), Çanbensan

konsantresi ile bu değer 21,30 N/cm² (ham bentonitte 21,80 N/cm²) olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş ezme mukavemeti Kalecik konsantresi ile 4,00 N/cm² (ham bentonitte 3,30 N/cm²) iken Çanbensan konsantresi ile bu değer 4,60 N/cm² (ham bentonitte 5,00 N/cm²) olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş kesme mukavemeti Kalecik konsantresi ile 482 N/cm² (ham bentonitte 396 N/cm²) iken Çanbensan konsantresi ile bu değer 571 N/cm² (ham bentonitte 601 N/cm²) olarak elde edilmiştir. En yüksek yaş çekme mukavemeti Kalecik konsantresi ile 0,410 N/cm² (ham bentonitte 0,380 N/cm²) iken Çanbensan konsantresi ile bu değer 0,300 N/cm² (ham bentonitte 0,410 N/cm²) olarak elde edilmiştir.

Zenginleştirilmiş Kalecik bentonitinin kullanıldığı kuru mukavemet testlerinde en yüksek değere (47,33 N/cm²) birleştirilmiş konsantre ile ulaşılmıştır. anbensan Gri konsantre bentoniti kullanıldığında en yüksek kuru mukavemet değeri 29,20 N/cm² olarak elde edilmiştir.

Gaz geçirgenliği açısından yapılan değerlendirmeler sonunda; Kalecik birleştirilmiş konsantre hariç ham bentonitlerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Zenginleştirmenin Kalecik bentoniti üzerinde daha etkili olduğu, anbensan Gri bentonin üzerinde ise nispeten daha az etkili olduğu belirlenmiştir.

Aktivasyon alışmaları da Kalecik ve anbensan Gri bentonitleri üzerinde, Na₂CO₃ ve MgO kullanılarak yapılmıştır. Kalecik bentonitinin Na₂CO₃ ile aktivasyonu sonucunda özellikle % 0,5 katkı miktarında fiziksel özelliklerde iyileşmeler görülmektedir. Kalecik bentoniti MgO ile aktive edildiğinde ise düşük katkı miktarlarında (% 0,5, 1) fiziksel özelliklerde iyileşmeler görülmüştür.

anbensan Gri bentonitinin Na₂CO₃ ile aktivasyonu sonucu elde edilen bulgularda şişme değeri (15 ml) iyileşirken, diğer fiziksel özelliklerinde (katyon değiştirme kapasitesi, viskozite, likit limit) değişiklik olmamıştır. MgO ile aktivasyon sonucunda ise düşük katkı miktarlarında (zellikle % 0,5) fiziksel özelliklerde iyileşmeler görülmüştür.

Aktive edilmiş Kalecik bentoniti ile en yüksek yaş mukavemet değerleri; yaş basma, Na₂CO₃ kullanıldığında 16,90 N/cm², MgO kullanıldığında 16,10 N/cm² (ham bentonitte 15,60 N/cm², zenginleştirilmiş bentonitte 17,10 N/cm²), yaş ezme, Na₂CO₃ kullanıldığında 3,40 N/cm², MgO kullanıldığında 3,40 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte ile 4,00 N/cm², ham bentonitte 3,30 N/cm²), yaş kesme Na₂CO₃ kullanıldığında 410 N/cm², MgO kullanıldığında 402 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte 482 N/cm², ham bentonitte 396 N/cm²), yaş ekme Na₂CO₃ kullanıldığında

0, 410 N/cm², MgO kullanıldığında 0,380 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte ile 0,410 N/cm², ham bentonitte 0,380 N/cm²) olarak elde edilmiştir. Kalecik bentoniti için verilen yaş mukavemet değerlerinden görüldüğü gibi genel olarak zenginleştirmenin etkisi, aktivasyona göre daha fazla olmuştur.

Aktive edilmiş Çanbensan Gri bentoniti ile en yüksek yaş mukavemet değerleri; yaş basma, Na₂CO₃ kullanıldığında 20,00 N/cm², MgO kullanıldığında 18,90 N/cm² (ham bentonitte 21,80 N/cm², zenginleştirilmiş bentonitte 21,30 N/cm²), yaş ezme mukavemeti, Na₂CO₃ kullanıldığında 4,70 N/cm², MgO kullanıldığında 4,70 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte ile 4,60 N/cm², ham bentonitte 5 N/cm²), yaş kesme Na₂CO₃ kullanıldığında 539 N/cm², MgO kullanıldığında 539 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte 571 N/cm², ham bentonitte 601 N/cm²), yaş çekme, Na₂CO₃ kullanıldığında 0, 440 N/cm², MgO kullanıldığında 0,395 N/cm² (zenginleştirilmiş bentonitte ile 0,300 N/cm², ham bentonitte 0,410 N/cm²) olarak elde edilmiştir. Çanbensan Gri bentoniti için verilen yaş mukavemet değerlerinden görüldüğü gibi genel olarak zenginleştirmenin etkisi, bazı mukavemet değerleri için (yaş basma, yaş kesme), aktivasyona göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Zenginleştirilmiş ve aktive edilmiş bentonitler döküm sektöründe istenen mukavemet ve gaz geçirgenliği değerleri (yaş basma en az 18 N/cm², kuru basma en az 25 N/cm², yaş ezme en az 3,5 N/cm², yaş çekme en az 0,250 N/cm², gaz geçirgenliği 60–180 mmSS arasında) açısından değerlendirildiğinde; Kalecik bentonitinin ham, zenginleştirilmiş ve aktive halde yaş basma mukavemet değerini sağlayamadığı, yaş ezme değerinin ise zenginleştirme ile sağlanabildiği görülmüştür. Düşük katkı oranlarında aktive edilmiş, ham ve zenginleştirilmiş Kalecik bentoniti ile döküm sektöründe beklenen diğer özellikler sağlanmıştır. Çanbensan Gri bentoniti ise ham, zenginleştirilmiş ve düşük katkı miktarlarında aktive edilmiş bentonitlerle aranılan mukavemet değerlerine ulaşmak mümkün olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, her iki ara bentonit örneğinde (Kalecik, Çanbensan Gri) endüstride yaygın olarak kullanılabilmesi amacıyla daha homojen ve kaliteli hale getirilmesi için zenginleştirilmesi ve/veya düşük katkı oranlarında Na₂CO₃ ile aktive edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alther, G.R. (1982). The role of bentonite in soil sealing applications. Bull. Assoc. Eng. Geol. 19_4. 401–409.
- Akbulut, A.(1996). Bentonit”, MTA eğitim serisi no:32, Ankara.
- Anık, S., Dikicioğlu, A., Vural, M. (2006). İmal Usulleri. İ.T.Ü Makine Fakültesi. Birsen Yayınevi.
- Babu N. N., Ohdar, R. K., Pushp, P. T. (2006). Evaluation of green compressive strength of clay bonded moulding sand mix: neural network and neuro-fuzzy based approaches. International Journal of Cast Metals Research. 19.2. 110-115.
- Bailey, A.E. 1963. Refining and bleaching. Bailey’s industrial oil and fat products.
- Bain, J.A., Morgan, D.J. (1982). Laboratory separation of clays by hydrocycloning. Clay Minerals 18, 33–47.
- Barbanti, D., D’Orazio, M., Versari, A. (1997). The use of bentonite as a moisture regulating system1. study on some sorption properties of bentonite for their potential use in food technology. Journal of Food Engineering. 33. 193-206.
- Bast, J., Kadauw, A., Malaschkin, A. (2009). Optimising of moulding parameters for green sand compaction by computer simulation and a new compaction measuring device. International founai of Metalcasting/Spring 09.p:55-65.
- Beşün, N., Özçukur, M., Erdiñç, A., Peker, S. (1993).Yerli Killerin Tuz İlavesi ile Oluşan Reolojik Özelliklerinin Döküm Kalıbı Performanslarına Etkisi. VI. Ulusal Kil Sempozyumu. 129-140.
- Bleifuss, R.L. (1973). Activation of non-swelling bentonite. Clay Miner. 10, 41–55.
- Boylu, F., Çinku, K., Esenli, F., Çelik, M.S. (2010). The separation efficiency of Na-bentonite by hydrocyclone and characterization of hydrocyclone products. International Journal of Mineral Processing 94 196–202.
- Boylu, F., Azeri, A., Çinku, K., Çelik, M.S. (2007) Anorganik tuzların bentonit bazlı sondaj çamurları üzerine etkileri. XIII. Ulusal Kil Sempozyumu. Isparta. 377-395.
- Boylu, F., Çavuşoğlu M., Chimeddorj, M., Çelik, M.S. (2007). Bentonitlerin kedi kumu sektöründeki kullanımına yönelik standartların geliştirilmesi. XIII. Ulusal Kil Sempozyumu. Isparta. 171- 184.
- Bren, C., Watson, R. (1998). Acid-activated organoclays: preparation, characterisation and catalytic activity of polycation-treated bentonites. Applied Clay Science 12.. 479–494.
- Brusewitz A.M. (1986). Chemical and physical properties of Paleozoic potassium bentonites from Kinnekulle. Sweden. Clays and Clay Minerals.34, p: 442-454.

- Callaghan, I.C., Otteville, R.H. (1974). Interparticle forces in montmorillonite gels. *Journal of the Chemical Society-Faraday Discussion* 57, 110–118.
- Campbell, J. (2004). *Casting Practice*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Carmody, O., Frost, R. L., Klopogge, J. T. Xi, Y., Kokot, S. (2005). Application of organoclays for cleaning up oil spills. *Proceedings of the 13. International Clay Conference*. 89.
- Chang, Y., Hocheng, H. (2001). The flowability of bentonite bonded green molding sand. *Journal of Materials Processing Technology* 113. 238-244.
- Chen, X., Nomura, H., Maeda, Y. (2004). Experimental investigation and numerical analysis of compaction behaviour of moulding sand. *International Journal of Cast Metals Research* 2004 Vol. 17 No. 6.
- Chiara, M.Z., Fiore, S. (2002). Foundry processes: the recovery of green moulding sands for core operations. *Resources, Conservation and Recycling* 38. 243-254.
- Christidis, G., Scott, P.W., Marcopoulas, T. (1995). Origin of the bentonite deposits of eastern Milos and Kimolos, Greece, geology, geological, mineralogical and geochemical evidence. *Clay and Clay minerals*. 43, 63-77, 1995 Aegean, Greece. *Appl. Clay Sci.* 12, 329-347.
- Christidis, G., Scott, P.W. (1997). Acid activation and bleaching capacity of bentonites from islands of Milos and Chios. *Aegean, Greece. Appl. Clay Sci.* 12, 329-347.
- Christidis G. (1998). Physical and chemical properties of some bentonite deposits of Kimolos Island, Greece *Applied Clay Science* 13. 79–98.
- Churchman, G., J., Askary, M., Peter, P., Wright, M., Raven, M., D., Self, P., G. (2002). Geotechnical properties indicating environmental uses for an unusual Australian bentonite. *Applied Clay Science* 20 199–209.
- Condra, G.E., 1908, “Geology and water resources of a portion of Missouri River valley in north western Nebraska”, *U.S. Geol. Surv., Water-Supply Pap.*, 215:59 pp.
- Cooper, A. R., Eaton, L.E. (1962). *J. Am. Ceram. Soc.* 45. 97–101.
- Çakırcıoğlu F., Böke, N., Umaç, N., Peker, S. 1985., Kilin kuru yöntemle asit aktivasyonuna etki eden parametrelerin incelenmesi. II. Ulusal kil sempozyumu. 187-203.
- Çavuşoğlu, N. (1981). *Döküm Teknolojisi*. İ.T.Ü.
- Dananaj, I., Frankovska, J., Janotkab, I. (2005) The influence of smectite content on microstructure and geotechnical properties of calcium and sodium bentonites. *Applied Clay Science* 28. 223–232.
- Devaney, F.D. (1956). Process of preparing indurated pallets of iron ore fines. US patent 2. 713.172.

- Egloffstein, T.A. (2001). Natural bentonites. Influence of the ion exchange and partial desiccation on permeability and self-healing capacity of bentonites used in GCLs. *Geotextiles and Geomembranes* 19 427–444.
- Eisele, T. C., Kawatra, K. (2003). A Review of binders in iron ore pelletization. *Mineral Processing & Extractive Metall. Rev.*, 24: 1-90.
- Fijal, J., Klapyta, Z., Kwieciuska, B., Zietkewicz, J., Zyla, M. (1975). On the mechanism of acid activation of montmorillonite. II. Changes in the morphology and porosity in the light of electron microscopic and adsorption investigations. *Mineral. Pol.* 6, 49-57.
- Flemming, E., Tilch W., (1993). *Formstoffe und Formverfahren*, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. p. 448.
- Forsmo, S.P.E., Apelqvist, A.J., Björkman, B.M.T., Samskog, P.O. (2006). Binding mechanism in wet iron ore green pellets with a bentonite binder. *Powder Technology* 169. 147-158.
- Grim R.E. (1962). *Applied Clay Mineralogy*. McGraw Hill, New York, Toronto, London.
- Grim R.E. (1968). *Clay Mineralogy*. 2nd edition. McGraw Hill. New York.
- Grim R.E., Güven, N. (1978). *Bentonites: Geology, Mineralogy, Properties and Uses*. *Developments in Sedimentology* 24, Elsevier Publishing Company, New York, 256 p.
- Günay, Y., Değirmenci, S., Şirin, B., Akarlar, N. (2001). Türkiye'de Döküm Bentonitlerinin 2000'lerde iyileştirilmesi. *T.M.M.O.B. Metalurji Müh Odası. Metalurji* 126. 13-19.
- Güngör N., Ece, Ö.I., Alemdar, A. (1997). Doğal ve Na-Enez bentonitlerde çeşitli elektrolit ve polimerlerin reolojik özellikler üzerinde etkisi. VIII. Ulusal Kil Sempozyumu. 165-171.
- Gümüşer, G., Yalçın, H. (1998). Kelkit vadisi kuzeyindeki (Reşadiye-Yazıcık-Berketli/Tokat) bentonit yataklarının mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. *Yerbilimleri*. 20, 91-100.
- Hamdi, N., Della, M., Srasra, E. (2005). Experimental study of the permeability of clays from the potential sites for acid effluent storage. *Desalination* 185 523–534.
- Hamwall, J.B., Low, P.F. (1956). The hydrostatic repulsive force in clay swelling. *Soil Science* 82, 135–145.
- Hassan, M.S., Abdel-Khalek, N.A. (1998). Beneficiation and applications of an Egyptian bentonite. *Applied Clay Science*. 13. 99-115.
- Hewitt, D.F. (1917). The origin of bentonite. *J. Wash. Acad. Sci.* 7: 196-198.

- Huff, W. D., Türkmenoğlu, A.G. (1981). Chemical characteristics and origin of K-bentonites along the Cincinnati. *Arch, Clays and Clay Minerals*. 29, p: 113-123.
- Ito, H., (2006). Compaction properties of granular bentonites. *Applied Clay Science*. 31. 47-55.
- İpekoğlu, B., Kurşun, İ., Bilge, Y., Barut, A. (1997). Türkiye bentonit potansiyeline genel bir bakış. 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- İşçi, S., Günister, E., Ece, Ö.I., Güngör, N. (2004). The modification of rheologic properties of clays with PVA effect. *Materials Letters* 58. 1975– 1978.
- Jordan, J.W.(1949). Organophilic bentonite I. *J., Phys. Chem.*, 59. 294-505.
- Karagüzel, C., Çetinel, T., Boylu, F., Çinku, K., M.S. Çelik. (2010). Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud. *Applied Clay Science* 48 (2010) 398–404.
- Kaviratna, H., Pinnavaia, T. (1994). Acid hydrolysis of octahedral Mg 2+ sites in 2:1 layered silicates: An assessment of edge attack and gallery access mechanisms. *Clays Clay Miner.* 42.717-723.
- Kawatra, S.K., Ripke, S.J. (2001). Developing and understanding the bentonite fiber bonding mechanism. *Minerals Engineering*. 14. 647-659.
- Kemal, M.(1990). Aglomerasyon. D.E.Ü. İzmir.
- Kjellander, R., Marcelja, S., Quirk, J.P. (1988). Attractive double-layer interactions between calcium clay particles. *Journal of Colloid and Interface Science* 126, 194–211.
- Knight, W.C. (1898). Bentonite, *Eng.Min. J.*, 66: 491.
- Kuru, E., Yayla M., Demirci, Ş. (1995). Bentonitlerin mineralojik özelliklerinin su-bazlı sondaj çamurlarının akışkan özellikleri üzerindeki etkileri. VII. Ulusal Kil Sempozyumu. Ankara.
- Lagaly, G. (1989). Principles of flow of kaolin and bentonite dispersions. *Appl. Clay Sci.* 4. 105–123.
- Lagaly, G., Müller-Vonmoos, M., Kahr, G., Fahn, R., 1981. Vorgänge bei der Sodaaktivierung von Bentoniten am Beispiel eines Bentonits von Neuseeland. *Keram. Z.* 33, 278–283.
- Lagaly, G., Reese, M., Abend S. (1999). Smectites as colloidal stabilizers of emulsions I. Preparation and properties of emulsions with smectites and nonionic surfactants. *Applied Clay Science* 14 -1999. 83–103.
- Laird, D.A., Shang, C., Thompson, M.L.(1995). Hysteresis in crystalline swelling of smectites. *Journal of Colloid and Interface Science* 171, 240–243.

- Laird, D.A, Shang, C. (1997). Relationship between cation exchange selectivity and crystalline swelling in expanding 2:1 phyllosilicates. *Clays and Clay Minerals* 45, 681–689.
- Liu, L. (2010) .Permeability and expansibility of sodium bentonite in dilute solutions. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 358 68–78.
- Malayoğlu U., Akar, A. (1995). Killerin sınıflandırılmasında ve kullanım alanlarının saptanmasında aranan kriterlerin irdelenmesi. *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Köse ve Kızıl. İzmir-Türkiye, 21-22 Nisan 1995*, pp. 125-132.
- Mills, G.A., Holmes, J., Cornelius, E.B.(1950). Acid activation of some bentonite clays. *J. Phys.Colloid Chem.* 54, 1170-1185.
- Morgan, D.A., Shaw, D.B., Sidebottom, T.C., Soon, T.C., Taylor, R.S.(1985). The function of bleaching earths in the processing of palm, palm kernel and coconut oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62, 292-299.
- Murray, H.H. (2007).*Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays, Developments in Clay Science 2* Elsevier Publishing Company, 180 pages, 2007.
- Murray, H.H. (2000). Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: a general overview, *Applied Clay Science*, 17, 207-221.
- Norrish, K. (1954). The swelling of montmorillonite. *Faraday Discussions Society* 18, 120–134.
- Obut, A., Girgin İ. (2005). Magnezyum, kurşun ve manganez iyonlarının bentonit süspansiyonlarının jelleşme karakteristiği üzerindeki etkisi. *Madencilik*, 44- 2. 17-24.
- Olasupo, O.A., Omotoyinbo, J.A. (2009). Moulding properties of a Nigerian silica–clay mixture for foundry use. *Applied Clay Science* 45. 244–247.
- Orumwense, F.F.O. (2002). Moulding properties of synthetic sand mixtures. A comparative study. *Scandinavian Journal of Metallurgy*.31. p: 100-106.
- Önal, M.(2007). Swelling and cation exchange capacity relationship for the samples obtained from a bentonite by acid activations and heat treatments.*Applied Clay Science* 37 (2007) 74–80.
- Özçelik, O. (1990). *Sondaj Tekniği. C.Ü. Ders notları serisi. 4.*
- Özgen, S., Yıldız, A., Çalışkan, A., Sabah, E. (2009). Modeling and optimization of hydrocyclone processing of low grade bentonites. *Applied Clay Science* 46 305–313.
- Paluszkiwicz, C., Holtzer, M., Bobrowski, A. (2008). Ftir analysis of bentonite in moulding sands. *Journal of Molecular Structure*. 880 109-114.

- Parker, J.C., Zelazny, L.W., Amos, D.F. (1980). Swelling components of compacted Ca-montmorillonite. *Clays and Clay Minerals* 28, 135-141.
- Peker, S., Buyura, E., Yıldız, B., Köktürk, U., Yılmaz, H. (2001). Kil karışımlarının reolojik davranışlarında iyon değişiminin etkisi. 10. Ulusal Kil Sempozyumu. Konya.pp. 18-26.
- Pennino, U.D., Mazzoga, E., Valari, S., Alietti, A., Brigatti, M.F., Poppi, L. (1981). Interlayer water and swelling properties of monovalent montmorillonites. *Journal of the Colloid and Interface Science* 84, 301-309.
- Reyes, E., Caballero, E., Huertes, F. and Linares, J. (1987). Bentonite deposits from Caba de gata Region Almeria SE Spain. Guidebook, the 6th meeting of the European Clay Groups, Sevilla, M.O. Huertas, p. 9-31.
- Rhodes, C.N., Brown, D.R.(1992). Structural characterization and optimization of acid-treated montmorillonite and high-porosity silica supports for ZnCl₂ alkylation catalysts. *J. Chem. Faraday Trans.* 88 (15), 2269-2274.
- Ross, C.S., E.V. Shannon. (1926). Minerals of bentonite and related clays and their physical properties. *J. Am. Ceram. Sci.* 9: 77-96.
- Rupert, J.P., Granquist, W.T., Pinnavaia, T.J., (1987). Catalytic properties of clay minerals. In: Newman A.C.D. (Ed.). *Chemistry of Clay and Clay Minerals*. Mineralogical Society. London.275-318.
- Sarıer, N., Güler, Ç. (1985). Asit ile bentonitin β -karoten adsorpsiyonu. II. Ulusal Kil Sempozyumu. 205-214.
- Sarıkaya, Y., Ceylan, H. Biçer, C., Biçer, N., Bozdoğan, İ. (1985). Killerin ağartıcı özellikleri. II. Ulusal Kil Sempozyumu. 507-512.
- Sarıkaya, Y.(1987). Killerin önemi ve özellikleri. III. Ulusal Kil Sempozyumu s: 13-32.
- Sarıkaya, Y., Önal, M., Ceylan, H., Bozdoğan, İ. (1997). Bentonitlerin teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. VIII. Ulusal Kil Sempozyumu. Kütahya. 117-1.
- Sarıkaya, Y., Önal, M., Alemdaroğlu, T.ve Noyan, H.(2001) Bir bentonitin katyon değiştirme kapasitesi ile şişmesi arasındaki ilişki, 10. Ulusal Kil Sempozyumu. 19- 22 Eylül Konya.
- Schulman, J.H., Leja, J. (1954). Control of contact angles at the oil-water-solid interfaces. I, II. *Trans. Faraday Soc.* 50, 589-605.
- Secor, R.B., Radke, C.J. (1985). Spillover of the diffuse double layer on montmorillonite particles. *Journal of Colloid and Interface Science* 103, 237-244.
- Slade, P.G., Quirk, J.P. and Norrish, K., (1991). Crystalline swelling of smectite samples in concentrated NaCl solutions in relation to layer charge, *Clays Clay Miner.*39, 234-238.

- Srasra, E., Bergaya, F., van Damme, H., Arguib, N.K. (1989). Surface properties of an activated bentonite. Decolorization of rape-seed oil. *Appl. Clay Sci.* 4, 411-421.
- Stasiak, M., Tomas, J., Molenda, M., Rusinek R. , . Mueller P. (2010). Uniaxial compaction behaviour and elasticity of cohesive powders. *Powder Technology.* 203 482–488.
- Suquet, H., De la Calle, C. And Perezat, H.(1975). Swelling and structural organization of saponite, *Clays Clay Miner.*23, 1-9.
- Szanto, F., Gilde-Farkas, M., Varkonyi, B., Balazs, J. (1967). Binding of Na₂CO₃ by bentonite fractions. *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.* 11 _4. 409–418.
- Tambe, D.E., Sharma, M.M. (1993). Factors controlling the stability of colloid-stabilized emulsions: I. An experimental study. *J. Colloid Interface Sci.* 157, 244–253.
- Teale, C. T., Seapers, D.A. (1986). The mineralogy and origin of some Silurian bentonites. *Welsh Borderland U.K. Sedimentology.*33. 757-765.
- Tilch, W. (2004) *Gießerei-Praxis*, 2, 53-62.
- Tübitak KAMAG Projesi. (2010). Türkiye Bentonitlerinden Teknolojik Ürünlerin Elde Edilmesi.
- Türkmenoğlu, A.G., Aker, S. (1990). Origin of Sedimentary bentonite deposits of Çankırı Basin, Turkey. *Proceedings of the 9. International Clay Conference. Sci. Geol., Mem.,* 88. 63-72.
- TP. (2007). Spud ve lignosülfonat çamuru. Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü. Ankara.
- TS 977. (1992). Bentonit- Sondaj İşlemlerinde Kullanılan. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 1900. (1987). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Labaratuvar Deneyleri. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 5360. (1996). Döküm Bentoniti. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- TS 12131. (1996). Sepiyolit- Kedi Kumu Üretiminde Kullanılan. Türk Standardları Enstitüsü. Ankara.
- Van Olphen, H. (1963). *An Introduction to Clay Colloid Chemistry.* Interscience Publ. NewYork.
- Velde, B. (1992). *Introduction to clay minerals-chemistry, orgins, uses and environmental significance.* Chapman&Hall. 200 p.
- Velde, B. (1995).*Origin and mineralogy of clays-clays and the environment.* Chapman&Hall. 8-42 p.

- Volzone, C., Garrido, L.B. (1991). The effect of some physico-chemical and mineralogical properties on the Na₂CO₃ activation of Argentine bentonites. *Appl. Clay Sci.* 6, 143–154.
- Wenninger, C.E. (1970). Water-clay entites on grain surfaces as defined by a scanning-type electron microscope. *AFS Transaction. American Foundrymen's Society. Proceedings of the Seventy-Fourth Annual Meeting.* Vol. 78.
- Wherry, E.T. (1917). Clay derived from volcanic dust in the Pierre of South Dakota. *J. Wash. Acad. Sci.* 7:576-583.
- Worrall, W. E. (1968). *Clays-their nature orgin and general properties.* Transatlantic Art, New York. 128 p.
- Yalçın, H. (2004). *Kil mineralojisi ve Jeolojisi Ders notları.* Sivas (2004)
- Yalçın, S., Özbilge, Ö. (1985). Bentonitin asit ile aktifleştirilmesi. II. Ulusal Kil Sempozyumu. 229-250.
- Yalçın.T., Alemdar, A., Ece, Ö.I., Güngör, N., Çoban, F. (2002). By particle interactions and rheological properties of bentonites + ALS suspensions. *Materials Letters.* 53. 211–215.
- Yeniyol, M. (2004). *Mineraloji.* İstanbul Üni. Müh Fak. 330 s.
- Yıldız, A., Kuşcu, M. (2004). Origin of Basoren (Kütahya, W Turkey) bentonite deposits. *Clay Minerals* 39. 219-231.
- Yıldız, N. (1990). Demir Cevherinin Peletlenmesi. *Madencilik Dergisi.* XXIX. Sayı 1. 17-32.
- Yıldız, N., Sarıkaya, Y., Çalımlı, A. (1999). The effect of the electrolyte concentration and pH on the rheological properties of the original and the Na₂CO₃-activated Kütahya bentonite. *Applied Clay Science* 14 . 319–327.

EKLER
XRD, DTA ve TG ANALİZİ SONUÇLARI

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Turan KILINÇ
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 27/07/1972
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas M.Y.O Maden Programı
E-posta Adresi	tkilinc@cumhuriyet.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas Lisesi, 1989
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 1994
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2000

İş Tecrübesi

Sivas Kireç Fab, Menka Ltd.	Maden mühendisi, 1995-1997
Cumhuriyet Üniversitesi	Öğretim Görevlisi, 1998-

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

TMMOB/MMO	Asil Üye, 1995-
-----------	-----------------