

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ *FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜKKİLİÇLİ (SİLİVRİ) BENTONİTİNİN DÖKÜM VE SONDAJ SANAYİ YÖNÜNDEN
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeoloji Mühendisi Yasemin YENİPAZAR
Enstitü No: 505960407011

101049

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 5 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Haziran 2000

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa ERDOĞAN

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Erdoğan YÜZER

Prof. Dr. Niyazi ERUSLU



HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmada, Büyükkılıçlı (Silivri) dolayında yüzeylenen bentonit oluşumunun döküm ve sondaj sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bu amaçla birinci aşamada; Büyükkılıçlı (Silivri) ve dolayının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

İkinci aşamada , Çantaköy Formasyonu üzerinde yer alan bentonit biriminin yoğunlaştığı Semizkum ve İstihkamlar Mevkii dolayının 1/5000'lik jeoloji haritası hazırlanmış ve bentonit birimi içinde açılan yarmalardan alınan örneklerle detaylı olarak incelenmiştir. Araziden alınan örneklerin döküm bentoniti ve sondaj bentoniti açısından kullanılabilirliği tartışılmıştır.

Bu çalışmayı beraber gerçekleştirdiğimiz danışmanım Sayın Doç.Dr. Mustafa ERDOĞAN'a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tüm arazi çalışmalarım aşamasında gerekli desteği sağlayan SÖMAŞ A.Ş. ve tüm çalışanlarına ve değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Serdar ORAN'a teşekkür ederim.

Laboratuvarlarımı kullandığımız DÖKTAŞ Dökümcülük Ticaret ve Sanayi A.Ş. tüm çalışanlarına ve Laboratuvar Sorumlusu Sayın Bülent ŞİRİN'e de teşekkür ederim.

Çalışmalarımın çeşitli aşamalarında yardımlarını gördüğüm tüm Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Petrol Mühendisliği ve Maden Mühendisliği Bölümü hocalarıma ve arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak, çalışmalarımın tüm aşamalarında yakından ilgilenen ve her zaman yardımlarını benden esirgemeyen M. Hakan ARSLAN'a ve tüm eğitim hayatım boyunca güvenlerini ve yardımlarını bir an olsun bile eksik etmeyen sevgili aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Yasemin YENİPAZAR

Haziran, 2000

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
FOTOĞRAF LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. İNCELEME ALANININ TANITILMASI	1
1.1. Coğrafi Konum	1
1.1. İklim, Bitki Örtüsü, Morfoloji	1
2. BÜYÜKKİLİÇLİ-SİNEKLİ DOLAYININ GENEL JEOLJİSİ	4
2.1. Önceki Çalışmalar	4
2.2. Stratigrafi	5
2.2.1. Danişment Formasyonu	6
2.2.2. Çantaköy Formasyonu	9
2.2.3. Ergene Formasyonu	13
2.3. Yapısal Jeoloji	17
3. BENTONİTİN GENEL ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI VE TÜRKİYE BENTONİT YATAKLARI	18
3.1. Genel Tanımlama	18
3.2. Bentonitlerin Oluşumu	19
3.2.1. Volkanik Oluşumlu Bentonit Yatakları	19
3.2.2. Magmatik (Hidrotermal) Bentonit Yatakları	20
3.2.3. Sedimenter Bentonit Yatakları	20
3.3. Bentonitin Kristal Yapısı	21
3.4. Bentonitin Özellikleri	23
3.4.1. Bentonitin Fiziksel Özellikleri	23
3.4.1.1. Tabii Şekil ve Partiküllerin İnceliği	23
3.4.1.2. Özgül Ağırlık	23
3.4.1.3. Optik Özellik ve Renk	23
3.4.1.4. Bentonitin Şişmesi ve Hacim Büyümesi	23
3.4.1.5. Bentonitin Süspansiyon ve Jelleri	24
3.4.1.6. Emme ve Su Geçirme(Absorpsiyon-Adsorpsiyon)	24

3.4.2. Bentonitin Kimyasal özellikleri	24
3.5. Bentonitin Kullanım Alanları	25
3.5.1. Bentonitlerin Döküm Kumunda Kullanılması	25
3.5.1.1. Döküm Kalıp Kumu Özellikleri	27
3.5.2. Bentonitin Sondaj Alanında Kullanılması	30
3.5.2.1. Sondaj Çamurunun Özellikleri	30
3.5.3. Bentonitin Demir Cevherlerinin Peletlenmesinde Kullanılması	35
3.5.4. Gıda Sanayii	36
3.5.5. İlaç Sanayii	37
3.5.6. Yangın Söndürücülerde Bentonit	37
3.5.7. Boya Endüstrisi	37
3.5.8. Sabun ve Temizleyici Maddelerde Bentonitin Yeri	38
3.5.9. Gübre Yapımında Bentonitin Yeri	38
3.5.10. Gazete Kağıdın Mürekkebinin Çıkarılması	38
3.5.11. Su Geçirmez Malzeme	38
3.5.12. Suların Arıtılması	38
3.5.13. Suyun Yumuşatılması	39
3.5.14. Seramik Sanayii	39
3.5.15. Portland Çimentosuna Bentonit Katkısı	39
3.5.16. Kağıt Endüstrisi	40
3.5.17. Lastik Sanayii	40
3.5.18. İnşaat Mühendisliğinde Bentonitin Yeri	40
3.5.19. Makine Yağları	40
3.5.20. Kurşun Kalem Uçları ve Renkli Kalem	41
3.5.21. Kedi Altlığı Olarak Kullanımı	41
3.6. Türkiye Bentonit Yatakları	41
3.6.1. Enez- Edirne Bentonit Yatağı	41
3.6.2. Kütahya ve Eskişehir Bentonit Yatakları	44
3.6.3. Kalecik-Ankara Bentonit Yatağı	44
3.6.4. Çankırı Bentonit Yatakları	46
3.6.5. Reşadiye-Tokat Bentonit Yatağı	48
3.6.6. Ünye, Fatsa-Ordu Bentonit Yatakları	49
3.6.7. Diğer Bentonit Yatakları	50
4. BÜYÜKKİLİÇLİ BENTONİTİNİN ÖZELLİKLERİ, DÖKÜM VE SONDAJ SANAYİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	52
4.1. Büyükkılıçlı Bentonitin Döküm Sanayi Yönünden Özelliklerinin İncelenmesi	52
4.1.1. Kimyasal Özellikler	52
4.1.1.1. Kimyasal Analiz	52
4.1.1.2. Seri Kireç Tayini	55
4.1.1.3. pH Tayini	55
4.1.2. Mineralojik Özellikler	55
4.1.3. Fiziksel Özellikler	57
4.1.3.1. Suda Şişme	58
4.1.3.2. Jelleşme Katsayısı Tayini	61
4.1.1.3. Kolloidal Yetenek Tayini	64

4.1.1.4. Sinterleşme	64
4.1.1.5. Likit Limit Tayini	65
4.1.1.6. Gaz Geçirgenliği	66
4.1.4. Mekanik Özellikler	67
4.1.4.1. Kuru Mukavemet	67
4.1.4.2. Yaş Mukavemet	67
4.1.5. Deney Sonuçlarının Döküm Standartı Açısından İrdelenmesi	67
4.2. Büyüklüklü Bentonitinin Sondaj Sanayi Yönünden Özelliklerinin İncelenmesi	68
4.2.1. Elek Analizi	69
4.2.1.1. Yaş Elek Analizi	69
4.2.1.2. Kuru Elek Analizi	69
4.2.2. Rutubet Tayini	70
4.2.3. Süspansiyon Özellikleri(Viskozite Tayini)	70
4.2.3.1. Doğal Bentonit	70
4.2.3.2. Modifiye Bentonit	72
4.2.4. Filtrasyon (Su Kaybı)	73
4.2.4.1. Doğal Bentonit	73
4.2.4.2. Modifiye Bentonit	74
4.2.5. Çamur Yapma(Verim)	75
4.2.5.1. Doğal Bentonit	75
4.2.5.2. Modifiye Bentonit	76
4.2.6. Deney Sonuçlarının Sondaj Bentoniti Standartı Açısından İrdelenmesi	78
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	84
EK 1	
EK 2	
EK 3	
EK 4	

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 İnceleme Alanının Konumu	2
Şekil 2.1 İnceleme Alanı ve Dolayının Genelleştirilmiş Kolon Kesiti	7
Şekil 2.2 Danişment Formasyonunun Çökelme Devrelerini Gösteren Ölçeksiz Stratigrafik Kesit	8
Şekil 2.3 Ergene Formasyonun Güneyden Kuzeye Çökelme Koşullarını Gösteren Temsili Ölçeksiz Stratigrafi Kesiti	14
Şekil 3.1 Kaolinit Kil Mineralinin Kristal ve İdealize Yapısı	21
Şekil 3.2 Mont morillonit Kil Mineralinin Kristal ve İdealize Yapısı	22
Şekil 4.1 pH-Şişme Grafiği(%1-5 Katkı Oranı Aralığı)	59
Şekil 4.2 pH-Şişme Grafiği(%0,1-1,5 Katkı Oranı Aralığı)	60
Şekil 4.3 %0,5 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit Miktarı	62
Şekil 4.4 %0,7 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit Miktarı	63
Şekil 4.5 %1,0 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit Miktarı	63
Şekil 4.6 Isı Mikroskobu Yardımıyla Farklı Sıcaklık Aşamalarında Alınmış Görüntüler ve Sıcaklık Değerleri	65
Şekil 4.7 Likit Limit Deney Grafiği	66
Şekil 4.8 Doğal Bentonit Verim Grafiği	76
Şekil 4.9 Modifiye Bentonit Verim Grafiği	77

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 Türkiye Bentonit Yatakları Ruhsatları	50
Tablo 4.1 Büyüklüklü Bentonitinin Kimyasal Analizleri	54
Tablo 4.2 Döküm Bentoniti İçin TSE 5360'da Öngörülen Kimyasal Bileşen Sınır Değerleri	54
Tablo 4.3 Katkı Oranlarına Karşılık Ölçülen pH Değeri-Şişme Oranları(%1-5 Aralığı)	58
Tablo 4.4 Katkı Oranlarına Karşılık Ölçülen pH Değeri-Şişme Oranları(%0,1-1,5 Aralığı)	60
Tablo 4.5 Katkı Oranlarına Göre, Akma Süreleri, Bentonit Miktarı ve Jelleşme Katsayıları	62
Tablo 4.6 Darbe Sayılarına Karşılık Belirlenen Su Muhtevası(gr) Değerleri	66
Tablo 4.7 Döktaş Şartnamesinde Öngörülen Sınır Değerler ve Laboratuvarında Elde Edilen Deney Bulguları	68
Tablo 4.8 Doğal Bentonitin Deney Sonucu Viskozite Değerleri	71
Tablo 4.9 Soda Katkılı Bentonit Numunelerinin Viskozite Ölçüm Sonuçları	73
Tablo 4.10 Doğal Bentonit Su Kaybı Değerleri	74
Tablo 4.11 Soda Katkılı Bentonit Numunelerinin Su Kaybı Değerleri	74
Tablo 4.12 Çamur Verimine Göre Killerin Sınıflandırılması	75
Tablo 4.13 Modifiye Bentonit Verim Hesapları	77

FOTOĞRAF LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Foto 1.1 Büyükkılıçlı ve Dolayının Genel Görüntüsü	3
Foto 2.1 Çantaköy Formasyonunun Tüf Karakterli Taban Yüzeyinden Bir Görüntü(Aksu Çatağı)	9
Foto 2.2 Çantaköy Formasyonunun Üste Doğru Tüffitik Karakter Gösteren Düzeyleri(Aksu Çatağı)	10
Foto 2.3 Çantaköy Formasyonunun Genel Görüntüsü (Sütyolu(beyciler))	11
Foto 2.4 Çantaköy Formasyonu İçindeki Kumtaşı Bantları(Fakirkoru)	11
Foto 2.5 Çantaköy Formasyonunun Killeşmiş (Bentonite Dönüşmüş) Tavan Düzeyleri (Büyükkılıçlı Köyü Kuzeyi)(Classis Golf Tesisleri Yanı)	12
Foto 2.6 Çantaköy Formasyonunun Bentonite Dönüşmüş Tavan Düzeyleri(Classis Golf Tesisleri Yanı)	13
Foto 2.7 Ergene Formasyonu İçinde Açılmış Bir Ocak ve Menderesli Akarsu Tipindeki Çapraz Tabakalı Çökelin Akıntı İzleri	16
Foto 2.8 Ergene Formasyonu İçinde Açılmış Bir Kum-Çakıl Ocağı	16
Foto 4.1 Örnek Alımı Amacıyla Bentonit İçinde Açılan Bir Yarma	53
Foto 4.2 Bentonit İçinde Açılan Bir Araştırma Çukuru	53

BÜYÜKKİLİÇLİ (SİLİVRİ) BENTONİTİNİN DÖKÜM VE SONDAJ SANAYİ YÖNÜNDEN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada Büyükkılıçlı ve dolayında yüzeylenen, Çantaköy Formasyonu içerisinde gözlenen bentonit biriminin döküm ve sondaj alanında kullanıma uygunluğu araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre inceleme alanı Oligomiyosen yaşlı çökellerden oluşmaktadır. Bu nedenle az engebeli bir morfolojiye sahiptir. Alttan üste doğru kil taşı, silttaşı, kum taşı, çakıltası ve ara seviyeler şeklinde volkanik birimler içeren Danişment Formasyonu ile bunun üzerine uyumsuz olarak gelen tüfit ve bentonit ara katkılı Çantaköy Formasyonu ve bu iki formasyonu açısız diskordans ile örten yer yer kil ara seviyeli, kum ve çakıllardan oluşan Ergene Formasyonu yüzeylenmektedir.

Arazi çalışmaları sonucunda inceleme alanının 1/25000'lik jeoloji haritası ve bentonitin yoğun olarak gözlemlendiği Semizkum ve İstikamlar Mevkiinin 1/5000'lik jeoloji haritası hazırlanmıştır.

İnceleme alanının içerisinde gözlenen bentonit biriminin döküm ve sondaj bentonitine uygunluğunun araştırılması için EK 4'de gözlenen 8 yarmadan numuneler alınmıştır. Bu numunelerin laboratuvarında mineralojik özelliklerini saptamak amacıyla X-ışınları ve Diferansiyel Termal Analizleri(DTA) yapılmış ve bu analizler sonucunda malzemelerin yoğun oranda montmorillonit kil minerali içerdiği saptanmıştır. Tüm yarmalardan alınan numuneler için yapılan kimyasal analizler de bu sonucu desteklemekte olup, bunlardan TS 5360'a en uygun olan numune seçilmiş ve diğer tüm fiziksel özellikler bu numune üzerinde araştırılmıştır.

Numunenin döküm bentonitine uygunluğu yönünden fiziksel özelliklerinin araştırılmasında TS 5360'a göre şişme, nem miktarı, likit limit, sinterleşme, jelleşme katsayısı, kolloidal özellikler, gaz geçirgenliği tayinleri yapılmış ve mekanik özelliklerinin araştırılmasında ise yine aynı standarta uygun olarak kuru mukavemet ve yaş mukavemet değerleri belirlenmiştir.

Numunenin sondaj bentonitine uygunluğunun fiziksel özellikler açısından araştırılmasında ise TS 977'ye ve API standartlarına göre rutubet, viskozite, filtrasyon(su kaybı) tayinleri yapılmış ve verimi(çamur yapma özelliği) araştırılmıştır.

BÜYÜKKILIÇLI (SİLİVRİ) BENTONİTİNİN DÖKÜM VE SONDAJ SANAYİ YÖNÜNDEN ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

SUMMARY

In this graduate degree thesis the research is about the betonite deposit in the Büyükkılıçlı area at Çantaköy Formation and the ability to use the betonite in foundry and drilling area . Belonging to this work the investigation area is composed by young settles. For this reason the morphology of the area is less rough. From the deep to the surface the Danişment formation is formed by claystone, siltstone, sandstone layers and on the top of this the çantaköy formation with its tuffite and betonite layers and on the surface the Ergene formation covering those two with angular discordance with clay semi ranked sand and gravel.

At the end of the area work the geological map at 1/25000 scale of the area is produced and also the geological map of Semizkum and İstihkamlar area scaled at 1/5000 produced where the betonite is found much more than others.

Inside the investigation area there are examples taken from 8 holes (EK 3) in order to examine the betonite for foundry and for drilling. In the laboratory the x ray tests and differential thermal analysis is done to the examples in order to understand its mineralogical specifications, at the end of those analysis we see that the material is rich by montmorillonite clay minerals. Chemical analysis done to all examples from 8 holes are also shows same results. We choose the most convenient example to TS5360 and other research about physical characteristics are done on this example.

In order to find the conveniability of the example for foundry betonite we looked to physical specifications TS5360 by pH, swelling, fever lossing, humidity, liquit limit, jelleid multiplier, kolloidal specs, wet endurance, dry endurance and gas permeability.

And in order to find conveniability of the example to drilling betonite, we looked to physical specifications TS 977 and API by humidity, viskocity, filtration and productivity.

1.İNCELEME ALANIN TANITILMASI

1.1.Coğrafi Konum

İnceleme alanı Silivri İlçesi'nin kuzeyinde yer alan Büyükkılıçlı ve dolayını kapsamaktadır. Bölge Silivri İlçesi'nin yaklaşık 20 km. kuzey batısında yer almaktadır. Silivri'ye İstanbul-Edirne E-5 Karayolu ile ulaşılmakta, Silivri-Sinekli yoluyla da araziye gidilmektedir (Şekil 1.2)(Foto1.1).

1.2. İklim ,Bitki Örtüsü ve Morfoloji

İnceleme alanında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılıman ve yağışlı geçmektedir. Akdeniz iklim kuşağında kalan yöre Trakya Bölgesinin yarı karasal karakterinden etkilenmektedir[2].

İncelenen arazinin büyük bir kısmı bitkisel toprak ile örtülüdür. Çoğunlukla tahıl üretimi yapılan bu arazilerin dışında yayvan yapraklı bitkilerden oluşan maki türü doğal bitki dokusu da mevcuttur[2].

Bölge, jeolojik açıdan genç örtü çökelleriyle kaplı olduğundan az engebeli bir morfolojiye sahiptir. Yükselteler kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. Yüksek tepeler inceleme alanının genelde kuzey ve orta kesimlerinde yer almaktadır[2].

Kuzeyden güneye doğru, Tilki Tepesi (256m.), Köstemik Tepesi(203), Yiğit Tepe (259m.),Derbent Tepe (241m.), Damlıca Tepesi(193m.), Mızraklı Tepesi (187 m.), Dorukca Tepesi (193 m.), Bağlık Tepesi (192 m.), Başaklı Tepesi (151 m.), Sırtköy Tepesi(226m.), Keleş Tepe(224m.), Tavşan Tepe (208 m.), Altın Tepe(177m.), Çıplak Tepe(159m.), Sarıköy Tepesi(159m.), Eskifener Tepesi (195 m.), Koca Tepe (107 m.), İstikamlar Tepesi(131m.) ve Elmas Tepe(120m.) bulunmaktadır. Morfolojinin Kuzeyde daha yüksek olması nedeniyle yüzeysel yağış güneydeki Marmara denizi yönüne drene olmakta ve düşük debili dereler denize ulaşmaktadır.

İnceleme alanı içinde gözlenen belirgin dere yatakları; Başaklı Deresi , Ayvalı Deresi, Sarıköy Deresi ve Söğütlü Deresi, gaziyiğit deresi ve Güngörmez Dereleridir.



Şekil 1.1. İnceleme Alanının Konumu



Foto 1.1 Büyükkılıçlı ve Dolayının Genel Görüntüsü

2. BÜYÜKKİLİÇLİ-SİNEKLİ DOLAYININ GENEL JEOLJİSİ

2.1. Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı farklı tarihlerde değişik araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

DOUST, H., ve ARIKAN, Y., (1974), Trakya havzasının jeolisini incelemiştir; Eosen, Oligosen, Alt Miyosen, Üst Miyosen ve Kuvaterner'in paleocoğrafya haritalarını yaptırmıştır.

UMUT, M. ve Diğ., (1983), Tekirdağ ili-Silivri (İstanbul)-Pınarhisar (Kırklareli) alanının jeolojisini incelemiştir; Oligosen birimleri Pınarhisar Formasyonu, Balıklı Seri ve Danişmend Formasyonu; Miyosen birimleri Kurtdere, Velimeşe, Sinanlı ve Çantaköy Formasyonu; Pleyistosen Yaşlı kum, çakıl, kireçtaşı birimlerini de Marmara Ereğlisi Formasyonu olarak adlandırmışlardır.

UMUT, M., ve Diğ., (1984), Lüleburgaz (Kırklareli İli), Uzunköprü (Edirne İli) civarının jeolojisini incelemiştir.

KASAR, S. ve OKAY, A.İ., (1992), Silivri-Kıyıköy-İstanbul Boğazı arasındaki alanın jeolojisini incelemiştir, Çatalca Yarımadası'nda iki ana tektonik birim ve bunları uyumsuzlukla örten Orta Eosen ve daha genç yaşlı çökellerin yer aldığı belirtilmiştir. İstanbul Zonu ve Istranca Masifi kayalarını uyumsuz olarak örten bu genç seri içindeki birimler çökeltme şartlarının farklılığına bağlı olarak, Orta-Üst Eosen, Oligosen-Alt Miyosen, Üst Miyosen ve Pliyokuvaterner birimleri olarak dört ayrı bölümde toplanmıştır.

OKTAY, F.Y., EREN, R.H., ÇELİK, M.S., (1994), İstanbul İli Silivri İlçesi, Küçükşenekli Köyü Kurtalan Mevkii yeraltı suyu havzasının belirlenmesinde çalışmışlardır.

ŞEN, Ş., KORAL, H., ve ÖNALAN, M., (1998) Küçükçekmece-Çatalca Dolayında Trakya Havzası doğusunun jeolojisini incelemişler ve bu bölgedeki sedimentler istifi Orta Eosen-Erken Alt Oligosen yaşlı kumtaşı ve çakıltası, kireçtaşı ve resifal

kireçtaşları ile killi kireçtaşı-şeylden oluşan şelf çökelleriyle başladığı bunu Geç Alt Oligosen-Alt Miyosen yaşlı sığ denizel-Deltaik birimlerin izlediği, en üst seviyeyi ise Üst Miyosen yaşlı akarsu, gölssel-lagüner ortamda birikmiş olan çökellerin oluşturduğunu tesbit etmişlerdir.

ERDOĞAN, M., EREN, R.H., OKTAY, F.Y., (1999), Silivri çevresindeki Ergene formasyonunun Agregata potansiyeli ve özelliklerini incelemişler ve Trakya Neojen havzasının doğu uzantısını oluşturan İstanbul ve Karadeniz arasında Neojen formasyonları ve fasiyesleri sırası ile denizel ortam Çamurluhan; lagüner ortam Gürpınar; akarsu ortamı Çukurçeşme; Gölsel-lagüner ortam Güngören; Lagüner-denizel ortam ise Bakırköy formasyonu olarak isimlendirilmiştir.

SAKINÇ, M., YALTIRAK, C., OKTAY, F.Y., (1999), Trakya bölgesinin paleocoğrafik ve tektonik gelişimini incelemişlerdir.

2.2. Stratigrafi

İnceleme alanı Doğu Trakya Neojen havzası içinde kalmaktadır. Trakya Neojen havzası daha önce bir çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve değişik isimler altında aynı fasiyesi temsil eden formasyonlar belirlenmiştir.

Havzanın doğu uzantısını oluşturan İstanbul ve Karadeniz arasında Neojen formasyonları ve fasiyesleri sırası ile denizel ortam Çamurluhan; lagüner ortam Gürpınar; akarsu ortamı Çukurçeşme; gölssel-lagüner ortam Güngören; lagüner-denizel ortam ise Bakırköy formasyonu olarak isimlendirilmiştir[3].

Ergene nehrinin yayıldığı Trakya'nın orta kesimlerinde ise akarsu ortamı Ergene; gölssel-lagüner ortamı Çelebi; göl ortamı Sinanlı ve alüvyal yelpaze ortamı da Trakya formasyonu olarak isimlendirilmiştir[4,5].

İnceleme alanının KD'sunda Danamandıra ve Kabakça köyleri arasında Eosen yaşlı resifal kireçtaşları yüzeylenmektedir. Bu formasyon Ünal, 1967 tarafından Soğucak kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Arazinin G-GD'sunda ise tabanda acısu ortamında gelişmiş Oligosen yaşlı Danişment formasyonu ile onun üzerinde uyumsuz olarak yer alan ve akarsu-göl ortamında oluşmuş Alt-Miyosen yaşlı Çantaköy formasyonu

gelmektedir. İstifin tavanında akarsu fasiyesinde gelişmiş Üst Miyosen yaşlı Ergene formasyonu görülmektedir. Ergene formasyonu, Çantaköy formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır(Şekil 2.1)[1].

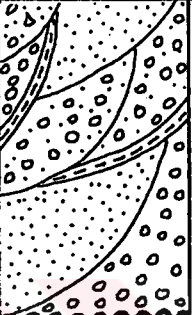
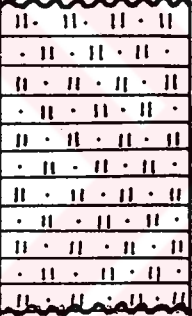
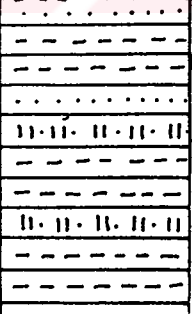
Bölgedeki Neojen istif güneyde Oligosen yaşlı akarsu çökelleri üzerinde, kuzeyde ise, Eosen yaşlı denizel birimler ve Paleozoyik yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır[1].

İnceleme alanının dışında kaldığı için Soğucak kireçtaşları üzerinde durulmamıştır.

2.2.1. Danişment Formasyonu

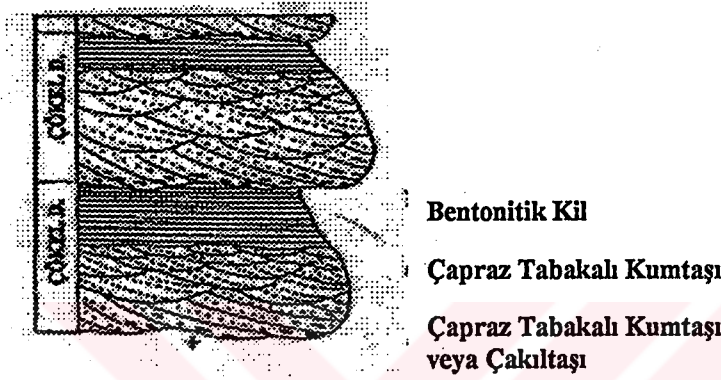
Eosen kireçtaşları üzerinde akarsu kum ve çakıllarıyla başlar. Menderesli akarsu çökelleri şeklindeki istif içinde taşma ovalarının zaman zaman geçici göl-bataklık şekline dönüşmesiyle gelişmiş linyit arakatıkları izlenir. Acıgöl fasiyesinde gelişmiş *Congerina* sp. Fosilleri içeren kireçtaşı ve marn düzeyleri ile devam eden formasyon, daha üstte merceksel silt, ince kum çakıllı kum ve yeşilimsi gri bentonitik killerle son bulur[1].

Silivri çevresinde formasyonun tabanı izlenmez. Yalnız sahildeki yalıyarlarda ve kuzeye doğru çeşitli yol yarmaları ve derelerde izlendiği gibi istif yeşilimsi gri bentonitik kil içerisinde genelde merceksel, alt tabakalanma yüzeyleri aşınmalı ve düzensiz, alt kısımlarında çoğun kaolenleşmiş volkanik kayaç, kuvars, çört çakıllı, üste doğru genliği küçülen çapraz ve dereceli tüfit ara tabakalıdır. Bir diğer deyişle, istif devresel çökelmiştir[1].

YAŞ	FORM.	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
PLİYOSEN	ERGENE		Gevşek tutturulmuş Çakıltası, kumtaşı Yer yer kil taşı ve Konglomera düzeyleri
ÜST OLİGOSEN-ALT MİYOSEN	ÇANTAKÖY		Üst seviyeleri bentonitten oluşan bej-beyaz rekli ince elemanlı tüffit
	DANIŞMENT		Tüf ara düzeyli Kiltası, silttaşı

Şekil 2.1. inceleme alanı ve Dolayının genelleştirilmiş kolon Kesiti

Çökeltme ünitesi yada devre kalınlıkları birkaç desimetre ile 8m. arasında değişmektedir. Devrelerin kaba taneli yani kum ve çakıldan oluşan alt kesimleri hafifçe çimentolu olup genelde kuvars, biyotit, muskovit ve yaygın kaolenleşmiş volkanik parçaları içermektedir(Şekil 2.2). Devrelerin üst kesimleri tane boyunun giderek küçülmesi sonucu yeşilimsi gri killere geçer. Bu killer bentonit bileşimlidir[1,2].



Şekil 2.2. Danışment Formasyonunun Çökeltme Devrelerini Gösteren Ölçeksiz Stratigrafik Kesit

Sinekli çevresinde MTA Enstitüsü tarafından yapılmış olan kömür arama sondajlarından elde edilen verilere göre, derinlerde (100-300 m.) 5cm-5m kalınlıklı linyit düzeyleri içeren bir zon mevcuttur. Bu zon güneye Silivri'ye doğru birkaç lokasyonda izlenir. Bu durum kömürlü zonun merkeksel geometri olduğunu bir kanıttır. İstifin bağıl olarak alt kesimleri Silivri'ye doğru izlenir. Bu kesimde formasyon genellikle yeşilimsi-mavimsi gri bentonit killerden oluşur[1].

Birim ilk kez Beer ve Diğ.(1960) tarafından Trakya Neojen'inde Danışment formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyonun Ambarlı çevresindeki yanal eşdeğeri Gürpınar formasyonudur. Formasyonun yaşı, MTA Enstitüsü tarafından linyit damarlarından elde edilen spor-polen verilerine göre Oligosendir[1].

Birim inceleme alanında Büyükkılıçlı, Seymenköy ve Fener çevresinde geniş bir alanda gözlenmektedir(EK 3).

2.2.2. antaky Formasyonu

antaky formasyonu, tabanda kumlu çamurtaşlarıyla başlar. ste doğru killi kumlara geçer. Bu seviyeler beyaz renkli tf ara katkılıdır. Birim batı ve güney yönünde giderek inceler.

Formasyon, Büyükkılıçlı köyünün K-KB sında net olarak izlenmektedir. ste doğru bentonitik killere geçmektedir. Taban düzeyleri ince kırıntılılardan gözenekli ve hafif volkanik karakterindedir(Foto2.1, Foto2.2).

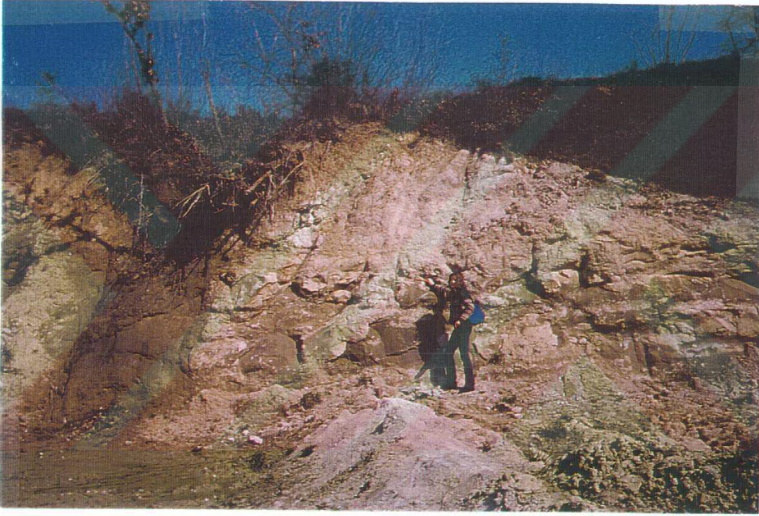


Foto 2.1 antaky Formasyonunun Tf Karakterli Taban Yüzeyinden Bir Görüntü(Aksu atağı)



Foto 2.3 Çantaköy Formasyonunun Genel Görüntüsü
(Sütyolu(beyciler))



Foto 2.4 Çantaköy Formasyonu İçindeki Kumtaşı
Bantları(Fakirkoru)

Ayrıntılı araştırılan kesimde, yukarıda açıklanan nedenle, bentonit oluşumları Ergene Formasyonunun kondağına yakın kesimlerde net olarak izlenmektedir(Foto 2.5, Foto 2.6). Formasyonu oluşturan tabakaların genel doğrultusu KB-GD olup, 5°-20° eğim değerleriyle KB-GB yönünde eğimlidir. Formasyon Bütüksinikli ve Sinikli'nin doğu taraflarına doğru ilerlemekte olup, inceleme bölgesinde Ergene Formasyonu tarafından örtülmektedir. Çantaköy dolayında tip kesiti ile temsil edilen akarsu-çöl ortamında çökelmiş birim, Umut ve diğ.(1983), Sakınç ve diğ.(1999) tarafından Çantaköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Danişment Formasyonu ile ilişkisi uyumsuz olan birimin fosil tanısından hareketle yaşı Orta Miyosen olarak belirlenmiştir[1,2,8].



Foto 2.5 Çantaköy Formasyonunun Killeşmiş (Bentonite Dönüşmüş) Tavan Düzeyleri (Büyükkılıçlı Köyü Kuzeyi)(Classis Golf Tesisleri Yanı)



Foto 2.6. Çantaköy Formasyonunun Bentonite Dönüştürmüş Tavan Düzeyleri(Classis Golf Tesisleri Yanı)

2.2.3. Ergene Formasyonu

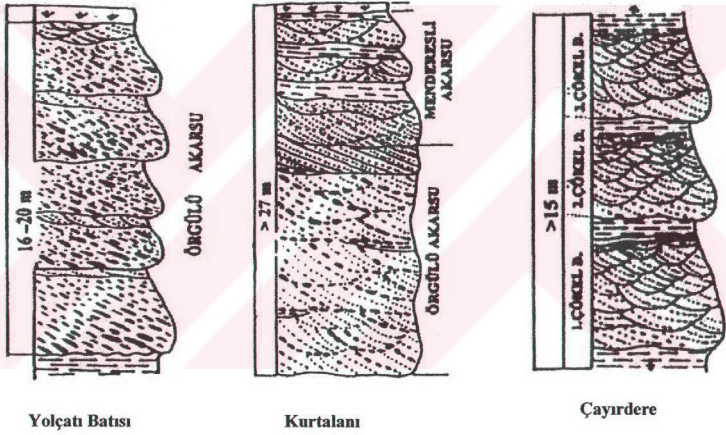
İnceleme alanında bu birim geniş alan kaplamaktadır. Kuzeyde Kurtalanı, İstikamlar ve Mezarlık mevkiî boyunca güneyde Büyüksinekli'ye kadar mostra vermektedir. Orta Miyosen yaşlı Çantaköy formasyonu üzerinde uyumsuz olarak izlenen , genel olarak gevşek çakıl ve kumdan oluşan ve yer yer bentonitik kil düzeyleri içeren Ergene formasyonu çok geniş alanlar kaplamaktadır. Formasyon güneyde Yolaçtı köyü batısında Keleştepe ile Kocaalan mevkiî ve onun batısında Ardıç tepeler çevresinde %80-90 oranında iri çakıl ve blokta oluşmaktadır. Tane boyunun çok kaba olması nedeniyle tabakalaşma belirsizdir. Çubuksu çakıllarda izlenen tercihli yönlenme ve sıralanma bu çakıl ve kumun yüksek hız ve güçlü akarsular tarafından çökeltildiğini göstermektedir(Şekil 2.3). Bu tür çakıl çökelten akarsular literatürde Scott tipi örgülü akarsular olarak nitelendirilmektedir[1,6].

Kuzeye doğru akarsu rejiminin değiştiği, inceleme alanı ve çevresindeki ocaklara gözlenen ocak aynası kesitlerinin incelenmesinden anlaşılmaktadır (Şekil 2.3). Bu

yörede formasyon içinde çakıl % 30-40 mertebesindedir ve burada kum egemen bir litoloji izlemektedir[1].

İstif içinde, birbirlerini kesen kanallar ve kanallar üzerinde tümüyle kum matrisli çakıldan oluşmuş kanal içi çökeltiler, onlar üzerinde yaygın büyük ölçekli düzlemsel çapraz tabakalı kumlar izlenmektedir. Özellikle kanal altlarında yaygın demiroksitle boyanmış kesimler ve çeşitli boyutta kil toprakları mevcuttur[1].

Çökeltme koşulları açısından formasyonun kaynak bölgesinden(kum ve çakılın meydana geldiği bölge) biraz daha uzak, diğer bir deyişle, akarsunun mansaba biraz daha yakın kesimidir. Burada akarsu, rejim olarak yukarıda değinilen Scott tipine göre daha güçsüz ve yavaş örgülü Donjek türü örgülü akarsu karakterindedir[6].



Şekil 2.3. Ergene Formasyonunun Güneyden Kuzeye Çökeltme Koşullarını Gösteren Temsili Ölçeksiz Stratigrafi Kesiti

Sedimentolojik açıdan bölgedeki bulgular, o dönemde akarsu rejiminin güneyden kuzeye yönlendiğini ve kaynak bölgenin Marmara Denizi içinde bir yerde olduğunu göstermektedir[1].

Daha kuzeye (Çayırdere, sayalar ve Danamandra çevreleri) doğru formasyona ilişkin çeşitli mostralara incelendiğinde, tane boyunun giderek incelendiği ve yığılmanın %80-90 oranında köşeli kuvars tanelerine dönüştüğü görülmektedir. Bu kesimde istif içinde

belirgin çökelme üniteleri şeklinde tabakalaşma gözlenmektedir. Her çökelme ünitesi kanallı ve aşınmalı bir tabana sahiptir. İç kesimlerde alttan üste ölçeği giderek küçülen tekne tipi çapraz tabakalar egemendir. Çapraz tabakalanmanın ölçeğinin küçülmesine paralel olarak tane boyu önce ince kuma ve sonrada silte dönüşmektedir. Çökelme ünitesi sarımsı yeşil killerde son bulmaktadır(Şekil 2.3)[1].

Çökelme koşulları açısından bölgenin kuzeyinde güçsüz ve yavaş su akımlarının çökelmeyi kontrol ettiği ve kuzeyde topoğrafik olarak daha düz ova türü bölgelere ulaşıldığı anlaşılmaktadır. Holmes 1961 tarafından Ergene formasyonu olarak adlandırılan birimin İstanbul yarımadasındaki yanal eşdeğeri Çukurçeşme formasyonu olarak adlandırılmıştır [8].

Büyükkılıçlı-Sinekli-Beyciler Köyü üçgeninde bu birim içinde açılmış çok sayıda agregata ocağı bulunmaktadır.

Ergene Formasyonunun alt dokanağı kendisinden önceki tüm birimler ile açılmal uyumsuzdur. Üst dokanağı ise inceleme alanımızda görülmemektedir. Formasyonun görünür kalınlığı yaklaşık 100 m. dolayında olup, formasyonun yaşı Pliyosen'dir[1].



Foto 2.7 Ergene Formasyonu İçinde Açılmış Bir Ocağ ve Menderesli Akarsu Tipindeki apraz Tabakalı ökelin Akıntı İzleri

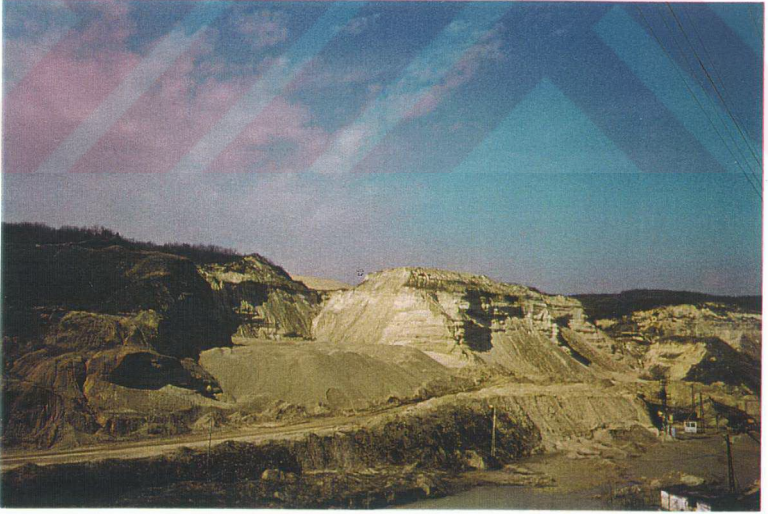


Foto 2.8 Ergene Formasyonu İçinde Açılmış Bir Kum-aklı Ocağı

2.3. Yapısal Jeoloji

İncelenen bölgede Trakya-İstanbul Yarımadası ve günümüz Marmara Denizi'ni kapsayan alan üzerinde etkin olan, kabaca K-G yönlü sıkışma tektoniği etkisiyle yaklaşık D-B yönlü bir senklinal yapısı gelişmiştir. Senklinal eksenini yaklaşık olarak Büyüksinekli Köyü güneyinden geçmektedir[1].

Senklinal ekseninin hemen kuzeyinde tabaka doğrultularının Kuzeybatı-Güneydoğu, güneyinde ise Kuzeydoğu-Güneybatı gidişli olmaları, senklinalin dalımlı bir yapı oluşturduğunu belirtmektedir. Büyük yapı olarak bu senklinalin gelişimi ile birlikte, günümüzde Marmara Denizi alanı, Marmara Ereğlisi-Silivri ve Büyükçekmece çevrelerini içine alan bölgede önemli ölçüde bir yükselme meydana gelmiştir. Diğer bir deyişle kuzeye oranla, güney kesim daha dağlık, tepelik ve engebeli bir hale gelmiştir[1].

Bu yükselmeye paralel olarak artan fiziksel aşınma sonucu türeyen kum-çakıl v.s. şeklindeki plastik malzeme, ÜstMiyosen'de güneyden-kuzeye akan örgütlü akarsularla kuzeydeki topoğrafik olarak alçak alanlara taşıyıp çökeltmiştir[1].

Yapılan jeolojik gözlemler, Ergene Formasyonu olarak adlanmış olan kum ve çakılların çökme konumunu koruduğu ve sadece yersel kırılmalar şeklinde deformasyon geçirdiğini göstermektedir[1].

3. BENTONİTİN GENEL ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI VE TÜRKİYE BENTONİT YATAKLARI

3.1. Genel Tanımlama

Bentonit adı ABD’de Fort Benton’da bulunan kretase sedimenterlerinin ihtiva ettiği fazlaca koloidal bir kil yatağı için ilk defa W.C. Knight tarafından kullanılmıştır. Daha önce, bu eyalette ilk yerleşenler, yatakların yüzeylerinin ıslanması sonucu meydana gelen ve bir çeşit suda yumuşamış sabuna benzeyen bu malzemeyi sezmişler, “sabun kili” adını vermişlerdir. Bu yatakların ilk ticari sevkiyatı William Taylor tarafından 1898 yılında yapılmıştır. O zaman, bu nedenle malzemeye “Taylorit” denilmiştir. Sonradan “Taylorit”in hala potasyum amonyum sülfatın mineralojik adı olduğu farkedilince, Rock Creek bölgesinin Fort Benton formasyonunda bulunuşuna izafeten malzeme, bentonit olarak adlandırılmıştır[10].

Daha sonraları 1847 de aynı özellikleri gösteren kil minerali Fransa’nın Montmorillon bölgesinde bulunduğundan bu kil mineraline montmorillonit adı verilmiştir. 1788’de Constedt tarafından bulunan semetit diye bilinen bir kil minerali, Kerr tarafından 1932 yılında montmorillonit minerali ile aynı olduğu gösterilmiştir[11].

Montmorillonit kelimesi bir kil mineralinin ismi olarak kullanıldığı gibi, sonraları da bu mineral karakteristiğini gösteren diğer killer için bir grup ismi olarak kullanılmaya başlanmış ve terminalojide karışıklıklara neden olmuştur. Bunun üzerine” Clay Minerals Grup of the Mineralogical Society of the Great Britain” bu tip killerin grup ismi olarak semetit kelimesini kabul etmiş ve montmorillonit kelimesi de en çok ticari amaçla kullanılan bir deyim haline gelmiştir[11].

Malzemeyi montmorillonit grubu kil mineralleri oluşturur. Bu grup minerallerden oluşmasına rağmen, su ile karıştırıldığında şişmeyen fakat sabun gibi kaygan bir görünüm alan çamaşırcı killeri gibi diğer killere de bentonit ismi verilmiştir. Bundan

ötürü bentonitler, şişen ve şişmeyen türler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bentonitler, içerdikleri değişebilen katyonlara göre de gruplandırılırlar. Şişmeyen türler değişebilen katyon olarak Ca- iyonu içerirler. Adsorptif ve yüzey aktivite özellikleri yüksektir ve sıvıların berraklaştırılmasında kullanılırlar. Bunlardan bazıları doğal olarak aktiflerdir, diğerleri ise asitle muamele edilerek aktifleştirilebilmektedirler. Bu türlere “aktifleştirilmiş bentonit” denildiği gibi, “Ca-bentoniti” de denilmektedir. Ca-bentonitlerinin içerdiği Ca- iyonu, Na- iyonuyla değiştirilerek, bunlar Na- bentoniti haline getirilebilmektedir. Bunlar için sentetik bentonit deyimini kullanılmaktadır. Şişen tip bentonitlerde değişebilen katyon Na- iyonudur. Bundan ötürü bunlara “Na- bentoniti” denir [10].

3.2. Bentonitlerin Oluşumu

Montmorillonit grubu minerallerin diğer minerallerle karışımına ve bunların kalitelerini pek fazla bozmadan yer değiştirmiş olanlarına bentonit, birkaç kez yatak değiştirerek yabancı unsurlarla birlikte bir havzada tabakalar halinde çökelmiş olanlara da bentonitik kil denir[13].

Feldspatların asit eriyiklerde kaolinleşmesi sırasında devamlı olarak alkali iyonlarının açığa çıkması, bu eriyiklerin zamanla bazik özellikler kazanması, neticede kaolinitin yanında montmorillonit ve bentonit oluşumunun başka sebepleri ve imkanları da mevcuttur. Bu hususları göz önüne alarak bentonit yataklarını üç kısma ayırmak mümkündür [13].

3.2.1. Volkanik Oluşumlu Bentonit Yatakları

Camsı volkanik malzeme içinde, volkanik küllerde, tüflerde, yeşil kayaçalarda, özellikle bazik kayaçalarda ve bilhassa tüflerde sirküle eden suların pH derecesi oldukça yüksektir. Yeraltı ve yerüstü suların özellikle volkanik olaylar sırasında daha sıcak ve daha aktif oldukları muhakkaktır. Bazik tüf ve volkanik tüflerde çok ince öğütülmüş bir halde bulunan feldspatların bu eriyikte buluşarak montmorillonite dönüşmesi, bentonit oluşumunun en yaygın şeklidir. Gabroik tüflerin volkanik olaylar sırasında meydana gelen kapalı havzalarda çökmesi ve montmorillonit grubu minerallere dönüşmesi, tabakalı volkano-sedimenter bentonit yataklarının oluşumuna yol açabilir. Dış alterosyana bağlı yataklar ise kalınlığı birkaç metreyi bulan örtüler halindedir. Bu bentolitler montmorillonit grubu mineraller yanında,

mika, feldspat ve az kuvars kapsarlar. Volkanik oluşumlu veya dış alterasyona bağlı bentonit yatakları bazı hallerde daha asit özellikteki andezit, trakit, riyolit ve liparitler üzerinde de oluşabilir[13].

3.2.2. Magmatik (Hidrotermal) Bentonit Yatakları

Derinlerde ayrısmakta olan bir magmaya bağlı olarak oluşan ve başlangıçta asit özellikte bulunan hidrotermal eriyiklerin çeşitli reaksiyonlar sonucu alkali elementler bakımından zenginleşerek bazik özellik kazandıkları sık sık görülür. Bu bazik eriyiklerin etkisine mağruz kalan feldspatlar montmorillonite dönüşerek damar ve filon halindeki bentonit yataklarını oluştururlar. Asit ve bazik kayaç kontaktında yükselen asit hidrotermal eriyikler ise, kaolin ve bentonit yataklarının bir arada oluşumuna yol açabilirler [13].

3.2.3. Sedimenter Bentonit Yatakları

Gerek volkanik olaylar sırasında, gerekse daha sonraki dış alterasyon neticesinde volkanik kül, tuf, piroklastik camsı malzeme, bazik gabroik tuf, yeşil kayaçlar, liparit, diyorit ve andezitlerden oluşan bentonitler aşınma ve taşınma olayları sonucu tatlı su havzalarına ulaşır buralarda sedimentasyona uğrayabilirler. Bu yatak değiştirme sırasında bentonitler bünyelerindeki bazı yabancı unsurlardan kurtulup, bazı yeni unsurlar kazanarak bentonitik killere dönüşürler. Sedimenter bentonik killere ve volkanik-postvolkanik alterasyona bağlı olarak oluşan bentonitler tabiatta en yaygın olan yatakları meydana getirirler [13].

3.3. Bentonitlerin Kristal Yapısı

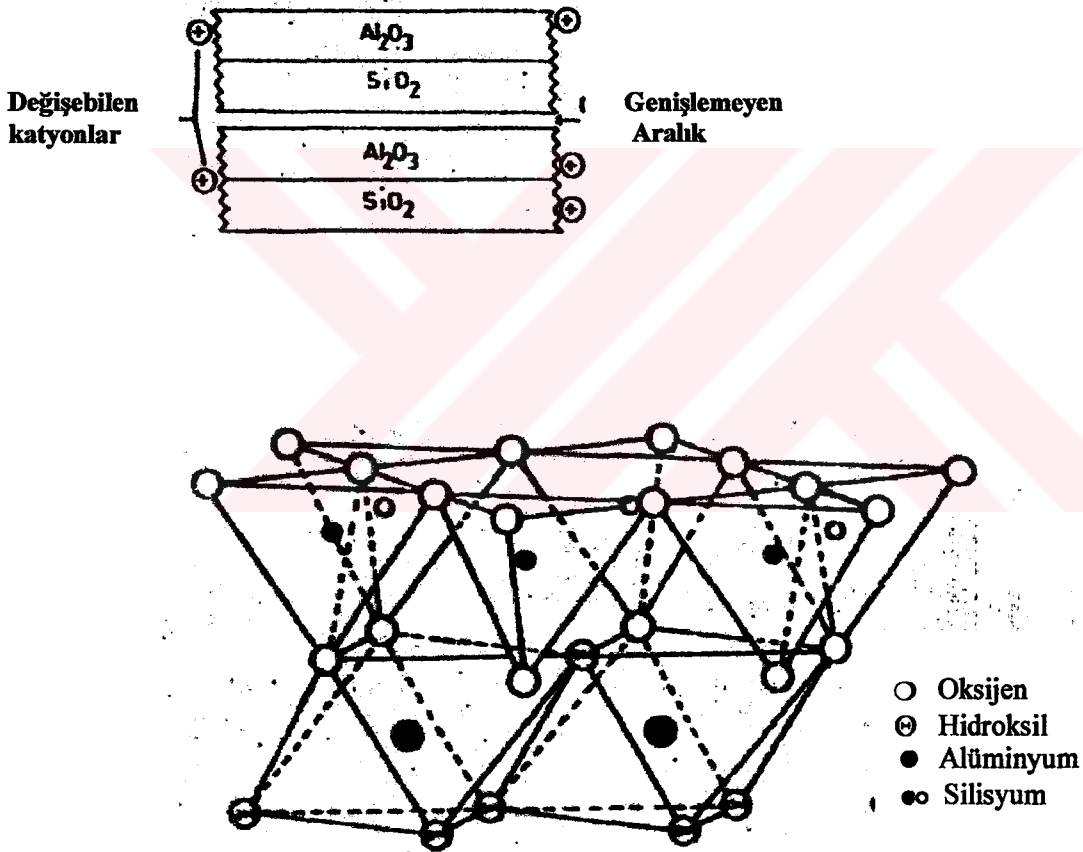
Kil minerallerinin çoğunda ortak olan iki temel kristal yapı ünitesi vardır: Si-O (silika) tetrahedral dizilişi ve Al-O-OH (gibsit) oktahedral dizilişi. Kil minerallerinin çoğu bu temel ünitelerin değişik şekilde üst üste gelmesiyle oluşmuşlardır[12,13].

Si-O tetrahedral yapığında oksijen atomları, aralarında bir Si atomu bulunan düzgün dört yüzünün dört köşesine yerleşmişlerdir. Her tetrahedral dizilişte dört oksijen atomundan üçü komşu tetraderal tarafından paylaşılır. Dördüncü oksijen atomu aşağıya veya yukarıya yönelmiştir. Bir yapraktaki tetrahedraların tabanları aynı yöne yönelmiştir. O şekilde birbirlerine eklenmişlerdir ki, üstten bakış hegzagonal bir ağ görünümündedir[12,13].

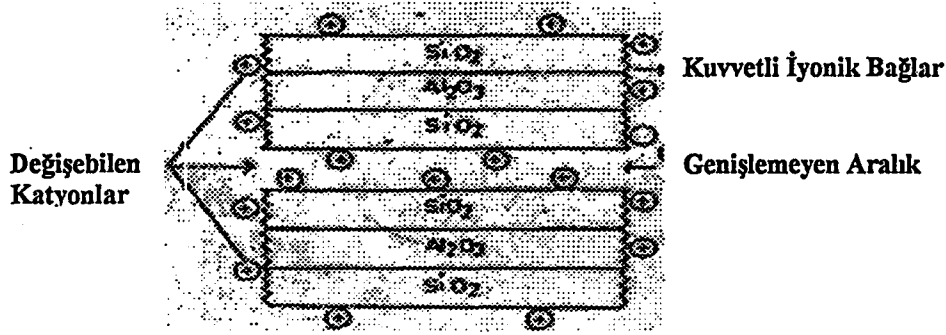
Al-O-OH (gibsit) oktahedral yapraklarında Al merkezde olmak üzere düzgün bir sekiz yüzlünün köşelerinde oksijen atomları veya OH grupları vardır[12,13].

Kaolinit gibi iki tabakalı kil minerallerinde oktahedral yaprak tetrahedral bir yaprağa tepe oksijenleri ile kenetlenmiştir. Montmorillonit gibi üç tabakalı kil mineralleri ise iki Si-O yaprağı ile aralarındaki bir Al-O-OH yaprağından oluşmuşlardır[12,13].

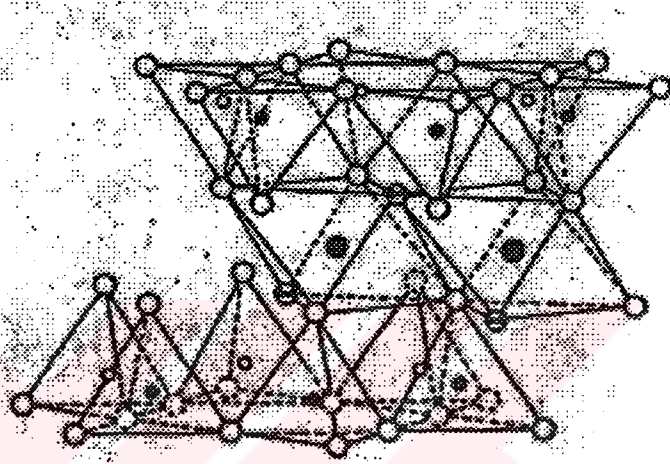
Şekil 3.1’de iki tabakalı kaolinit mineralinin kristal yapısı ve bu yapının idealize edilmiş şekli, Şekil 3.2’de ise üç tabakalı montmorillonitin kristal yapısı ve bu yapının idealize edilmiş şekli gösterilmiştir[12,13].



Şekil 3.1. Kaolinit Kil Mineralinin Kristal ve İdealize Yapısı



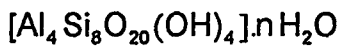
- Oksijen
- ⊙ Hidroksil
- Aliminyum
- Silisyum



Şekil 3.2. Montmorillonit Kil Mineralinin Kristal ve İdealize Yapısı

Silika ve alimina tabakaları arasında kuvvetli bir iyonik bağ olmasına karşılık birim tabakalar birbirlerine zayıf Van Der Waals kuvvetiyle bağlanmıştır. Aralarında su molekülleriyle yapıdaki pozitif yük noksanlığını karşılayan değişebilen katyonlar bulunur. Su ve organik moleküller bu birim tabakalar arasına girerek yapının c ekseninde genişlemesine neden olurlar[12,13].

Şekil 3.2'de gösterilen yapı Hofmann, Endell, Wilm ve Hendriçks tarafından önerilen şematik yapısıdır. Bu yapıya göre semetit grubundaki killerin teorik kimyasal formülü şu şekildedir[12,13].



3.4. Bentonitin Özellikleri

3.4.1. Bentonitin Fiziksel Özellikleri:

3.4.1.1. Tabii Şekil ve partiküllerin İnceliği:

Ham şekliyle bentonit yumuşak, ele yumuşak ve yağlı bir izlenim veren, ağızda hemen dağılma özelliği var olup, rengi beyaz, hafif sarı, sarı, bej pembemsi, yeşilimtrak sarı veya açık pembe olabilir. Taneleri son derece incedir. Alkalin jel haline getirilebilir [13].

3.4.1.2. Özgül Ağırlık:

Kuru bentonitin özgül ağırlığı belirli orantıda kalite kökenine göre 2.7 - 2.8 arasında değişiklik gösterir. Toz haline getirilen benzeri ürünlerde ise hissedilecek kadar düşer ve 1.6 - 1.8 seviyesini gösterir[13].

3.4.1.3. Optik Özellikler ve Renk:

Kolloidal killerin çok değişik renkleri vardır. Fakat bu renkler kuvvetle ifade edilebilecek net bir nitelik taşımazlar. Wyoming kökenli bentonitlerde renk hafif derecede sarı bej veya yeşilimtrak esmerdir. Kuzey Afrika'daki bentonitler ise aksine hafif bir pembe renge sahip olup aynen montmorillonitlere benzemektedirler. Ponzanit (İtalya) ile Jeolitler(Yunanistan) ise çok beyaz renktedirler[13].

3.4.1.4. Bentonitin Şişmesi Hacim Büyümesi:

Bentonitin en önemli özelliklerinden bir tanesi de su içinde kabarıp şişmesi ve jelimsi bir kitle meydana getirmesidir. Bir kilin gerçekten ve kelimenin ticari anlamı ile bentonit olabilmesi için en azından kendi hacminin beş katı şişmesi gerekmektedir. Normal olarak iyi vasıflı bentonitler 10-20, çok ender bentonitlerde 25 hatta 30 kat şişebilmektedir. Genellikle kendi ağırlığının 5-6 katındaki suyu absorbe ederek 12-15 kat hacim artışı gösteren bentonitler ticari bakımdan iyi vasıfta kabul edilir [13].

Isınında şişme üzerinde belirli bir etkisi vardır. Bu etki ayrıca bentonit çeşitlerine göre de değişir. Şişme özelliği, bentonitin sıcaklığı 200 °C'nin üstüne çıkmaya kadar muhafaza edilir. 600 °C'nin üzerinde tamamen yok olur. Ağırlık olarak 5:1000 oranında sulandırılmış bentonit süspansiyonu hiçbir çökelme olmaksızın stabil kalır[13].

3.4.1.5. Bentonitin Süspansiyon ve Jelleri:

Bentonitin koloidal süspansiyonlarındaki denge daima dikkati çekmiş ve bunun izahı devamlı olarak aranmıştır. Bu özellik, tamamen klasik fizik kanunlarına uygun olarak, partikül ve moleküllerin son derece ince yapılarına ve ayrıca da (-) elektrik yüklerinin nispeten belirli önemlerine bağlanmaktadır. Gerçekten bentonit partikülleri çok önemli (-) elektrik yükleriyle donatılmışlardır. Bu bakımdan su içinde yüzerken birbirlerini iterler ve devamlı hareket halinde kalırlar[13].

3.4.1.6. Emme ve Su geçirme(Absorpsiyon - Adsorpsiyon)

Partiküllerin gayet ince oluşu ve başka bir deyimle temas yüzeyinin çok büyük bulunması dolayısıyla bentonit büyük bir su emme gücüne sahiptir. Bentonitin sıvı maddeleri çekişi, emme konusunda su ile temasında belirtilmiştir. Yağ ve gliserinide gayet kolay emer. Gazlarında büyük ölçüde bentonit tarafından absorbe edildiği ve özellikle amonyak, anhidrit karbonik anhidrit sülfürün, bu alanda birinci planda buldukları saptanmıştır[13].

3.4.2. Bentonitin Kimyasal Özellikleri:

Bentonit türünde olan bir madde için fizik denemeler ve mineralojik analizler genellikle kimyasal tahlilden daha açık bir fayda sağlar. Kimyasal analizler ise, bileşimindeki yabancı maddeleri ve mevcut bazları ortaya çıkarır. Bentonit tipi koloidal killerde elektroliz etkisi daha bariz olup, özel nitelikleri ile temas yüzeyinin büyüklüğünden meydana gelir. Bentonit viskozitesi ve jellerinin süspansiyon kudreti çok küçük miktardaki elektrolizler çerçevesinde derin bir şekilde etkilenmesine yol açar. Genel bir kaide olarak alkali ve asitler , nötr elektrolit ve tuzlardan daha kuvvetlidir[13].

İyonize ve kesinlikle bentonit süspansiyonlarını etkileyecek cisimler;

- a. Alkaliler: Kireç, sodyum hidroksit, baryum ve magnezyum hidroksittir.
- b. Asitler: Hidroklorik asit, nitrik asit, sülfürik asit, oksalik asit, tartarik asit.
- c. Tuzlar: Alüminyum sülfat, alüminyum klorür, alüminyum nitrat, magnezyum klorür, kalsiyum klorür, stronsiyum klorür, baryum klorür, amonyum bikarbonat.

3.5. Bentonitin Kullanım Alanları

3.5.1. Bentonitlerin Döküm Kumunda Kullanılması

Silikat ve reçine bağlayıcılı bazı maça ve kalıp yapma yöntemleri son zamanlarda metal döküm sanayiinin çeşitli kollarında kullanılmakta ise de, sentetik kum hazırlamada kil esaslı bağlayıcılar en çok tercih edilen malzemelerdir. Eskiden kullanılmakta olan doğal bağlayıcılı kumlar, çeşitli olumsuzlukları yönünden yerlerini, sentetik olarak karıştırılan kil ile hazırlanmış kumlara bırakmışlardır. Sentetik kalıp kumu hazırlamada, yıkanmış silis kumu, dökümhanelerde uygun kalitede ve belirli miktarda kil ile karıştırılmaktadır. Böylece hazırlanan kumlar daha uzun süre kullanılabilen ise de, en çok kullanılanı ve en uygunu bentonittir. Özellikle Wyoming tipi Na-bentoniti bu işe en uygun çeşittir. Son zamanlarda soda aktivasyonu ile üretilen sentetik bentonitlerle de dökümhanelerde Wyoming türü bentonit verilerine yakın sonuçlar alınabilmektedir. Ca-bentonitleri kum hazırlamada gün geçtikçe daha az kullanılmaktadır. Bunun gibi plastik olan diğer killer ve kaolenler bu yönden önemli değildir[16].

Dökümcüler için bağlayıcı kil konusu oldukça karışık bir konudur. Döküm işleri pik döküm, demirdışı metallerin dökümü, çelik döküm gibi çeşitlerdir. Ayrıca işlem, yöresel olanaklara, uygulanan teknolojiye ve ham maddelere göre ülkeden ülkeye değişmektedir. Diğer taraftan, bir tür bentonit belirli bir döküm işine diğer türden daha uygun düşebilmektedir. Üreticiler çeşitli uygulamalara uygun, hazır karışımlar bulundurarak, tüketicinin talebini karşılarlar. Başka bir etken de, dünyanın bu günkü koşullarının otomatik prosedürleri zorlamasıdır. Bu da, yeni tek tür kalıp kumu düşüncesini ortaya çıkarmaktadır[16].

Bentonitin, kum hazırlama amacı için tercih görmesinin esas nedeni, diğer killerden üstün yaş ve kuru mukavemet sağlamasıdır. Pik demir ve demir dışı metal dökümcülerinin sentetik bentoniti ve Ca-bentonitini kullandıkları oluyorsa da, presiyon dökümleri ve yüksek basınç döküm kalıplama makineleri için, refrakterliği yüksek ve kullanma süresi uzun olan Wyoming tipi veya doğal sodyum bentoniti tercih edilmektedir. Bentonit seçiminde diğer bir etken de bentonitin ateşe dayanıklılığıdır ki, özellikle çelik dökümcülüğü yönünden önemlidir. Bazı sentetik bentonitler de bu bakımdan olumlu sonuçlar vermektedirler[16].

Genel olarak bentonit, kullanılmamış yeni silis kumuna %4-6 arasında ilave edilir. Fazla mukavemetin istendiği yüksek basınç kalıplamalarında, oran %8-10'a kadar yükselebilir. Bentonitin döküm kalıplama işlemine başlıca katkılarından biri de, bağlama malzemesinin tekrar kullanılma olanağını sağlamasıdır. Döküm esnasında sadece küçük bir miktar kaybedilir ve müteakip kullanmada %0.1-1 arasında yeni bentonit ilavesi gerekir. Döküm kalıplarının hazırlanmasında bentonit, ayrıca kalıp yüzeylerinin refrakter kaplama malzemelerinin süspansiyon maddesi olarak da kullanılır. Gerçi son zamanlarda bu gaye için organik maddeler kullanılıyorsa da, bentonit kullananlar hala mevcuttur. Özel kimyasal işlemlerle hazırlanmış bentonit, organik sistemlerle jel meydana getirmesi nedeniyle, bu alanda kullanılmaktadır. Bu biçim hazırlanmış bentonitlere bazen Benton da denilmektedir[16].

Bentonitler için değerlendirme ve spesifikasyon deneyleri Amerika Dökümcüler Cemiyetinin öne sürmüştüğü esasları kapsamaktadır. Buna göre rutubet miktarı, CaO yüzdesi, pH değeri, likit limit verileri önemli özelliklerdir ve testler bunlara dayanmaktadır. Likit limit, plastik hal ile sıvı hal(akıcı) arasındaki sınırı ifade eder. Bunun yüksek oluşu, plastik bir kırıışımın elde edilmesi için az miktar kile ihtiyaç olduğunu gösterir. Likit limit ile, kabuklarda "Kabuklanma" arasında bazı ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Kabuklanma, kalıbın meydana getirdiği genişleme ile deforme olması özelliğidir. Likit limiti 630 olan Wyoming bentonitinin kabuklanma direnci fazladır. Likit limiti 120 civarında olan Ca-bentonitlerinin kabuklanma direnci azdır[16].

Döküm endüstrisinin ileri ve yaygınlaşmış olduğu ülkeler, örneğin A.B.D., Japonya, Batı Almanya, İngiltere ve Fransa döküm bentonitinin en büyük tüketicilerindedir. Yapılmış olan tahmini hesaplara göre, bir ton çelik dökümü için 35-40 Kg bentonite ihtiyaç vardır. Bu rakam döküm parçasının biçimine ve boyutuna göre değişmektedir. PİK demir ve demir dışı metallerin dökümü için gerekli bentonit miktarı, dökümün daha düşük sıcaklık derecelerinde yapılması nedeniyle, bu rakamın daha çok altındadır[10].

Sentetik kalıp kumlarının doğal kalıp kumlarına nazaran başlıca avantajları şöyle özetlenebilir:1) Daha üniform tane boyutu ve 2)daha yüksek refrakter özelliğe sahiptirler. 3) Daha az su ve 4) daha az bağlayıcı ilavesi gerektirirler. 5) Çeşitli özellikleri daha kolay kontrol edebilir ve 6) daha az depolama yeri isterler[16].

Ayrıca sentetik kumların daha yüksek olan geçirgenliği, kalıbın daha sert dövülebilme imkanını verir ki bu yumuşak dövme ile ilgili döküm hatalarını ortadan kaldırır. Daha yüksek refrakter özelliği ile daha temiz döküm verir. Ancak doğal kumlara nazaran kırılma eğilimi, kalıplarda model çıkarılması veya gerekli tamirlerin yapılmasını zorlaştırır. Doğal kumlar, sentetiklere nazaran %100 veya 220 daha fazla "Temper suyu" gerektirirler. Doğal kumlardaki yaklaşık %6-8 neme karşı sentetik kumlarda çoğunlukla %3 civarında nem vardır. Alçak orandaki nem ise döküm esnasında kalıp boşluğunda daha az oksitleyici atmosfer demektir. Sentetik kalıp kumları daha uzun kullanım süresine sahiptirler, yeniden kullanmak için çok daha az bağlayıcı ilavesi gerektirirler[16].

3.5.1.1. Döküm Kalıp Kum Özellikleri ve Kullanılabilir Ömrü:

Yaş Mukavemet: yaş mukavemet kalıp kumunun temper suyu ilavesinden hemen sonraki mukavemettir. Bu kalıbın hazırlanması esnasında ve sıvı metalin döküldüğü anda kalıbın şeklini muhafaza etmesi için gerekli olan mukavemettir. Standart deney numunesi üzerinde basma mukavemeti(kg/cm²) olarak ölçülür. Yaş mukavemeti kontrol eden faktörler; tane inceliği, tane şekli, bağlayıcı cinsi ile miktarı ve nem miktarıdır. Tane inceliği, belli bir kum hacmi için taneler ne kadar küçük boyutlu ise, taneler arası temas yüzeyide o kadar büyüktür. Dolayısıyla ince taneli bir kumun yaş mukavemeti daha yüksek olacaktır. Aynı düşünce şekli, iri taneli kum için de geçerlidir. Bir başka deyişle, iri taneli kumun yaş mukavemeti daha düşüktür. Tane şekli, kum taneleri arası temas yüzeyi aynı zamanda tanelerin şekline de bağlıdır. Yuvarlak şekilli taneler, sivri veya köşeli tanelere nazaran daha sıkı ve dolayısıyla daha kuvvetli bir bütün meydana getirirler. Bağlayıcı yaş mukavemet, kuma ilave edilen bağlayıcının cinsi ve miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bağlayıcı miktarı arttıkça, yaş mukavemetinde artacaktır. Kullanılan bağlayıcının cinsi de(kil, hububat, dekstrin, vb.) yaş mukavemeti etkiler. Nem miktarı, yaş mukavemetindeki nem miktarı ile önce artar sonra azalmaya başlar. Mukavemet artışına tekabül eden neme "Temper suyu" azalış bölgesine tekabül edene ise "Serbest su" adı verilir[16].

Gaz Geçirgenliği: gaz geçirgenliği kalıp kumunun hava, gaz veya buharın geçişine imkan verme özelliğidir. Kalıp kumuna bu özelliği kazandıran, kum taneleri arasındaki boşluklardır. Kalıp kumunda geçirgenliği kontrol eden dört faktör yine

kum tane inceliği, tane şekli, kullanılan bağlayıcı cinsi ile miktarı ve nem miktarıdır. Geçirgenlik kum taneleri arası açıklık arttıkça artar ve standart basınç altında kum çinden havanın geçiş hızı ile ilgili bir sayı ile ifade edilir. Tane inceliğinin, kumun geçirgenliğine olan etkisinde tanelerin küçülmesiyle geçirgenlik hızla azalmaktadır. Tane şekilleri çok çeşitli olabileceği gibi iki temel grupta toplanabilir. 1)yuvarlak şekilli taneler,2) köşeli şekilli taneler. Köşeli oluşun veya yuvarlaklığın derecesi göz önüne alınır, şekillerin çok sayıda olacağı açıktır. Köşeli taneler yuvarlaklar kadar sıkı şekilde bir araya gelemezler; dolayısıyla köşeli tanelerden meydana gelen kumun geçirgenliği daha fazla olacaktır. Bağlayıcı kalıp kumunda kullanılan bağlayıcının cinsi ve miktarıda geçirgenliği etkileyen faktörlerdir. Çok düşük nem yüzdelerinde geçirgenliğinde çok düşük oluşuna, kum taneleri arasını dolduran kuru kil tanecikleri sebep olmaktadır. Nem ilavesi ile geçirgenlik bir maksimuma erişmekte ve sonra tekrar azalmaktadır. Bu davranış basit olarak şöyle açıklanabilir; nem etkisiyle kil tanecikleri bir araya toplanır veya aglomera olur., geçirgenlik artar; ancak fazla su ilave edildiğinde, bu su kum taneleri arasındaki boşlukları dolduracağından geçirgenlik tekrar azalır[16].

Kuru Mukavemet: genel olarak kalıp kumunun kuru mukavemeti ile yaş mukavemet aynı faktörler tarafından ve benzer şekilde etkilenirler. Tane inceliği, tane şekli ve nem miktarının etkisi benzerdir. Ancak değişik bağlayıcılar, yaş ve kuru mukavemetleri değişik şekilde etkilerler. Örneğin Ca-bentonitleri , Na- bentonitlerine nazaran daha düşük kuru mukavemet fakat daha yüksek yaş mukavemet sağlarlar. Na-bentonitleri en yüksek kuru ve sıcak mukavemet sağlayan bentonitlerdir. Bentonitlere hububat ve destrin ilave edildiğinde, çok yüksek kuru mukavemet değerlerine erişebilir[16].

Tane İnceliği: kalıp kumu tane inceliğinin etkisi, diğer özellikler incelenirken açıklanmıştı. Kısaca özetlendiğinde, belli miktarda bağlayıcı ve nem için ince kum, kalın kuma nazaran daha mukavemetli ve daha az geçirgen olacaktır. Tane inceliği ayrıca, kaliteli bir döküm yüzeyi için önde gelen bir etkidir. Tane inceliği arttıkça, bir başka deyimle taneler inceldikçe, döküm yüzeyi daha düzgün olmaktadır[16].

Deformasyon: Yaş kum kalıp, yük altında çok düşük yüzdelerde de olsa deforme olabilme kabiliyetine sahiptir. Deformasyon yüzdesi fazla ise kum, döküm şeklini muhafaza etmeyebilir. Deformasyon yüzdesi çok az ise bu taktirde gevrek olan kum

modelin kalıptan çıkarılmasını zorlaştırabilir. Deformasyon derecesi, üniversal cihaza tek parçalar takılarak ölçülebilir ve numunenin basma yükü altında kırılmadan büzüldüğü miktar olarak tarif edilir[16].

Sıcak Mukavemet: Sıcak mukavemet, kalıp kumunun ergimiş metal sıcaklığına eriştiği andaki mukavemetidir ve metalin katılaşmaya başlamasına kadar kalıbın şeklini muhafaza edebilmesi için gereklidir. Sıcak mukavemet ile kuru mukavemet, genel olarak aynı faktörler tarafından ve benzer şekilde etkilenirler. Sıcak mukavemet değeri, bahis konusu sıcaklıkta gerçekleştirilen standard basma deneyi ile (psi) olarak tesbit edilir[16].

Akıcılık ve Plastiklik: Kalıp kumlarından hem belli ölçüde akıcılığa sahip olması dolayısıyla model etrafındaki şekli alabilmesi, hem de bununla zıt olan diğer bir özelliğe(plastiklik) sahip olması beklenir. Plastiklik özelliği, kumun verilen şekli muhafaza edebilme özelliği olarak tanımlanır. Bu iki özellik, kum tane inceliği, tane şekli ile karışımın ihtiva ettiği bağlayıcı cins ve miktarına bağlı olarak değişir[16].

Dağılabilme: dağılabilme özelliği , “katılaşırken büzülen dökümün doğurduğu gerilmelerin etkisi ile kalıbın dağılması” şeklinde tariflenebilir. Dağılabilme özelliği gerçekte, sıcak mukavemetten ayrı düşünülemez. Sıcak mukavemet arttıkça dağılabilme özelliğinin azalacağı açıktır. Dökümcülükte ideal olan, kalıp kumunun yüksek sıcak mukavemet ile iyi dağılabilme özelliğini bir arada bulundurmasıdır[16].

Döküm kumunun kullanılabilme ömrü, yaş, kuru ve yüksek sıcaklık derecelerinde bentonitin maruz kaldığı değişmelerle sınırlıdır. Kalıp iç yüzeyinden dışa doğru sıcaklık değiştiği için, en fazla değişme iç yüzeyde olur ve dışa doğru azalır. Böylece iç yüzeye isabet etmiş olan bentonit tamamen kullanılamayacak kadar değişmeye maruz kalmışsa, kalıbın dışa doğru kumları tamamen tahrip olmamış olabilir. Bu durumda sadece, tamamen değişmiş miktarı karşılayacak kadar bentonit ilavesi ile kum yeniden bağlayıcı hale getirilebilir. Aynı parçanın dökümünde kullanılan Na-bentoniti, Ca-bentoniti ve plastik refrakter kil ile yapılan incelemede Na-bentonitinin yaş basınç mukavemeti bakımından refrakter kilden daha az ömürlü olduğu, fakat kuru ve sıcak basınç mukavemeti yönünden daha uzun ömürlü olduğu saptanmıştır. Ca-bentoniti bu üç bağlayıcıdan en kısa ömürlü olanıdır. Aynı mukavemetin elde edilmesi için, kullanmadan sonra %50 daha fazla Ca-bentonit ilavesi gerekmektedir. Tekrar kullanma esnasında, kullanıldıkça mukavemetlerde görülen azalma, ısının

etkisi ile kristal suyunun kaybolmasından, hidroksil grubunun bu suretle azalması ile, killerin iyon değiştirme kapasitelerinin eksilmesi sonucunda doğmaktadır. Bu aıllardan, Na-bentoniti, Ca-bentonitine nazaran daha geç tahrip olmaktadır[10].

3.5.2. Bentonitin Sondaj Alanında Kullanılması:

Bentonitin Türkiye’de ve Dünya’da en çok tüketildiği alan sondajdır. Sondaj akışkanının yerine getirmesi gereken görevler şunlardır:

1. Matkabın nn açarak keştiği taş parçalarını kaldırıp kuyu anülüs’nde taşıyarak yüzeyde kolayca ayrışmasını sağlamak,
2. Matkabı temizleyip soğumasını sağlamak,
3. Sondaj dizisiyle kuyu cidarı arasındaki sürtünmeyi azaltmak,
4. Kuyunun kapatılmamış kısımlarının düzenliliğini sağlamak,
5. Delinen geçirgen formasyonlarda petrol, gaz ya da su gibi akışkanların kuyuya akmasını önlemek,
6. Kuyu cidarındaki formasyonların açıklık ve gözeneklerini kapayan ince ve çok az geçirgen bir filtre parçası oluşturmaktadır[28].

3.5.2.1. Sondaj amurunun zellikleri:

Yoğunluk: delinen formasyon mailerinin kuyuya akmalarının önlenmesi ve kuyu cidarına ince, geçirimsiz bir pasta oluşturması için; çamurun hidrostatik basıncının, formasyon gözenek basıncından büyük olması gerekir. Gözenek basıncı; formasyon derinliğine, gözenek içindeki akışkanların yoğunluklarına ve jeolojik şartlara bağlıdır. Kuyu eperi üzerindeki çamurun hidrostatik basıncı, gözenek akışkanlıklarını kontrol etmesinin yanısıra kuyu düzenliliğinin sağlanmasına da yardımcı olur. Çamurun yoğunluğu arttıca delgi kırıntaları üzerindeki kaldırma etkisi de artar ve onları anülüste taşıyarak yüzeyde çökelmelerini önler.

Kuyu güvenliği açısından, ağır çamur kullanmak bazı tehlikelere neden olabilir. İlk bakışta ağır çamur gözenek basıncından daha fazla bir basınca yolaçacağı için kuyu etrafında yapay çatlamaya yolaçabilir. Böyle bir olayda; çamur, oluşan çatlakların içine kaçar ve anülüste çamur seviyesi denge durumu sağlanana kadar düşer. Ağır amurun diğer bir dezavantajı ise sondaj hızına etkisidir. Aşırı amur basıncının delme hızını düşürdüğü laboratuvar deneyleri ve saha deneyimleri sonucu ortaya koyulmuştur. Ayrıca fazla çamur ağırlığı daha fazla ağırlaştırma maddesi gerektirdiğinden çamur maliyetini artırmaktadır.

Tanecik Büyüklüğü, Şekli ve Özellikleri: Sondaj akışkanlarının bozulma ve filtrasyon özellikleri, içinde askı halinde dağılmış olan taneciklerin büyüklüğü, şekli ve molekül yapılarına bağlıdır. Bu tanecikler büyüklüğüne göre üçe ayrılır: 1) Kolloitler (0,005-1 mikron arasında olan viskozite ve filtrasyon özelliklerini ayarlayan tanecikler), 2) Silt, barit gibi aktif olmayan katılar (1-50 mikron arasındaki yoğunlaştırma maddeleri), 3) Kum (50-420 mikron arasındaki aşındırma özelliğinden dolayı istenmeyen tanecikler).

Özgül yüzey alanının çok fazla olması dolayısıyla, taneciklerin davranışı, genel olarak bu geniş yüzey üzerindeki çekme ve itme kuvvetlerini ortaya çıkaran elektrik yükleriyle yönlendirilir. Özellikle kil mineralleri, kısmen şekillendirilen (levhalar halinde) kısmen de taban yüzeylerinde negatif, yan kenarlarında da pozitif yüklere neden olan bir molekül yapısından dolayı aktif kolloidlerdir. Bu zıt yüklerin birbirleriyle etkileşimi, düşük hızlarda çamurun viskozitesini etkiler ve çamur durgun haldeyken tersinir bir kaymak tabakasının oluşmasına neden olur.

Killer doğada buldukları gibi çeşitli kil mineralleri içerir. Bunlar, montmorillonit, illit ve kaolinitir. Montmorillonit en aktif olanıdır. Kuvars, feldspat, kalsit gibi bazı mineraller de bulunabilir. Killer suyla karıştırıldığında oluşan çamurun eklenen birim kil ağırlığı başına viskozitesi, ortamda bulunan değişik kil ve diğer minerallerin oranlarına bağlıdır. Sondaj çamurlarında kullanılan ticari killer, YIELD (yilt)'lerine göre oranlanır ve şöyle tanımlanır: 1 ton kille yapılan 15 cp'lik bir viskoziteye sahip çamurun varil cinsinden hacmine yield denir. Sondaj çamurunda bentonitin kullanılabilmesi için, 1 ton bentonitle 15 cp - viskozitede 90 varil çamurun elde edilmesi gerekmektedir[28].

Akma Özellikleri : Sondaj akışkanının akma özellikleri sondaj operasyonunun başarısı açısından hayati bir rol oynar. Bu özellikler kesilen parçacıkları yüzeye taşımakla sorumlu olmakla beraber, sondajın sürecini diğer şekillerde etkiler. Çamurun başarısız performansının yolaçtığı ciddi problemler şunlardır. Kuyuyu tıkama, kuyu dibini kesintilerle doldurma, delme hızını yavaşlatma, kuyu çapında genişleme, boru sıkışması, çamur kaçağı ve hatta blowout'tur[28].

Genellikle akışkanların akma davranışı basınç ve hız arasındaki ilişkiye bağlı olarak akış rejimine dayanır. Genel olarak iki tür akış rejimi vardır: Laminer ve Türbülent

Akış. Laminer Akış, düşük akış hızlarında meydana gelen ve akma özelliklerinin bir fonksiyonu olan bir akış rejimidir. Türbülent Akış ise akışkanın hareketsizlik özelliklerine bağlı olan ve viskozitiden dolayı yollardan etkilenen bir akış rejimidir[28].

Çamurun akış özelliklerinin belirlenmesi (YP, AV, PV, n, K) viskozimetre ile gerçekleşir. Plastik viskozite (PV) ve tutarlılık indeksi (K) genelde çamur içindeki katı madde miktarına ve sıvının viskozitesine bağlıdır. Öte yandan akma noktası (YP) ve jel mukavemeti ise çamurun içerdiği kil miktarına ve inorganik tuzların çamuru kirletme derecesine bağlıdır. YP/PV oranı ya da n (Akış-davranış indeksi) çamurun kıvamlaşmasını belirten bir özellik olarak kullanılır. Gerektiğinde su ilave edilmesiyle ya da fazla katı maddenin mekanik olarak ayrılmasıyla plastik viskozite düşürülür. Oldukça yüksek akma noktası veya jel mukavemeti, çamura ağır moleküler ağırlıklı inceltici ilave edilmesiyle düşürülür. Eğer jel mukavemeti düşük ise, bentonit ilave edilerek yükseltilir. İdeal olarak bir çamurun jel mukavemeti sirkülasyon durduğunda kesintileri askıda tutabilecek ve çökmeye neden olmayacak şekilde yüksek olmalıdır. Fakat, genelde yüksek jel mukavemeti kesintilerin ve çamurun içindeki gazın yüzeyde ayrışmasını geciktirdiğinden ve üstelik matkap değişimlerinden sonra yeni bir sirkülasyon başlatmak için gerekli basıncı yükselttiklerinden dolayı arzu edilmez. Dahası diziyi dışarı çekerken, yüksek bir jel mukavemeti matkabın altındaki çamur sütununun basıncını, swap etkisinden dolayı düşürebilir. Eğer böyle bir durumda çamur basıncı formasyon basıncından küçükse kuyuya formasyon akışkanı girecek ve belkide bir blowout'a neden olabilecektir. Aynı şekilde, diziyi inerken de bir piston etkisi yaratacak, basıncı arttırıp kuyu cidarını çatlatacaktır[17,28].

Çamurun Filtrasyon Özellikleri: Çamurun; matkabın deldiği formasyonları ince ve az geçirgen bir süzgeç (filtre) pastasıyla kapatma yeteneği, kuyunun başarılı bir şekilde bitirilebilmesinin ana gereklerinden biridir. Formasyon oluşumlarının kuyuya girmesinin önlenmesi için, çamur basıncının formasyon basıncından daha yüksek olması gerektiğinden bu süzgeç pastasının olmaması halinde formasyona devamlı çamur kaçması söz konusu olur. Bir çamur pastasının meydana gelmesi için, çamurun formasyon gözeneklerinden daha küçük tanecikler içermesi gerekir. Bağlayıcı (Köprü) tanecikler olarak da bilinen bu tanecikler önce kuyu cidarındaki

gözenekleri doldurur ve sonra gelen tanecikler bunlar üzerinde (yüzeyinde) birikir. Böylece formasyona sadece sıvılar girebilir. Bu pasta oluşurken formasyona giren küçük taneciklerin süspansiyonuna ÇAMUR FIŞKIRTISI (mud spurt) ve arkasından formasyona giren sıvıya da SÜZÜNTÜ (filtrate) adı verilir[28].

Süzüntü hızı ve pasta kalınlığının artması akışkanın temas ettiği pasta yüzeyine ve süzme sırasındaki mekanik erozyona bağlıdır. Sirkülasyon durduğunda, süzüntü hacmi ve pasta kalınlığı zamanın karekökü oranında artar. Fakat, sirkülasyon halinde ise pasta yüzeyi sabit hızda bir aşınmaya maruz kalır. Pastanın kalınlaşma hızı ile aşınma hızı bir dengeye geldiğinde pasta kalınlığı ve süzme hızı sabit olarak kalır. Kuyuda sondaj devam ederken, çamur hareketinin ve dizinin mekanik aşındırmasından ötürü süzme olayı dinamik, sirkülasyon dururken ve bütün iniş çıkışlarda ise statiktir. Süzgeç pastasının geçirgenliği, çamur içindeki tanecik büyüklüğü dağılımına ve elektrokimyasal koşullara bağlıdır. Genelde tanecikler toz büyüklüğünde ise geçirgenlik düşük olur. Killi çamurlarda çözünür tuzların bulunması pasta geçirgenliğini artırır, fakat bazı organik tozlar (kolloidler) doymuş tuzlu çözeltilerde bile elde edilebilen düşük pasta geçirgenliği sağlayabilirler. İncelticiler genelde, kil taneciklerini parçaladıkları için pasta geçirgenliğini azaltırlar[17,28].

Geçirgen formasyonlarda; süzme özellikleri, kalın süzgeç pastasının kuyu basıncını düşürmesi için kontrol edilmelidir. Dahası, kalın süzgeç pastası, “Diferansiyel Sıkışma” diye bilinen bir olayın neden olduğu takım sıkışmasına yolaçabilir. Bu olay, dizinin bir parçası sondaj sırasında kuyunun bir tarafına dayanıp, çamur pastasının bir kısmını aşındırırken meydana gelir. Dizinin dönmesi durduğunda, basıncın çamurla temas eden kısmı çamur sütun basıncından izole edilerek sadece pastanın gözenek basıncına maruz kalmıştır. Böylece yaratılan basınç farkı dizinin hareket etmesini önleyecek derecede yüksek olabilir. Bazen, dizi, sıkışma bölgesine petrol püskürtülerek serbest hale getirilebilir. Bu yol başarı kazanmazsa, pahalı bir yakalama ve kuyu cidarını tarama operasyonuna gidilir. Fakat sondaj dizisi sıkışma riski, ince bir pasta oluşturabilecek bir çamur kullanmak yoluyla, basınç farkını en düşük düzeyde tutacak en hafif çamur kullanmak yoluyla, ya da çamura boru ile pasta arasındaki yapışmayı azaltacak bir yağlayıcı ilave edilmesi yoluyla azaltılabilir.

Dizi sıkışmasına, mükemmel yağlayıcı özellikte olduğu ve ince pasta sağladıkları için, petrol çamurları kullanıldığında çok az karşılaşılır[17,28].

pH: Bazı çamur sistemlerinin optimum kontrolü, belli kirleticilerin bulunup arındırılmasında olduğu gibi, pH'a dayanır. Bentonit ve tathı sudan yapılan çamurun pH'ı 8-9 arasında değişir. Çimento ile birlikte kirlilik bu değerleri 10-11'e yükseltecektir. pH kontrolünün diğer nedenleri, kireçli çamurların bakımı, korozyon tanımlanması ve incelticilerin verimli kullanılmasında yatmaktadır. pH ölçümü, kuyularda rutin olarak referans standart renkteki kağıtların su kaybı ölçme sırasında süzölen suya batırılıp yeni renge dönüşmesine dayanan bir metodla yapılmaktadır[28].

Kasyon Değişirme Kapasitesi (Metilen Mavisi Testi): Metilen mavisi testi, bir şeyl veya çamur numunesindeki aktif kil miktarının belirlenmesi amacıyla yapılır. Test, ortamda bulunan killerin toplam kasyon değişirme kapasitesini ölçer ve kil minerallerinin toz özelliklerinin bir göstergesi olarak katı madde miktarının belirlenmesinde kullanışlıdır. Benzer olarak, şeyl kesintileri de tanımlanabilir ve çamur yapma veya kuyu düzgünlüğündeki muhtemel etkileri hakkında bazı tahminler yapılabilir. Eğer numune şeyl içeriyorsa, organik maddeler hidrojen peroksitle oksidasyon sayesinde bozunurlar. Numune, içerdiği suyun renginin maviye dönüşmesiyle belirlenen tutma kapasitesi sağlanıncaya kadar standart bir metin mavisi çözeltisiyle titre edilir. Eğer diğer tutucu maddeler önemli miktarlarda değilse, bentonit miktarı, 100 gr. kuru bentonit başına 75 milieşdeğer değişim kapasitesine göre tahmin edilebilir[17,28].

Elektrik İletkenliği: Sulu çamurların direnci; istendiğinde, elektrik loglarından formasyon özelliklerini daha iyi anlamak amacıyla ölçölür ve kontrol edilir. Tuz, direnci düşürmek için kullanılır. Tathı su ise direnci arttıran tek maddedir. Direncin ölçölmesi, bilinen konfigürasyondaki bir numune içinden elektrik akımı geçirilmesiyle belirlenir. Elektrik iletkenliği testi petrol çamurlarının stabilitesini kontrol etmek amacıyla kullanılır[28].

Yağlayıcılık: Çamurun fonksiyonlarından birisi de sondaj dizisini yağlamaktır. Yağlama yönlü kuyularda ve çepere yapışma problemlerinin olduğu kuyularda büyük nem taşır[28].

Korrozivite: Korozyon, sondaj borusu arızalarının ana nedeni olarak bilinir. Sondaj borusu yüzeyindeki korozyon miktarı, boru bağlama yerlerine çelik halkalar yerleştirilip, belli zamanlarda ağırlıkların ölçülmesiyle belirlenir[28].

Sondaj çamuru olarak bu özellikleri taşıyan bentonit su, petrol ve jeotermal kuyuların kazılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle su kuyularının kazılmasında uygulanan hava-köpük sistemi için bentonit kullanımı oldukça önemlidir. Köpük basit olarak hava zerreciklerinin su içinde dağılımıdır. Bu sistemde ana faz hava, ikinci faz ise sudur. Hava köpüğü ise bu iki faza az bir yüzey gerilim maddesi ilave edilmesiyle elde edilir. Su kuyularının kazılmasında kullanılan yüzey gerilim maddeleri biyolojik olarak çözülebilir ve zehirsiz olmalıdır. Köpükler, sönmeye karşı olan dirençlerine göre sınıflandırılır. Köpüklerin sönmeye karşı ilk dirençleri surfactant konsantrasyonuna, basılan su miktarına ve polimerler veya bentonit gibi diğer katkı maddelerinin sistemlerde bulunup bulunmadığına bağlıdır. Polimerler sürtünmeleri azaltarak basınç kayıplarını azaltır ve biyolojik çözünebilirliğe sahip olduklarından gözenekleri tıkamazlar. Eğer köpüğün koyulaşması için bentonit katılmışsa, kuyu tamamlama işlemleri sırasında kuyu duvarlarında oluşmuş kek yapısının temizlenmesi gerekir. Ayrıca jeotermal kuyularda en çok kullanılan çamur tiplerinden Bentonit-Su Sistemi, ekonomik bir çamur sistemi olup özellikle düşük entalpili jeotermal kuyularda kullanılır. Bentonit-Lignite-Kostik Soda Sistemi, iyi bir termal stabilite, daha iyi bir viskozite ve su kaybı kontrolü için kullanılır[17,28].

3.5.3. Bentonitin Demir Cevherlerinin Peletlenmesinde Kullanılması:

Demir cevherlerinin peletlenmesi son 20-25 sene içinde geliştirilmiş, oldukça yeni bir metalurjik işlem olmasına rağmen, doğal ve sentetik bentonitler için çok önemli bir kullanma yeri, bir pazar olmuştur. Demir cevherlerinin peletlenmesinin, üretici ve tüketici açılarından, diğer demir cevheri hazırlama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, çeşitli üstünlükleri olan bir yöntem olduğu görülür. Üretici yönünden, başka türlü değerlendirme olanağı bulunmayan düşük tenörlü ve kolayca veya ekonomik olarak ufalanan demir cevherlerinin işletilmesi, kullanılması sağlanmaktadır. Tüketici yönünden ise, yüksek tenörü nedeniyle, demir cevheri peleti yüksek fırın için ideal bir şarj teşkil eder. Ayrıca peletlerin manüplasyonu taşıma araçlarına doldurulup boşaltılması, depolanması gibi işlemler daha kolaylaşmakta ve toz halindeki kayıplar daha azalmaktadır. Peletin diğer üstünlükleri arasında mekanik mukavemetinin

fazlalığı, redüklenme kolaylığı yüksek fırın teknolojisi açısından önemli etkenlerdir[10].

Bentonitin peletlemede kullanılması, yüksek plastisitesi ile yüksek yaş mukavemet meydana getirmesi, absorp ettiği suyu kolayca vererek, yüksek kuru mukavemet sağlamasından ileri gelmektedir[10].

Prensip yönünden bakıldığında peletleme basit bir işlemdir, fakat uygulamada yakinen kontrollü koşulları gerektirir ve işlenen miktarın fazla oluşu bu titizlik zorunluluğunu daha da arttırır. Ayrıca büyük bir ekonomik ünite değeri olmayan demir cevheri gibi bir malzemede işlemin verimlilik sorunu kritik durumlar ortaya çıkarır. Kısaca değinmek gerekirse, önce demir cevheri, %80'i 44 mikronun altında olacak kadar bir tane boyutuna öğütülür. Zenginleştirildikten sonra, genellikle filter preslerde suyu alınır ve % 0.5 - % 1 arasında bir oranda bentonitle iyice karıştırılır. Bu esnada titizlikle tayin edilmiş bir miktar su ilave edilir. Karışım, peletleme tamburuna ve diskinde verilerek, bilya halinde peletlenir. Peletleme süresinde bentonit, cevher tanelerini plastik bir kil zarı ile kaplar. Bu tanelerden bazıları çekirdek görevi yaparak, tambur döndükçe, kartopunun yuvarlanma esnasında büyümesine benzer biçimde, şarjın veya diğer toprakların sarması ile büyür ve sonuç, küresel biçimli peleti oluşturur. Oluşan küreleşmenin ve bu esnada bentonitin oynadığı rolün mekanizması tam anlamıyla aydınlığa kavuşmuş değildir. Rutubetin dar sınırlarda kontrolü gerekmektedir ki sarma işi oluşabilsin. Peletlenme süresinde bentonitin, suyu adsorp edişi, suyun bentonitin içine yayılışı, böylece bentonitin şişmesi, iyi bir bağ malzemesi olmasındaki özelliklerinin başlıcalarıdır. Pelet bilyaları oluştuktan sonra, kontrollü olarak kurutulur, bir ön ısıtmaya tabi tutulduktan sonra, oksidan bir atmosferde pişirilir. Pişen peletler kristal büyümesi, oksit bağının teşekkülü ile gerekli mukavemete ulaşmış olur[10].

3.5.4. Gıda sanayii:

Bentonit gıda sanayiinde sıvı ortamlarda berraklaştırma işlemlerinde kullanılır. Şarap, bira ve meyve suyunun yapımında bazı yabancı maddeler bu içeceklere bulanıklık verir. Bentonitler su ve böyle ortamlarda hidrate olur ve (-) yüklü kil taneleri bulanıklığa neden olan maddelerle birleşerek ortamın berraklaşmasını sağlar. Bu alanda yüksek şişme özelliğine sahip Na bentonitlerinin kullanılması uygun değildir[13].

Yağların rengini gidermekte kullanılan, ağartma toprağı olarak tanınan killer, bentonitin kimyasal işlemler sonucu bazı özellikleri geliştirilmiş şeklidir. Yağların ağartma işlemlerinde bentonitin renk veren maddeleri absorbe etme özelliğinden yararlanır. Asitle muamele edilerek aktifleştirilmiş veya buna gerek duyulmadan aktif olan bentonitler bu alanda kullanılır. Yeryüzünde tabii halde aktif olan bentonitler fazla değildir. Hidroklorik veya sülfürik asitlerle kaynatılarak bentonitler aktifleştirilir. Bentonitlerde genel olarak aranan şişme özelliğı yağ endüstrisi için istenmeyen bir özelliktir[11,13].

3.5.5. İlaç Sanayii:

Alkali bentonitler melhemlerde dolgu maddesi olarak ve çok kuvvetli ilaçların seyreltilmesinde kullanılır. İç organların röntgenlerinin çekilmesinde kullanılan baryum sülfatı süspansiyon şeklinde tutan en önemli maddelerden biri yine bentonittir. Bentonit aynı zamanda yapışkan özelliğı olan maddelere toz şeklinde katılarak onların öğütülmesinde yardımcı olur. Alkali bentonitler çeşitli sıvılarla karıştırıldıklarında plastik ve homojen, temizleyici ve iyileştirici özelliğı olan süspansiyonlar oluşturur. Kolloidal özellikleri nedeniyle deterjanlar gibi rutubeti, tuzları, zehirli maddeleri, vücut yüzeyinden uzaklaştırırlar, derideki gözenekleri açarak daha kolay temizlenmesini sağlarlar. Bu nedenle bentonitin kozmetik sanayiinde de önemli bir yeri vardır[11,13].

3.5.6. Yangın Söndürücülerde Bentonit:

Bentonitlerin bu kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmasını sağlayan özelliğı, bünyesinde fazla miktarda su tutmasıdır. Yangın söndürücülerde de bentonitin bu özelliğinden yararlanır. Orman yangınlarında en uygun söndürücü olarak bentonit kullanılır. Süspansiyon haline getirilen bentonit püskürtülerek yanan bölgelerin hava ile ilişkisini keser[11,13].

3.5.7. Boya Endüstrisi:

Alkali bentonitler, renkleri ve boyları absorbe etme özelliğine sahip ve devamlı süspansiyon oluşturabilecek kadar ince taneli olduğundan soğuk-su boylarında, badanalarda, emayelerde, matbaa mürekkeplerinde, yağlı boylarda kullanılır[11,13].

3.5.8. Sabun ve Temizleyici Maddelerde Bentonitin Yeri:

Bentonitlerin deterjan etkisi vardır, yağları absorbe ettiğinden, ellerin ve kumaşların temizlenmesinde kullanılır. Sabunların deterjan özelliği bentonitlerle geliştirilmektedir. Kolloidal bentonit, sabun imalatında, süspansiyonun yüzey gerilimini azaltmakta ve sabunun daha iyi dağılmasını sağlamaktadır. Alkali bentonit killeri absorbe eder ve hidrolize olarak yağlı maddelerin sabunlaştırılmasını sağlar ve kirlerin eski yüzeye dönmesini önler. Süspansiyon haldeki kolloid bentonit tanelerinin (-) negatif yüklü olması, emülsiyon ve süspansiyon özellikleri, yağları adsorbe ve absorbe etmesi, katyon değişim kapasitesi gibi özellikler bentonitin temizlik malzemesi olarak kullanılmasının başlıca nedenleridir[11,13].

3.5.9. Gübre Yapımında Bentonitin Yararları:

Bentonit, kolloidal özelliği ve katyon değişim kapasitesi nedeniyle toprağın gübrelenmesinde önemli bir yer tutar. Bitkilerin büyümesi için gerekli olan rutubeti sağlaması ve bunu uzun süre koruması, gübredeki çözünebilir ortamdan çabuk uzaklaşmasına engel olması, bentonitin gübreye kazandırdığı özelliklerdir[11,13].

3.5.10. Gazete Kağıdının Mürekkebinin Çıkarılması:

Alkali bentonitler eski gazete kağıtlarından mürekkebin çıkarılmasında kullanılırlar. Bentonitin emülsiyonlaştırma ve absorpsiyon özelliğinden, gerekse (-) yüklü olması ile (+) yüklü karbonu çekmesinden ötürü bu işlem için çok elverişlidir[13].

3.5.11. Su Geçirmez Malzeme:

Bentonit, asfalt, bitümlü maddeler, kömür katranı bakiyesi ve zift emülsiyonlarının hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu emülsiyonlar damların ve diğer yüzeylerin su geçirmez hale konmasında kullanılır[13].

3.5.12. Suların Tasfiyesi:

Suların klasik olarak alüminyum sülfatla berraklaştırılması işlemi fazla miktarda sülfata ve muayyen miktarda pH kıymetine ihtiyaç duyulduğundan, bu mahsurları göstermeyen bentonit bugün bu işte kullanılmaktadır. Bentonitin kolloidal özelliği

dolayısıyla sudaki elektrolitler tesiri ile pıhtılaşma meydana gelir ve böylece yabancı maddeler dibe çökerek berraklaşmaya sebep olur[13].

3.5.13. Suyun Yumuşatılması:

Amerika'da geniş miktarda zeolit tabir edilen su yumuşatıcıları, bentonitlerin, zeolitlerin veya diğer minerallerin özel bir şekilde işlem görmesi ile veya sentetik olarak yapılır. Bu maksatla bentonitin muamele edilmesinde, bentonit önce kuru bulgur taneleri haline getirilir. Tamamen dehidrasyon olmayacak şekilde sadece su alma kabiliyeti yok edilmek üzere uygun bir derecede ısıtılır. Sonra sodyum tuzu eriyiği ile muamele edilir ve nihayet su ile yıkanır. Suyun yumuşatılmasında Ca ve Mg tuzlarının mevcudiyetinden ileri gelen ve sentetik olan bu minerallerin bentonitleri Na yerine geçmeleri ile giderilmiş olur[13].

3.5.14. Seramik Sanayii:

Bentonit, seramik sanayinde, seramik hamurunun plastisitesini geliştirip çalışmasını kolaylaştırdığından çok önemli bir yer tutar. Bentonit seramik çamuruna şu özellikleri kazandırır:

1. Çamurun homojen karışmasını sağlar.
2. Kuruma çatlamlarını azaltır.
3. Kuru mukavemeti artırır.
4. Piştikten sonra olan kırılgenliği azaltır.

Sırlara, öğütme sırasında ilave edilen bentonit, sırrın dibe çökmesini önleyerek süspansiyon şeklinde kalmasını sağlar[11,13].

3.5.15. Portland Çimentosuna Bentonit Katkısı:

Portland çimentosuna %1 oranında bentonit ilavesinin, mekanik mukavemeti arttırdığı ve donma müddetini azalttığı görülmüştür. Bentonit beton ve harçlara ilave edildiği zaman plastisiteyi ve işleme kabiliyetini artırır, çakıl ve kumun ayrılıp bir yerde toplanmasını önler. Bu şekilde yapılan betonlar homojen olduğundan diğer betonlara göre mukavim ve su geçirgenliği daha azdır[11,13].

3.5.16. Kağıt Endüstrisi:

Kağıt hamuruna az miktarda ilave edilen bentonit, katranın, rezinlerin, balmumunun bir yerde toplanmasını önler pigmentlerin homojen dağılmasını sağlar, hamurun kumaşa, tellere ve silindirlere yapışmasına engel olur. İnce taneli olduğundan makinelere zararı dokunmadan dolgu maddesi olarak kullanılabilir. Alkali bentonit kağıda aynı zamanda kayganlık verir, sakızlı maddelerle emülsiyon yaparak kağıt endüstrisinde kullanılan eleklerin tıkanmasına, makinelerin kağıt hamurundaki reçinelerin etkisi ile kirlenmesine engel olur[11,13].

3.5.17. Lastik Sanayii:

Lastik sanayiinde, bentonit gibi nötr maddelere dolgu malzemesi olarak gerek duyulur. Lastik sanayiinde bentonitin ince taneli, su ile jel ve koloidal süspansiyon meydana getirmesi, pıhtılaştırma ve dehidrasyon etkisinden yararlanır[11,13].

3.5.18. İnşaat Mühendisliğinde Bentonitin Yeri:

Bentonitin, fazla miktarda su absorbe etmesi, jel meydana getirerek suyu geçirmemesi gibi özelliklerinden inşaat mühendisliği alanında yararlanır. Bentonit; alçı, kireç sıvalarında kullanılabilir. Bentonit, ticari alçılardaki organik maddeleri absorbe ederek alçının donma hızını artırır. Bentonit, duvar sıvalarının astar tabakasında, son sıva tabakasının çekilmesini ve çatlamaını önlemesi, su geçirmemesi gibi özellikleri nedeniyle kullanılır[13].

3.5.19. Makine Yağları:

Kumlu madde kapsamayan bentonitin makine yağlarında kullanılması için iki metot vardır. Birincisi; bentonit doğrudan doğruya makine yağı ile karıştırılabilir. Yağa ve metale karşı geçici absorpsiyon ile kaygan karakterleri sayesinde koruyucu tabakanın metal yüzeyinde kalmasına yardım edebilir. İkincisi; alkali bentonit ağır yağlarda su emülsiyonunun hazırlanması için Ca sabununun yerine kullanılabilir. Çünkü böyle emülsiyonlar bentonit ile stabilize edilebilir[13].

3.5.20. Kurşun Kalem Uçları, Renkli Kalemler:

Kurşun kalem uçlarında kullanılacak bentonitin tamamen kumlu maddelerden arınmış olması gerekir. Birçok firmalar bu maddeyi halen sabit ve renkli kalem uçlarında kullanmaktadırlar[13].

3.5.21. Kedi Altlığı Olarak Kullanımı:

Kedi altlığı olarak kullanılan killer; yığın yoğunluğu 800-980 kg/m³ olan bentonit ve fuller's earth'den oluşan ağır killer ile yığın yoğunluğu 400-700 kg/m³ olan sepiyolit ve atapulgitten oluşan hafif killer olmak üzere iki gruba ayrılır. Avrupa'da bu amaçla hafif killer sınıfına giren atapulgit ve sepiyolit kullanılırken İngiltere'de ve ABD'de bentonit ve fuller's earth gibi ağır killerin kullanımı tercih edilmektedir[23].

Kedi altlığı olarak kullanılacak malzeme, toz oluşturmama, kötü koku yaymama, granül tane boyu, absorplama kapasitesi gibi temel özelliklere sahip olmalı ve kedi tarafından kabul edilmelidir. Yüksek absorplama kapasitesine sahip olan kil, sadece üreyi emmekle kalmayıp dışkıyı da havalandırmalı, kötü kokuyu azaltmalı ve bakteri üremesini önlemelidir[23].

Kil granüllerinin tane büyüklüğü dağılımı da önemli olup genelde 1-6 mm. arasında olması gerekmektedir. Taneler kedinin pençelerine ve tüyelerine takılmamalı ve yüzeyleri yuvarlak olmalıdır. Kedi altlığı, taşıma ve kullanma sırasında toz oluşturmayacak biçimde mekanik dayanıma sahip olmalıdır[23].

3.6. Türkiye Bentonit Yatakları

Türkiye'deki bentonit oluşumları; Biga Yarımadası, Gelibolu Yarımadası ve Kuzeyi, Eskişehir-Ankara Yöreleri, Çankırı-Tokat Bölgesi, Ordu-Trabzon Bölgesi, Kayseri-Nevşehir-Niğde Bölgesi ile Malatya-Elazığ Bölgesindedir. Bu bölgeler ile yakın çevrelerinde de irili ufaklı pek çok bentonit yatağı bulunmaktadır[27].

3.6.1. Enez-Edirne Bentonit Yatağı

Bentonit sahaları Enez ilçesinin yaklaşık 2-15 kilometre güney ve güneydoğusunda bulunur. Enez bentonit sahalarındaki en yaşlı birim Oligosen yaşlı volkanik

kayalardır. Bunlar trakitik andezit, andezit bileşimli piroklas, tuf ve volkanik küllerden oluşan bir volkano-çökel istif tarafından örtülmüştür. Bentonit aynı yaşlı bu çökel istif içinde yer alır. Oligosen kayaların kara ortamında yer almış olanları piroklastik breş, tuf ve andezit-trakiandezit ardalanması biçimindedir. Bu kayalar birbiri ile dereceli geçişlidir. Buna karşın katman yapılı piroklastlar ile bentonit, kömür, kumtaşı, killi kumtaşı ardalanması ile sulu ortamda gelişmiştir. Kara ortamı ile sulu ortam arasındaki sınır, yaklaşık Çavuş ve Yazır köylerini birleştiren çizgidir. Her iki ortam istifinde de birimler arasında dereceli geçiş vardır[27].

Bölgenin bentonitleri; açık gri, açık yeşil renkli olup, kalınlıkları yaklaşık 1 metre olan ve istife düşey olarak ardalanmış seviyeler halindedir. Bentonitlerde kalıntı tuf dokusu korunmuştur. Volkanik kökenli bu killer içinde değişik cins ve boyutta mineral, kayaç kırıntıları da bulunur, ancak taşınmış malzeme içermezler. Denizel kökenli volkano-çökel istifin havza kenarına yakın kesimlerinde, volkanik kökenli kayalar, güneye doğru ise taşınmış malzeme ile organik oluşumlar egemen durumdadır [27].

Havzanın kenar ve kenara yakın kesimlerinde yer yer ince silis bantları, silis yumrulu kil, silisleşmiş kil bantları ile ince katmanlı kireçtaşı ve karbonat çimentolu piroklastik kumtaşı seviyeleri de içeren kalın bir kil-tuf-breş istifi bulunur. İstif altta killeşmiş tuf-breş ile başlar, üste doğru 30 metre kalınlıkta bir kil seviyesi ile devam eder. Üste 2 metre kalınlıkta bir kiltası-sileks yumrulu kireçtaşı-bol organik maddeli kiltası-tuf ardalanmasından sonra 10-15 metre kalınlıkta sert tuf-breşi ile bitmektedir. Taşınmış malzemenin egemen olduğu güney kesimde ise tabanda 15 metrelik killi kömür-kil-kömür-organik maddeli siltli kil ardalanması gelir. Üste doğru istifi oluşturan malzemenin tane boyutu artarak çakıltaşlarına geçer. Bu kırıntılı istif, yer yer kısa süreli volkanik faaliyetlere bağlı ince piroklastik malzeme seviyeleri içermektedir[27].

Bentonit killerin içindeki iri boyutlu malzeme olarak; az çok killeşmiş volkanik kaya kırıntıları, yer yer opaklaşmış 1-2 milimetre boyutunda biyotit ve feldspat kristal kalıntıları ile çatlak dolgusu halinde karbonat ve jips izlenir. İnce boyutlu malzeme (-20 mikron) ise başlıca smektit mineralleri ile az miktarda kristobalittir[27].

Enez bentonitinin oluşumunda, denize yakın kara kesimlerinde faaliyet göstermiş olan andezitik volkanizma ana etkindir. Volkanizma ürünü piroklastik breş ve camslilik tüfler denizel ortama düşerek birikmişler ve hızla ayrışmaya başlamışlardır. Buna karşın volkanik kayaç parçalarında killeşme daha az olduğundan, dayanımlı sert çakıllar halinde kalmıştır. Killeşme, camslı volkanik malzemenin sulu ortamda bozuşması, hidratlaşması ve montmorillonit kristalinin oluşması biçiminde açıklanmaktadır [27].

Kilin içinde kalıntı tuf yapısının oluşu ve taşınmış malzeme olmaması, bentonitin yerinde oluştuğunu göstermektedir. Bentonit oluşumu sırasında silis, bant ve yumrular halinde; feldspatın bozuşması ile serbest kalan Ca ++ iyonları ise yer yer karbonat oluşumları halinde çökelmiştir. Ayrıca ortamdaki kalsiyum iyonları bir yandan bentonitin Ca bentonit tipinde olmasını sağlarken, diğer yandan sülfat ile tepkimeye girerek az miktarda jips oluşumuna neden olmaktadır. Kömür oluşumları ise volkanik faaliyetin durduğu ve ortama taşınan malzeme miktarının artması, havzanın kısmen dolarak bataklık koşullarının gerçekleşmiş olmasıyla açıklanmaktadır. Sayvat Tepe ve Yumrukaya mevkiindeki bazı örneklerin analiz sonuçlarına göre, %70-85 montmorillonit içerdiği belirlenmiştir [27].

Enez'in 3,5 kilometre doğusunda Karataş mevkiinde 1,5 metrelik örtü tabakası altında 5 metreden fazla kalınlıkta, bitkisel yağların ağartılmasına uygun kalitede bir bentonit yatağı bulunmaktadır. Bu yatak Karataş Mevkii-Tilki Tepesi-Yenice Köyü ve Sancak Tepesi arasında yaklaşık 6,5 kilometre karelik bir alana yayılıdır. Muhtemel 56 milyon tonluk rezervin en az üçte biri temiz, kaliteli doğal ağartma toprağıdır[27].

Hisarlı köyü güneyi ve Çavuş köyünün doğusunda, Karakaşan Tepesinin Doğu ve Güneydoğusunda da doğal ağartma toprağı nitelikli kalsiyum bentonit yatakları vardır. Bütün bu bentonit yataklarının toplam faydalı görünür rezervinin 50 milyon ton olduğu belirtilmektedir[27].

Mineral analizleri, Enez bentonitinin illit/simektit katmanlı yapıda olduğunu; kuvars, kalsit ve feldspat safsızlıkları içerdiğini göstermiştir. Optimum ağartma niteliğinin; %30 asit/kil oranında ve HCl ile aktifleştirilmesi halinde gerçekleştiği ifade edilmektedir [27].

3.6.2. Kütahya ve Eskişehir Bentonit Yatakları

Kütahya'nın Başören köyünde bulunan bentonit yatağı, Kütahya-Eskişehir yolunun 23. kilometresinden, 11 kilometre içerideki Sabuncupınar ve buradan da 12 kilometre uzaklıktaki Başören köyünün 1 kilometre kadar yakınında yer alır. Temelde paleozoyik yaşlı metamorfikler, kristalize kireçtaşları ile mesozoyik yaşlı, yer yer serpatinleşmiş bazik, ultrabazik kayalar bulunur. Metamorfikler serisit şist, klorit şist, fillitlerden oluşmaktadır. Mesozoyik yaşlı ultrabaziklerin üzerinde neojen yaşlı kil, marn, kireçtaşı ve değişik bileşimli tuf ve volkanik camdan oluşan bir volkano-çökel istifli bulunmaktadır. Riyolitik ve andezitik bileşimli tuf ve volkanik camlar diğer kırıntılar ile tatlı su göl ortamında birikerek burada yataklanmışlardır. Bölgedeki bentonitin; tüflerden, gölsel ortamda yeraltı ve yerüstü sularının etkisiyle killeşmeler ve kırıklar boyunca hidrotermal ayrışma sonucu oluştuğu ileri sürülmektedir [27].

Büyük bölümünde mangan dendritleri ve sızmaları izlenen Başören bentonit yatağı pembe ve beyaz renkli bentonitlerden oluşur. Yakın çevresinde perlit yüzlekleri de görülen yatak, beyaz riyodasitik pomzalı tüfler ile ignimbritler içinde yer alır[27].

Başören bentonitlerinin DTA ve X ışını kırınımı analiz sonuçlarına göre montmorillonit ve az miktarlarda da kristobalit içerdiği belirlenmiştir. Dış görünüşleri krem, bej renklerde, yumuşak, plastik, sabunsu parlaklıkta olup, pişme rengi beyazdır. Söz konusu beyaz bentonit yatağının genişliği 40-50 metre, uzunluğu 400-500 metre ve kalınlığı 20-30 metre kadar olup görünür+muhtemel rezervi 1 milyon tondur [27].

Eskişehir (Mihalıççık) bentonitleri, açık yeşil-gri renkli killer olarak uzun yıllardan beri yörede temizlik işlerinde kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda Eskişehir yakınlarında, yüksek jel indeksi ve 25 ml/g'lık şişme hacim değerleriyle ilginç özellikler gösteren Na bentonit oluşumları belirlenmiştir [27].

3.6.3. Kalecik-Ankara Bentonit Yatağı

Ankara'nın Kalecik ilçesine bağlı Hançlı Köyü yakınında yaklaşık 4 km uzunlukta ve 250 metre genişlikte bir bentonit-bentonitik kil yüzleği bulunmaktadır. Türkiye'nin en önemli bentonit yataklarından biri olan Hançlı (Kalecik) bentoniti alt pliyosen yaşlıdır. M.T.A.'da yapılan bir çalışmaya göre; temelde olasılıkla Üst

Kretase yaşı ultrabazik kayaların bulunduğu,serpatinleşmiş peridotitlerden oluşmuş temel üzerine aşısız uyumsuz olarak 150-300 metre kalınlıkta alt pliyosen yaşı bir çökel istiflenmenin olduğu, en altta yaklaşık 10 metre kalınlıkta haki renkli diğer bir bentonit seviyesinin yer aldığı ve haki renkli bentonit içinde 0,1-1,5 metre kalınlıklarında bir kumlu seviyenin izlendiği belirtilmektedir. Bentonitik seviye üzerinde 10-30 metre kalınlığında kırmızı-yeşil renklerde ince, kum ara katmanlı bir karışık killi seviyeden sonra en üstte 100-200 metre kalınlıkta marn-yeşil kil aralanmalı bir başka seviye bulunmaktadır[27].

Yeni bir çalışmada ise, bentonitin de içinde yer aldığı istifin tabanının alt kretase yaşı bloklu ofiyolitik kayalar ile üst kretase yaşı kireçtaşı çört ve spilit bloklu koyu yeşil volkanik kırıntı çökellerinden oluştuğu belirtilmektedir. Hisarköy formasyonu olarak adlandırılan bu birim, aşısız uyumsuz olarak tabanında kumtaşı, çamurtaşı ve çamurlu çakıtaşı bulunan üst miyosen-pliyosen(?) yaşı Kumartaş Formasyonu tarafından örtülür. Çoğun kumtaşı, kanal dolgusu çakıtaşı ve çamurtaşı aralanmalı akarsu çökellerinin oluşturduğu Kumartaş Formasyonu üste doğru yeşil-gri bentonitlerle Hançılı Formasyonunu da geçmektedir[27].

Alt bölümü yeşil-gri bentonit ve çamurtaşı-kumtaşından oluşan Hançılı Formasyonu, üste doğru kömür ve çört seviyeleri ile yeşil çamurtaşı marn ve zeolitik katman aralanması göstermektedir. En üst bölümde yer alan dolomitik şeyleri ise uyumlu olarak aynı yaştaki Karakoç Formasyonunun kireçli çakıtaşı ve kumtaşları örter. İstif kuvaterner alüvyon ve seki çökelleriyle sona ermektedir. Hançılı Formasyonunun alt bölümündeki bentonit seviyesi içinde yer yer 4-10 cm kalınlıkta sileks plaketi bulunur[27].

Hançılı bentonitinin oluşumunda ana malzeme, ofiyolitik seviyeler üzerindeki volkanik tüflerdir. Aşınıp yakındaki göl havzasına taşınan volkanik tüfler magnezyumlu suların etkisiyle yada kendi bünyelerindeki Mg ile ayrışarak bentonit oluşmasını sağlamışlardır[27].

Hançılı bentonitlerinin oluşumu konusunda bir diğer görüşe göre ise, neojen litik tüflerinin; yeşil kayalardan gelen yüksek pH'lı, Mg'lu suların etkisiyle ayrışmasıdır. Bentonitleşen litik tüfler, daha sonra kuzeyden gelen tektonik bindirmelerin yol açtığı heyelanlarla havzanın çukur kesimlerine taşınarak göllerde yataklanmışlardır.

Yatakta mercekli kumlu seviyeler akıntılarla havzaya taşınmış ve üst seviyelerdeki jips parçaları ise Çankırı havzasından taşınmıştır[27].

Son yıllarda yapılmış araştırmalar bentonitin, oluştuktan sonra tuzlu-bazik bir göle taşınıp çökmesiyle biriktiğini vurgulamaktadır. Özellikle volkanik cam iğneciklerinin ve zeolitlerin bulunmayışı, yuvarlaklaşmış kuvars ve feldspat taneleri bu görüşü desteklemektedir [27].

Hançılı bentonit yatağında kalite ve rezerv bakımından döküm ve palet kalite bentonitler olarak üç önemli bölge bulunmaktadır:

- Birinci bölge, Bağlarbaşı Tepesi'nin yaklaşık 400 metre güneydoğusunda,
- İkinci bölge, Karabayır Tepesi'nin 2,5 km kuzeydoğusunda,
- Üçüncü bölge, Türbebaşı Tepesi'nin 400 metre güneydoğusunda yer almaktadır.

Her üç bölgede de sondaj bentoniti nitelikli 0,5-1 metre kalınlıkta bir veya iki seviye bulunur. Bunun dışında doğal ve aktive edilerek ağartma toprağı kalitesinde kullanıma uygundur. Bölgede; 18 milyon ton görünür, 19 milyon ton muhtemel ve 38 milyon ton mümkün olmak üzere 75 milyon ton rezerv bildirilmektedir[27].

3.6.4. Çankırı Bentonit Yatakları

Çankırı bentonitleri başlıca Eldivan, Kurşunlu, Ilgaz ve Çerkeş ilçeleri yakınlarında toplanmıştır.

Eldivan Bentonitleri:

İlçenin güneyindeki Küçük ve Büyük Hacıbey köyleri çevresinde temelde olasılıkla kretase yaşlı ofiyolitler içinde, bentonitlerinde yer aldığı Büyük ve Küçük Hacıbey formasyonu "bentonitik seri" olarak da anılmaktadır. Bentonitik serinin alt bölümü kumlu ve kireçli bentonitler içeren silttaşı, çakmaktaşı, şeyl ve kireçtaşı ile kumtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. 200 metre kalınlıktaki alt bölüm üzerinde 80-150 metre kalınlıkta gri-yeşil şeyl, kiltası ve bentonit bulunmaktadır. Üst kretase olarak düşünülen "bentonitik serinin", 40 metre kalınlığındaki kireçtaşı, ofiyolit çakıllı bir miyosen taban çakıltaşıyla örtülü olduğu ve bentonik seriyi uyumsuz olarak kısmen örten miyosen, jipsli çökel birimlerinin bulunduğu ifade edilmektedir. Ofiyolitli

karışığın üzerinde uyumsuz olarak yer alan tersiyer çökeller, daha sonra bir itki fayı ile ofiyolitli karışığın altında kalmışlardır[27].

Bentonitlerde izlenen gerek bitki içerikleri, gerek magnezyum ve demirce zengin montmorillonitler ile jips kristalleri; oluşumun alkali gösel ortamda geliştiğini göstermektedir. Pirit ve karışık katmanlı illit, montmorillonit varlığı da bentonitin erken diyajenez geçirdiğini belirtmektedir [27].

Sodyum bentonit kalitesinde olan Büyük ve Küçük Hacıbey bentonitinin veriminin, 100-120 Bbl/short ton, filtre kaybının ise 10-20 ml olduğu, şişme oranının 4,6-7,0 arasında, 325 mesh elek altının %96-99 oranında olduğu ve X-Ray ve DTA sonuçlarına göre montmorillonit ve çok az serbest silis ve kuvars içerdiği belirlenmiştir. Bölgedeki bentonitler için, 4,5 milyon ton görünür + muhtemel rezerv verilmektedir [27].

Kurşunlu Bentonitleri:

Kurşunlu yöresindeki tersiyer andezitik tüfler, plio-kuvaterner yaşlı çökeller tarafından açısız uyumsuzluk olarak örtülmüştür. Andezitik tüfler içinde yer yer cepler halinde oluşmuş bentonit yatakları bulunmaktadır. Bentonitli tersiyer andezitik tüfler üzerine, pliokuvaterner gevşek marn, kaba kumtaşı, yumuşak siltli killer gelmiştir[27].

Bu bölgedeki bentonitin oluşumu, meteorik ayrışma ile açıklanmaktadır. Yaklaşık rezervi 300 bin ton olarak verilen söz konusu bentonitler sondaj ve dökümde kullanılabilir niteliktedir [27].

Ilgaz Bentonitleri:

Tersiyer andezitik volkanit tüfleri içinde yer yer merccekler halinde bentonit yatakları görülür. Bu oluşumlarda etken meteorik koşullardır. Ilgaz bentonit yataklarının görünür + muhtemel rezervi 200 bin ton olup yer yer çok iyi kaliteli bentonit içerirler. Sondaj ve dökümde kullanılabilirler[27].

Çerkeş Bentonitleri:

Çerkeş yöresinde temeldeki kretase yaşlı kireçtaşlarının üzerinde aşısız uyumsuz olarak tersiyer volkanitleri bulunur. Bölgedeki bentonit oluşumu; meteorik suların, volkanitleri yer yer ayrıştırmasıyla açıklanmıştır. Çerkeş bentonitlerinin görünür + muhtemel rezervinin 96 bin ton olduğu belirtilmektedir [27].

3.6.5. Reşadiye-Tokat Bentonit Yatağı

Kelkit vadisi boyunca kuzey kesimde çok sayıda bentonit oluşumu görülür. Bunların başlıcaları; Niksar, Bereketli ve Reşadiye bentonitleridir. Halen işletilmekte olan ve Türkiye'nin sondaj bentoniti olarak isim yapmış olan Reşadiye bentonitidir. Reşadiye bentoniti Na ve Na-Ca tipi bir bentonit olup sondaj, döküm ve peletlemede kullanılacak niteliktedir[27].

Reşadiye yöresinde en altta üst jura-alt kretase yaşlı Zinav kireçtaşı bulunmaktadır. Beyaz, mikritik kireçtaşının üzerinde uyumsuz olarak üst kretase yaşlı mesudiye formasyonu yer alır. Mesudiye formasyonu kırmızı killi kireçtaşı, kristal-litik tuf, andezitikdasitik lav akıntıları, silisleşmiş tüfit, bentonit ve killi kireçtaşı ardalanması biçimindedir. Bu birim yanal ve düşey olarak gri marn, kiltası, tuf ve türbiditik kireçtaşı ardalanmasından oluşan Reşadiye formasyonuna geçer. Reşadiye formasyonunun da içinde yer yer bentonitleşmeler görülmektedir. Bu formasyonlar uyumsuz olarak eosen kırıntılı kireçtaşı ve çakıltaşlarıyla örtülüdür. Daha sonra bütün birimler plio-kuvaterner bazalt volkanizmasıyla kesilmiş, yer yer curuf ve lavlarla örtülmüştür [27].

Bu bölgede yapılan bir çalışmada; Globotruncana ve Heterohelix'li kırmızı biyomikrit ve kalsitürbiditlerle temsil edilen türniyen-alt kampaniyen yaşlı Kızıltepe formasyonunun üzerine Reşadiye'nin kuzeyinde Kapaklı formasyonunun geldiği, bu formasyonun ise bol Ammonit ve Inoceramus'lu biyomikrit, piroklastik kumtaşı, kırıntılı kireçtaşı, lav ve tuf ardalanmalarından oluştuğu belirtilmektedir. Üst kampaniyen-alt mestrihtiyen yaşlı bu formasyon içinde, ara seviyeler halinde zengin bentonit yatakları yer almaktadır. Aynı çalışmada tanımlanmış bir kesitte bentonitin konumu alttan üste aşağıdaki gibi özetlenebilir[27].

- Mor renkli trakiandezitik tuf ve kumlu kiltası,

- Gri, mor, yeşil, kırmızı andezitik, dasitik, trakiandezitik tüfler,
- Bentonit,
- Düzgün, ince katmanlı alacalı biyomikrit-bentonit ardalanması.

3.6.6. Ünye, Fatsa-Ordu Bentonit Yatakları

Türkiyenin en önemli beyaz bentonit yatakları Ordu'nun Ünye-Fatsa ilçeleri arasında bulunur. Söz konusu yataklar başlıca Tavkutlu-Gölcüğe ve Keşköy-Emineli-Ahizetli yörelerinde toplanmıştır[27].

Bentonit sahalarının tabanında saçılmış pirit içerikli üst kretase riyodasitleri bulunur. Riyodasitlerin üzerinde andezitik tuf arakatl riyodasitik tuf breşi ve onun da üzerinde dasitik tuf mercikleri içeren beyaz bentonitler yer almaktadır. Bentonitlerin üzerinde alt bentonitleşmiş dasitik tüfler bulunmaktadır. İstif üste doğru yine üst kretase yaşlı kireçtaşı, karbonatlı, mikrofosilli tüfit ve üst bölümleri dasitik tuf bloklu andezit aglomera ve tüfleriyle devam eder. Kireçtaşı ve aglomera tüfler, tersiyer trakiandezit ve bazalt çıkışlarla kesilmiştir. İstif, tersiyer denizel seki örtüsüyle son bulmaktadır[27].

Dasitik tüflerin altında yaygın olarak bulunan bentonitler kırk elli metre arasında değişen kalınlıklardadır. Bentonit kendi içinde dasitik tuf ve breşlerle ardalanır.

Tavkutlu-Gölcüğe ve Kavaklar mahallesi bentonit yatakları, temiz, beyaz, kirli beyaz, yer yer pembe lekeli bentonitlerden oluşmaktadır. Seramik hammaddesi olarak kullanılabilir ve 800.000 ton mümkün rezerve sahiptir[27].

Keşköy-Ahizetli-Emineli yöresi yataklarında kirli beyaz, yeşilimsi bentonitler, 1-10 cm arasında değişen yeşil-gri ayrıışmış safsızlıklar içerir. Bu bentonitler de seramik hammaddesi olarak kullanılabilir nitelikte ve 1 milyon ton mümkün rezerve sahip yöre bentonitleri üzerinde, son yıllarda yağların ağartılması, detarjan yapımı ve kağıt saniyiinde kullanılabilirliği araştırılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Diğer bir beyaz bentonit yatağı Ünye-İnkur Belediyesi Ca bentonit yatağı olup, Ünye-Tekiray-Niksar yolunun 13. km'de İncirli Ocağı ile Uğurlu dere arasında doğu-batı doğrultusunda 5 km. boyunca uzanır. Ünye ve Fatsa bentonitlerinin yağ arıtma ve kağıt saniyiinde kullanıma uygun olduğu; beyazlık derecesinin %90,5, aşındırma değerinin 22,8 miligram, 270 mesh elek üstü oranının %13,6 olduğu belirlenmiştir.

Ünye ve Fatsa bentonitlerinin 50 milyon tondan fazla rezerve sahip olduğu belirtilmektedir[27].

3.6.7. Diğer Bentonit Yatakları

Malatya-Elazığ yöresi bentonitleri yer yer büyük rezervlere sahip olmalarına karşın, yağların ağartılmasında ve bölgede yalnız iki bentonit yatağının ise soda ile aktive edilmesinden sonra peletlemede kullanılabilir niteliklere sahip olduğu bilinmektedir[27].

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Trabzon-Arsın, Giresun-Tirebolu; İç Anadolu'da Konya yörelerinde de ağartma toprağı nitelikli bentonit yataklarının varlığı bilinmektedir[27].

Ülkemizde saptanmış bentonit yatakları için yapılmış bir envanter çalışmasına göre 48 adet işletme ruhsatlı saha, iller bazında, ruhsatlı alanların yeri ve ruhsat numaraları ile Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Türkiye Bentonit Yatakları Ruhsatları

Sıra	İli	İlçesi	Ruhsat Sahibi	İR
1	Ankara	Kızılcahamam	Reşat Boğaz	1798
2	Ankara	Kalecik	Çankırın Bentonit San. Tic. A.Ş.	2183
3	Ankara	Ayaş	Çanbensan Bentonit San. Tic. A.Ş.	5866
4	Balıkesir	Savaştepe	Marmara Concord Mad. San. Tic. A.Ş.	4241
5	Balıkesir	Sındırgı	Madak Mad.Akt.End.Tic.A.Ş.	1788
6	Balıkesir	Merkez	Marmara Concord Mad. San. Tic. A.Ş.	4253
7	Balıkesir	Bigadiç	Marmara Concord Mad. San. Tic. A.Ş.	5271
8	Balıkesir	Bigadiç	Yılmaz Turan	3557
9	Balıkesir	Kepsut	Turan Maden Tic.Ltd.Şti.	1860
10	Bursa	İznik	İhsan Yördem	3817
11	Çanakkale	Merkez	Ali Doğan Koç	3180
12	Çankırın	Kurşunlu	S.S. Beşpınar Mah.Ür.Tü.Pz.Koop.	5988
13	Çankırın	Kurşunlu	Yusuf Kenan Alpay	3622
14	Çankırın	Kurşunlu	Lütfü Gökmenoğlu	1765
15	Çankırın	Eldivan	Karaca Bentonit San. Tic. A.Ş.	3084
16	Çankırın	Eldivan	Hasan Kıvrak	3432
17	Çankırın	İlgaz	Filiz Maden San. Tic. Ltd.Şti.	2203
18	Çankırın	Eldivan	Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş.	381
19	Çankırın	Şabanözü	Aydın Kargı	3881
20	Çankırın	Kurşunlu	Ceylan Bentonit San. Tic. Ltd.Şti.	2797
21	Çankırın	Kurşunlu	Yaşar Özen	5035

Sıra	İli	İlçesi	Ruhsat Sahibi	IR
22	Çorum	Sungurlu	Anadolu Bentonit San. Tic. Ltd.Şti.	3376
23	Çorum	İskilip	Adnan Kargı	3885
24	İstanbul	Silivri	Ziya Karahan	6146
25	İstanbul	Sarıyer	M.Sedat Özsoy	2430
26	İstanbul	Çatalca	Sömaş Mad.İnş.San. Tic. A.Ş.	3449
27	İzmir	Bornova	Batiçim San.A.Ş.	3661
28	İzmir	Bornova	Batiçim San.A.Ş.	3643
29	Kütahya	Merkez	Doğa Madencilik San. Tic. A.Ş.	5993
30	Kütahya	Merkez	Doğa Madencilik San. Tic. A.Ş.	3404
31	Kütahya	Merkez	Doğa Madencilik San. Tic. A.Ş.	5893
32	Manisa	Turgutlu	Çiftçi Mad.İnş.San.Tic.Ltd.Şti.	6157
33	Manisa	Kula	Polat Maden San.Tic.A.O.	3796
34	Ordu	Merkez	Kayaç Dış Tic.A.Ş.	4590
35	Ordu	Ünye	Şakir Cemal Uygun	4742
36	Ordu	Ünye	Kayaç Dış Tic.A.Ş.	1591
37	Ordu	Ünye	Ahmet Güzeldal	4215
38	Ordu	Ünye	Bentonar Bentonit San. Tic. A.Ş.	3012
39	Ordu	Fatsa	Kayaç Dış Tic.A.Ş.	1335
40	Ordu	Merkez	Kayaç Dış Tic.A.Ş.	5826
41	Ordu	Ünye	Barit Maden Türk A.Ş.	4116
42	Ordu	Fatsa	Barit Maden Türk A.Ş.	4115
43	Tokat	Reşadiye	Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş.	3113
44	Tokat	Reşadiye	Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş.	3158
45	Tokat	Reşadiye	Samaş San.Mad.A.Ş.	2377
46	Tokat	Reşadiye	Şahin San.Tic.Paz.Ltd.Şti.	4172
47	Tokat	Reşadiye	Karakaya Bentonit San. Tic. A.Ş.	3794
48	Uşak	Ulubey	Yüksel Demirkol	3305

4. BÜYÜKKİLİÇLİ BENTONİTİNİN ÖZELLİKLERİ, DÖKÜM VE SONDAJ SANAYİ AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Bölüm 3'te de ayrıntılı olarak belirtildiği gibi bentonitin yaklaşık binin üzerinde kullanım alanı bulunmaktadır. Bu bölümde Büyükkılıçlı bentonitinin özellikleri laboratuvar deneyleriyle ayrıntılı olarak araştırılmış, sonuçlar döküm ve sondaj sanayi açısından irdelenmiştir. Laboratuvar deneyleri TSE ve API norm ilkelerine göre yapılmıştır.

Deney için laboratuvara getirilen örnekler, arazide jeolojik verilerden hareketle sistematik olarak açılan yaklaşık 4,5m. derinlikteki 7 adet araştırma çukurundan alınmıştır. Derinliğin fonksiyonu olarak oluk örnekleme yoluyla yarmalardan, istifi karakterize edecek şekilde alınan numuneler yerinde paylanarak homojenleştirilmiş ve olabildiğince doğal karışımın sağlanmasına çalışılmıştır.

4.1. Bentonitin Döküm Sanayi Yönünden Özelliklerinin İrdelenmesi

Döküm bentoniti için TSE 5360'ta; kimyasal analiz, pH değeri, seri kireç miktarı, montmorillonit miktarı, kızdırma kaybı, tane büyüklüğü analizi, nem miktarı, likit limit değeri, sinterleşme, jelleşme katsayısı, kolloidal özellik, suda şişme, termal durabilite, yaş mukavemet, kuru mukavemet ve gaz geçirgenliği olarak belirtilen özelliklerin araştırılması ön görülmektedir. Bu deneyler laboratuvarında ayrıntılı olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar izleyen alt bölümlerde sunulmuştur.

4.1.1. Kimyasal Özellikler

4.1.1.1. Kimyasal Analiz

Yedi ayrı noktadan alınan bentonit örneklerinin SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O bileşenleri laboratuvarında analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.1'de sunulmuştur. Döküm sanayinde kullanılan bentonitlerde kızdırma kaybı, SiO_2 ,

4.1.1. Kimyasal Özellikler

4.1.1.1. Kimyasal Analiz

Yedi ayrı noktadan alınan bentonit örneklerinin SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O bileşenleri laboratuvarında analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.1'de sunulmuştur. Döküm sanayinde kullanılan bentonitlerde kızdırma kaybı, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 bileşenleri ile $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ oranı önemlidir (Tablo 4.2). Her ne kadar döküm bentonitlerinde kimyasal bileşimden daha çok fiziksel özellikler ön planda tutulsa da; fiziksel özelliklerinin az önce tekrarlanan kimyasal bileşenlere doğrudan bağımlı olduğuda bilinmektedir.

Kimyasal analiz tablosundan da görüleceği gibi, 4-2 ve 7 No'lu örneklerde serbest CaCO_3 oranının yüksek olması nedeniyle kızdırma zayıatları yüksek çıkmıştır. Yeraltısuyunun bentonit içindeki kılcal çatlaklar boyunca dolaşımı sonucu ikincil olarak biriken CaCO_3 tortusu yüzünden artan kızdırma kaybı değerleri daha çok eğimin yüksek olduğu kesimlerde izlenmektedir.

Tablo 4.1. Büyükkılıçlı Bentonitlerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

%	1	2	3	4-1	4-2	5-1	5-2	6	7
KK *	9,17	6,77	8,67	6,70	25,21	7,98	6,40	5,41	14,30
$\text{SiO}_2 \rightarrow$ ↘ ₂	57,60	62,98	64,46	66,27	31,24	63,84	58,09	59,55	47,18
Al_2O_3 ↘ ₃	18,27	17,02	14,96	17,18	6,63	16,38	18,53	19,15	14,71
TiO_2 ↘ ₁	0,69	0,52	0,39	0,41	0,45	0,48	0,79	0,68	0,63
Fe_2O_3 ↘	6,19	3,46	3,70	2,46	3,22	2,69	7,37	6,22	5,71
CAO	2,00	3,14	2,46	2,13	29,55	2,60	1,64	2,40	12,77
MgO	3,30	3,10	3,06	2,65	1,65	3,60	2,72	2,10	1,70
Na ₂ O ↓	0,49	1,89	0,69	0,46	0,61	0,99	0,34	1,75	0,78
K ₂ O ↓	1,83	1,29	1,17	1,00	1,00	1,09	1,80	2,17	1,78
$(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{CaO}$ ↓ ↓	1,16	1,01	0,76	0,69	0,05	0,80	1,30	1,63	0,20

Fe₂O₃ , MgO, TiO₂ bileşenleri ile (Na₂O + K₂O)/CaO oranı önemlidir (Tablo 4.2). Her ne kadar döküm bentonitlerinde kimyasal bileşimden daha çok fiziksel özellikleri ön planda tutulsa da; fiziksel özelliklerinin az önce tekrarlanan kimyasal bileşenlere doğrudan bağımlı olduğunda bilinmektedir.

Kimyasal analiz tablosundan da görüleceği gibi, 4-2 ve 7 No'lu örneklerde serbest CaCO₃ oranının yüksek olması nedeniyle kızdırma zayıfları yüksek çıkmıştır. Yeraltısuyunun bentonit içindeki kılcal çatlaklar boyunca dolaşımı sonucu ikincil olarak biriken CaCO₃ tortusu yüzünden artan kızdırma kaybı değerleri, daha çok eğimin yüksek olduğu kesimlerde izlenmektedir.

Tablo 4.1. Büyüklüklü Bentonitlerinin Kimyasal Analizleri

%	1	2	3	4-1	4-2	5-1	5-2	6	7
KK *	9,17	6,77	8,67	6,70	25,21	7,98	6,40	5,41	14,30
SiO ₂	57,60	62,98	64,46	66,27	31,24	63,84	58,09	59,55	47,18
Al ₂ O ₃	18,27	17,02	14,96	17,18	6,63	16,38	18,53	19,15	14,71
TiO ₂	0,69	0,52	0,39	0,41	0,45	0,48	0,79	0,68	0,63
Fe ₂ O ₃	6,19	3,46	3,70	2,46	3,22	2,69	7,37	6,22	5,71
CaO	2,00	3,14	2,46	2,13	29,55	2,60	1,64	2,40	12,77
MgO	3,30	3,10	3,06	2,65	1,65	3,60	2,72	2,10	1,70
Na ₂ O	0,49	1,89	0,69	0,46	0,61	0,99	0,34	1,75	0,78
K ₂ O	1,83	1,29	1,17	1,00	1,00	1,09	1,80	2,17	1,78
(Na ₂ O + K ₂ O)/CaO	1,16	1,01	0,76	0,69	0,05	0,80	1,30	1,63	0,20

Tablo 4.2. Döküm Bentoniti Bileşim Sınırları

Bileşenler	% En az (Ağırlıkça)	% En çok (Ağırlıkça)
SiO ₂	58	68
Al ₂ O ₃	18	25
Fe ₂ O ₃ +FeO	-	6
MgO	-	4,5
TiO ₂	0,2	0,8
(Na ₂ O+K ₂ O)/CaO	1	-
Kızdırma Kaybı	-	6,5

Tablo 4.1’de verilen kimyasal analiz sonuçlarının TSE 5360’ta kimyasal bileşenler açısından öngörülen sınır değerlerle karşılaştırılması halinde (Tablo 4.2), 2, 5-2 ve 6 No’lu örnekler lokasyonunun döküm bentoniti açısından uygun olduğu anlaşılmaktadır.

4.1.1.2. Seri Kireç Tayini

TSE 5360’ta 0,5 N HCl asit çözeltisi altında tepkime göstermeyen bentonitlerin kireç içeriği yönünden döküme uygun olduğu varsayılmaktadır. Laboratuvarında test edilen örnekler üzerinde bu deney yapılmış ve kimyasal reaksiyon göstermemiştir. Diğer bir ifade ile yöre bentoniti kireç içeriği yönünden standarda uygundur.

4.1.1.3. pH Tayini

TS-5360’a göre pH değerlerinin 8-10,5 arasında kalması gerekmektedir. BU amaçla, 2 gr. bentonit numunesi 100 ml. suda çözülmüş ve cam elektrodlu pH metre kullanarak ölçüm yapılmıştır. Doğal bentonitin pH değeri 9,2 olarak tespit edilmiştir. pH tayinleri şişme deneyleri ile birlikte sürdürülmüş olup, katılan her katkı maddesi(soda) oranı için ayrıca ölçüm yapılmış ve elde edilen sonuçlar 4.1.3.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1.2. Mineralojik Özellikler

Büyükölçümlü yöresi bentonitlerinin mineralojik analizi, XRD ve DTA ölçümleri yoluyla yapılmıştır. Grafikler yardımıyla bentonit örneklerinin montmorillonit içeriği ve diğer eşlikçi mineral türleri saptanmıştır.

Ek 1’de verilmiş olan X-ışınları ve Ek 2’de verilmiş olan D.T.A grafikleri ve kimyasal analizler de gözönünde bulundurularak, sözkonusu 9 numunenin homojen olmayan termal bir davranış gösterdiği anlaşılmaktadır. Gerek endotermik/eksotermik reaksiyon ısıları; gerek ağırlık kayıpları açısından (DTA ve TG eğrileri açısından) bu durum gözlenmektedir.

Bu genel yapı çerçevesinde DTA ve TG eğrileri baz alınarak, bölge bentonitlerinin dört ayrı grupta toplandığı görülmektedir. Bu gruplar aşağıda sıralanmıştır;

- a) 1 ve 5-2 No'lu numuneler
- b) 5-1,4-1 ve 2 No'lu numuneler
- c) 6 ve 3 No'lu numuneler
- d) 4-2 ve 7 No'lu numuneler

- a) 1, 5-2 No'lu numuneler;

Bu numuneler üç ana noktada endotermik pik yapmakta ve tek bir eksotermik pik ile termal davranışını tamamlamaktadır. Pik sıcaklıkları yaklaşık değerlerdir. Ağırlık kayıpları %15 farklılık vermektedir. Kimyasal yönden $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranlarında da aynı benzerlik dikkati çekmektedir ($\leq\%10$).

Bu numuneler çok yüksek miktarda semektit(montmorillonit tip) kil minerali içerirler. Montmorillonit oranı %75'in üzerindedir. Öte yandan örnekler belirgin bir volkanik cam içermektedir. Ayrıca bu örneklerde (kuvars, illit, kaolinit ve kristobalit) olarak verilen diğer minarallerde çok düşük orandadır. Kristobalit ve kuvars minerallerinin oranı diğerlerine göre göreceli olarak daha da yüksektir.

- b) 5-1, 4-1 ve 2 No'lu numuneler;

Bu numuneler aşamalı bir termal davranış ve aşamalı bir ΔH (entalpi) gelişimi gösterirler. 5-1 No'lu numuneden 2 No'lu numuneye doğru hem endotermik, hem eksotermik pik alanları azalır; hem de pik karakterleri(spoor) düzlemsel(yarı belirgin) bir özellik kazanır. İlk endotermik pik iki aşamalı özelliğini bir tek pik özelliğine dönüştürür;676-662 °C aralığında gözlenen endotermik pik daralır. 1000°C civarındaki eksotermik pik ise kaybolur. Ağırlık kaybı ise yaklaşık %10.15 düzeyinden %9.31 dolaylarına düşer. Bu farklılık kimyasal açıdan da gözlenir. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranı 3.887; 3.857; 3.700 sırasını izler. Mineralojik yönden de XRD piksel dağılımlığı artar, daha heterojen veriler gözlenir. Montmorillonit miktarında 5-1 için %75 üstü, 4-1 için %60-70, 2 No'lu numune için %70-75 civarındadır.

- c) 6 ve 3 No'lu numuneler;

Bu iki numunenin termal davranışları diğerlerine oranla daha da karmaşıktır. Ana (dehidrasyon) pik dışında dekompozisyona yönelik piklerde tekil termal davranışlar görülmez. Oldukça yumuşak endotermik pikler ve omuz(shoulder)

formlar izlenir. Bu durum genellikle saflıkları düşük, empürinteleri yoğun malzemelerde gözlenir. Ağırlık kayıplarındaki düzensizlik te (%12.45-7.16) bunu doğrulamaktadır. Kimyasal yönden ise bu durum daha da net gözlenmektedir. SiO_2/Al_2O_3 düzeyleri (4.308-3.114) aralığındadır. Mineralojik açıdan parajenez farklı oranlarda görülür. Montmorillonit miktarı 6 No'lu numune için oldukça düşük (%50), 3 No'lu numunede daha yüksektir (%60-70). Bu örnekler çok düşük oranda kuvars ve feldspat, belirgin oranda da volkanik cam içermektedir.

d) 4-2 ve 7 No'lu numuneler;

Bu iki numune diğer tüm numunelerden farklı bir nitelik sergiler. Diğer yedi numunede gözlenen (3 ana pik) pikler ve bunların omuz formları 4-2'de hemen hiç gözlenmez. Yaklaşık 800°C'ye dek çok düşük ΔH (entalpi) değişimi gösteren termal davranış %23.84 düzeyinde oldukça yüksek bir entalpi ile dekompoze olur. Diğer numune ise 750°C'de benzer, ancak daha düşük, ama önemli bir endotermik reaksiyon gösterir. Bu 7 No'lu numunede, diğer örneklerde gözlenen ilk iki endotermik pik daha yayvan(geniş) olarak gözlenir. Bu önemli fark (800°C lerdeki endotermik pik) kimyasal açıdan çok yüksek oranda Kızdırma kaybı(KK) (olasılıkla yüksek $CaCO_3$ varlığı) ile ilişkili görülmektedir. SiO_2/AlO_3 oranları da oldukça değişkendir(3.207-4.711). Montmorillonit miktarları çok çok düşüktür.

TS-5360'a göre, döküm bentoniti için, montmorillonit içeriğinin %75'ten az olmaması istenir. Buna göre 2, 5-1 ve 5-2 no'lu numuneler montmorillonit bileşimi yönünden standarda uygun gözükmemektedir.

4.1.3. Fiziksel Özellikler

Bu bölümde bentonitin fiziksel özelliklerine yer verilmiştir. Araştırılan başlıca fiziksel özellikler; suda şişme,jelleşme, koloidal yetenek, sinterleşme, likit limit, gaz geçirgenliği, nem oranı ve tane boyutu dağılımı analizleridir. Bu deneyler doğal bentonit örneklerine paralel olarak, iyon değişimi yoluyla dışarıdan Na transferi gerçekleştirilen modifiye bentonit örnekleri üzerinde de yapılmıştır. Bu deneylerden nem oranı ve tane boyutu dağılımına 4.2 "Bentonitin Sondaj Sanayi Yönünden Özelliklerinin İncelenmesi" bölümünde yer verilmiştir. Belirtilen diğer deneyler ise bu bölümde açıklanmıştır.

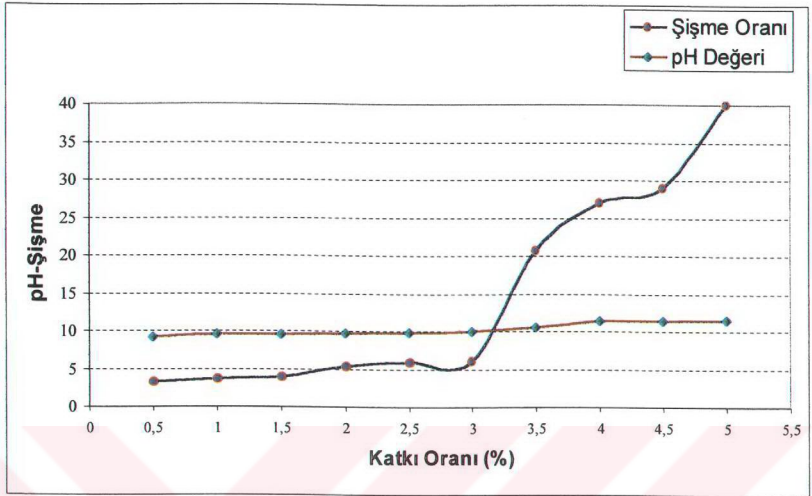
4.1.3.1 Suda Şişme

Bentonitin bünyesine fiziki olarak su alması ve kristal yapısının c ekseninde istikametinde genişlemesine şişme denmektedir. TSE 5360'a göre, 1,4 gr. doğal bentonit numunesi ölçülü kaba konarak, serbest hacmi (2 ml.) tespit edilmiştir. Daha sonra bu numune 100 ml. suya ilave edilerek manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve 72 saat beklemeye bırakılmıştır. Bekleme süresi sonundaki hacmi 6,4 ml. olarak belirlenmiştir. Şişme oranı, bu değer serbest hacme bölünmesi ile 3,2 bulunmuştur. Bu değer TS-5360'a göre en az 3, en çok 4 olmalıdır. Doğal bentonit için şişme oranı bu aralığa düşmesine rağmen, plastiklik çok az olduğundan, değişik oranlarda katkı maddesi olarak soda (Na_2CO_3) kullanılarak ölçümler tekrarlanmıştır. 4.1.1.3'te de belirtildiği gibi tüm şişme deneyleri, pH ölçümleriyle birlikte sürdürülmüş ve tüm grafiklerde şişme oranının 3 ile 4 arasında kalması ve pH değerinin 8 ile 10,5 arasında olma gerekliliği gözönünde bulundurulmuştur.

Öncelikle, katkı oranları %1'den başlayıp 0,5 arttırılarak %5'e kadar yükseltilmiştir. Bu numuneler üzerinde şişme deneyleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.3'te ve Şekil 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.3. Katkı Oranlarına Karşılık Ölçülen pH Değeri-Şişme Oranları(%1-5 aralığı)

Katkı Oranı (%)	Şişme Oranı	PH Değeri
0(Doğal)	3,20	9,20
1	3,70	9,52
1,5	4,00	9,55
2	5,40	9,65
2,5	5,90	9,85
3	6,10	9,95
3,5	20,71	10,50
4	27,00	44,40
4,5	29,00	11,40
5	40,00	11,50



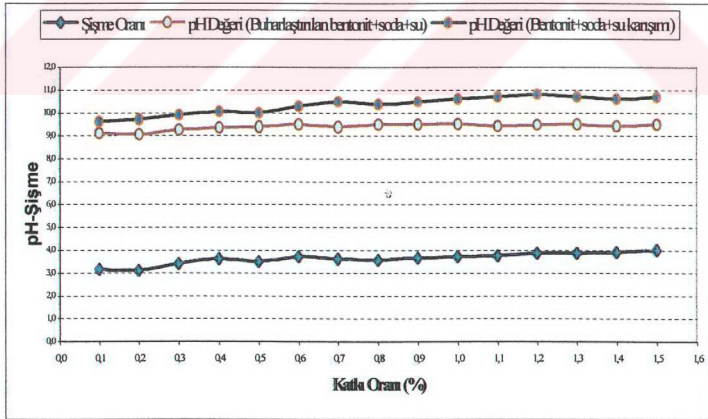
Şekil 4.1. pH-Şişme Grafiği (%1-5 Katkı Oranı Aralığı)

Şekil 4.1'den de görüldüğü gibi; TSE 5360'ta belirtilen 3-4 oranındaki şişme değerine, yine aynı standartta tekrarlanan 8-10,5 pH aralığında %0,1-1,5 Na_2CO_3 katkısıyla ulaşılmıştır. Şekildende görüldüğü gibi katkı oranı arttıkça pH değerinde düşük, şişme oranında ise yüksek bir artış söz konusudur. Şişme deney sonuçları bentonit içine eklenen farklı oranlardaki katkı maddesinin su ile karıştırılmasını izleyen 72 saat sonundaki verileri yansıtmaktadır.

Katkı maddesinin homojen dağılımını sağlamak, sıcaklığın şişme ve pH üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla katkı oranı %0,1'den % 1,5'e kadar değişen 15 adet örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler su ile karıştırıldıktan sonra buharlaştırılmaya terk edilmiş ve yeniden öğütülmüştür. Daha sonra bu örneklerden yararlanılarak şişme oranı ve pH ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.4 ve Şekil 4.2'de görülmektedir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı gibi suda şişmeye terk edilen örneklerle, buharlaşma sonucu hazırlanan örneklerin şişme değerleri oranında herhangi bir fark oluşmamıştır. Benzer şekilde bu iki ayrı örnek grubunda pH değerleri de ölçülmüştür. Tablo 4.4 ve Şekil 4.2'den açıkça görüleceği gibi CO_2 'in ortamdan uzaklaşması nedeniyle buharlaştırılan örneklerin pH değerlerinde diğerlerine göre belirgin bir azalma oluşmuştur.

Tablo 4.4. Katkı Oranlarına Karşılık Ölçülen pH Değerleri ve Şişme Oranları (%01,-1,5 aralığı)

Katkı Oranı(%)	Şişme Oranı	pH Değeri (Buharlaştırılan bentonit+soda+su)	pH Değeri (Bentonit +soda+su karışımı)
0,1	3,15	9,10	9,60
0,2	3,10	9,05	9,70
0,3	3,40	9,25	9,90
0,4	3,60	9,35	10,05
0,5	3,50	9,40	10,00
0,6	3,70	9,50	10,30
0,7	3,60	9,38	10,50
0,8	3,55	9,50	10,40
0,9	3,65	9,50	10,50
1,0	3,70	9,52	10,60
1,1	3,75	9,42	10,70
1,2	3,85	9,47	10,80
1,3	3,85	9,49	10,70
1,4	3,90	9,42	10,60
1,5	4,00	9,50	10,70



Şekil 4.2. pH-Şişme Grafiği(%0,1-1,5 katkı oranı aralığı)

4.1.3.2. Jelleşme Katsayısı Tayini

Jelleşme katsayısı tayini için, Şekil 4.1 dikkate alınarak üç değişik katkı oranı(%0,5, 0,7 ve 1,0) ile deney kurulmuştur. Hazırlanan numunelerden 0,1 er gr. aralıklarla 0,5-0,6- 0,7- 0,8-0,9-1,0 gr. bentonit tartularak ölçülü cam tüplere konmuş ve her bir tüpe 10ml. saf su eklenerek iyice karıştırılmıştır. 24 saat beklenip, deney tüpleri 45° çevrilerek içindeki sıvının akma süresi 1 dakikadan fazla süren ilk tüpteki bentonitin gr. olarak miktarı tespit edilmiştir. Jelleşme katsayısı aşağıdaki bağıntı yardımıyla bulunmuştur.

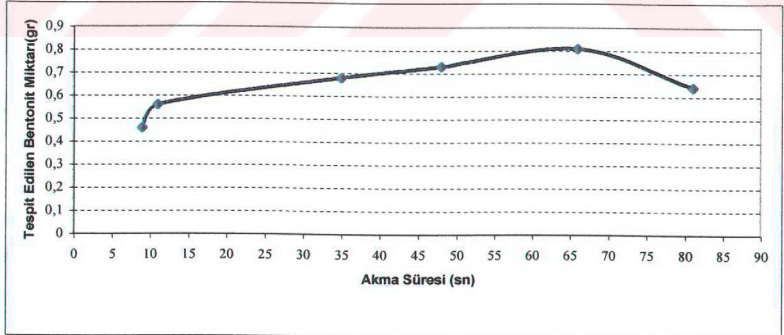
$$\text{Jelleşme Katsayısı} = \frac{10}{\text{Tespit edilen bentonit gr. miktarı}}$$

Katkı oranlarına göre, akma süreleri, akma sonunda tüpte kalan bentonit miktarı ve jelleşme katsayıları tablo 4.5'te verilmiştir.

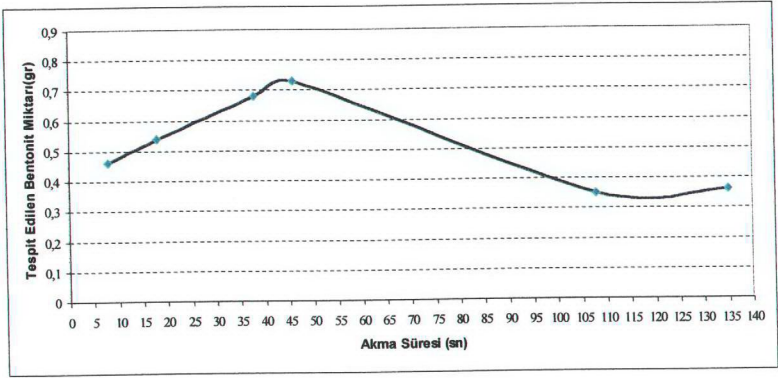
Tablo 4.5'ten her farklı katkı oranı için, akma süresine karşılık gelen, tespit edilen bentonit miktarı grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5). İçindeki sıvının akması 1 dakikadan fazla süren ilk tüpteki bentonit gr. miktarı grafiklerden de rahatlıkla gözlenmektedir.

Tablo 4.5. Katkı Oranlarına Göre, Akma Süreleri, Bentonit Miktarı ve Jelleşme Katsayıları

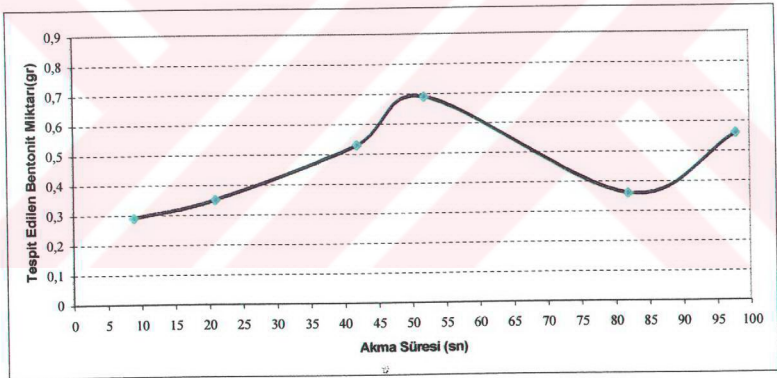
Katkı Oranı(%)	Konsantrasyon (gr)	Tespit Edilen Bentonit Miktarı(gr.)	Akma Süresi(sn)	Jelleşme Katsayısı
	0,5	0,46	9	21,70
	0,6	0,56	11	17,90
0,5	0,7	0,68	35	14,70
	0,8	0,73	48	13,70
	0,9	0,81	66	12,35
	1,0	0,64	81	21,70
	0,5	0,46	8	27,70
	0,6	0,54	18	18,50
0,7	0,7	0,68	38	25,60
	0,8	0,73	46	13,70
	0,9	0,35	108	28,60
	1,0	0,36	135	27,80
	0,5	0,29	9	34,50
	0,6	0,35	21	29,60
1,0	0,7	0,53	42	18,90
	0,8	0,69	52	14,50
	0,9	0,36	82	27,00
	1,0	0,56	98	20,00



Şekil 4.3. %0,5 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit miktarı



Şekil 4.4. %0,7 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit miktarı



Şekil 4.5. %1,0 Katkı Oranı İçin Yapılan Jelleşme Deneyi ve Tespit Edilen Bentonit miktarı

Akma süresi 1 dakikayı geçen ilk tüpte belirlenen jelleşme katsayısı TS-5360'a göre en az 12 olmalıdır. Bu durumda numuneler jelleşmeye uygun olup, %1,0 katkı oranı için standarda en uygun sonuçlar elde edilmiştir.

4.1.3.3.Kolloidal Yetenek Tayini

Deney, 4.3.1.2'deki gibi üç değişik katkı oranı için (%0,5, 0,7 ve 1,0) kurulmuştur. Hazırlanan numunelerden 4'er gr. bentonit alınmış ve beherlere konulmuştur. Bunlara 0,2 gr. MgO ve 100 ml. saf su ilave edilerek, elde edilen karışım manyetik karıştırıcıda 1 saat süre ile karıştırılmıştır. 24 saat beklemeye bırakıldıktan sonra çöktelti miktarı hacimce (%) olarak hesaplanmıştır. Bu değer kolloidal özellik olup, % 0,5 katkı oranlı bentonit numunesi için %3,1, %0,7 katkı oranlı bentonit numunesi için %2,9 ve %1,0 katkı oranlı bentonit numunesi için %2,58 olarak belirlenmiştir.

TS-5360'a göre döküm bentonitinin kolloidal özelliği en fazla %3 olmalıdır. Bu durumda yöre bentoniti kolloidal özellik açısından döküme uygundur.

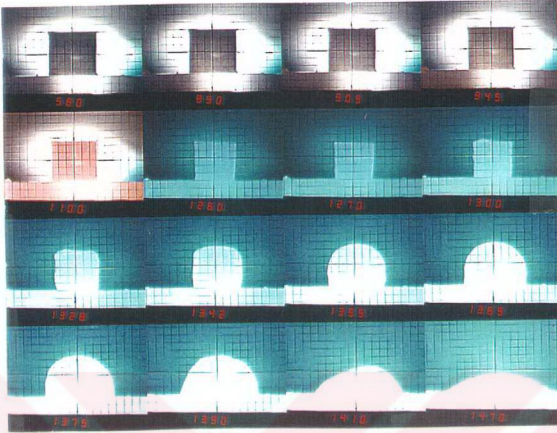
4.1.3.4. Sinterleşme

Şekillendirilmiş ve kurutulmuş ürüne, fırında istenilen mikroyapı ve özellikleri kazandırmak için ısıl işlem uygulanır. Bu proses, pişirme olarak tanımlanır. Parçalanma ve oksidasyon ile su ve organik bileşiklerin, gazların üründen uzaklaştırılması, sinterleme ve soğuma aşamalarını içerir. Pişirmede amaç, sinterlemeyle koherent bir kütle içinde partikülleri birleştirmektir. Sinterleme terimi, pişirme esnasında üründeki birleşme olayını tanımlamak için kullanılır. Sinterleme üründe önemli değişiklikler meydana getirir[2].

Şekil 4.6'dan da gözlendiği gibi kullanılan numunenin dönüşüm noktaları;

İlk küçülme	: 930°C
Sinterleşme	: 1240°C
Ergime başlangıcı	: 1245°C
Küre hali	: 1350°C
Ergime noktası	: 1379°C
Akma noktası	: 1415°C

olarak belirlenmiştir. TS-5360'a göre döküm bentonitinin 1300°C'nin üzerinde sinterleşmiş olması gerekmektedir. Bu durumda araştırma konusu olan bentonitin 1300°C'nin altında sinterleştiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Isı Mikroskobu Yardımıyla Farklı Sıcaklık Aşamalarında Alınmış Görüntüler

4.1.3.5. Likit Limit Tayini

Likit limit değeri doğal bentonit ve daha sonra da %2'lik soda katkılı modifiye bentonit üzerinde ölçülmüştür.

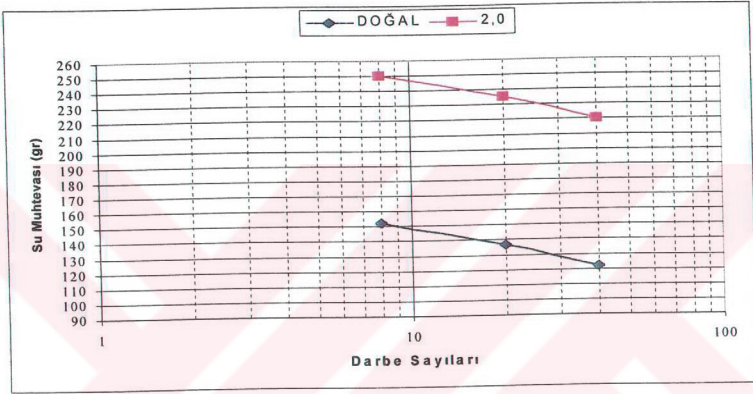
Doğal bentonit numunesinden 100 gr. alınıp, bunun 30gr.'ı 100 ml. su içerisinde çözülmüştür. Karışım likit limit cihazının kabına dökülmüş ve spatülle bir oluk açılacak kıvama gelinceye kadar bentonit ilave edilmiştir. Oluğun 8 darbeye 1,3 cm. kapanması için ilave edilen bentonit miktarı belirlenmiştir. Bentonit ilavesine devam edilerek, oluğun 20 darbeye ve 40 darbeye kapanması için de gerekli olan bentonit miktarları saptanmıştır. Belirlenen üç değer[Tablo 4.6], Şekil 4.7'deki yarı logaritmik grafikte bir eğri halinde gösterilmiştir.

Aynı işlem %2'lik soda katkılı bentonit numunesi içinde yapılmış ve bununda eğrisi Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Bu eğrilerde 25 vuruş sayısına karşılık gelen su muhtevası(gr), numunenin likit limit değerini vermektedir.

Tablo 4.6. Darbe Sayılarına Karşılık Belirlenen Su Muhtevası(gr) Değerleri

Katkı Oranı (%)		Darbe Sayısı		
		8 Darbe	20 Darbe	40 Darbe
Doğal	Su	115	105	100
2,0	Muhtevası	215	205	190



Şekil 4.7. Likit Limit Deneş Grafığı

TS-5360'a göre döküm bentonitinin likit limiti en az 350 gr. olmalıdır. Bu da 100 ml. suya 350 gr. bentonit ilavesi ile hazırlanan numunenin, likit limit cihazına konduğunda, açılan oluğın 25 darbe ile kapanabilmesi demektir. Doğal bentonitte bu değer 113 gr. olmakla birlikte, %2 oranındaki soda katkısıyla bile 233 gr'a çıkabilmektedir. %2'den fazla katkı maddesinin ilave edilmesinin uygun olmadığı da 4.1.3.1'de açıklanmıştır. Buradan da anlaşılacağı gibi Büyüklüçlü bentonitinin likit limit değeri standarda uygun değildir.

4.1.3.6. Gaz Geçirgenliğı

Döküm sırasında açığa çıkan gazların kalıp malzemesi tarafından absorbe edilerek atmosfere difüze edilmesi gerekmektedir. Aksi halde döküm yüzeylerinde boşluklar oluşmaktadır. Bu nedenle bağlayıcı işlevini üstlenen bentonitin gaz geçirgenliğı önemlidir. Bu deneş %5,5 su içerikli ve %12 bentonit katkılı döküm kumu üzerinde,

% 40 kompaktibilite değerinde DÖKTAŞ laboratuvarında yapılmıştır. Yapılan deney sonucunda doğal bentonit örneğinin gaz geçirgenlik değeri 115cm³/s, %1,5 soda katkılı bentonitte ise bu değer 110 cm³/s olarak bulunmuştur.

TSE 5360'ta gaz geçirgenlik değerinin en az 175 cm³/s olması istenmektedir. Bu durumda yöre bentonitinin gaz geğirimlilik değerinin düşük olduğu görölmektedir.

4.1.4. Mekanik Özellikler

Bu bölümde doğal ve %1,5 soda katkılı bentonitin yaş ve kuru mukavemet değerleri araştırılmıştır.

4.1.4.1. Kuru Mukavemet

TSE 5360 ilkelerine göre hazırlanan numunelerde kuru mukavemet deneyi yapılmıştır. Laboratuvar deneylerine göre doğal bentonitin kuru mukavemet değeri 36050 g/cm², katkılı bentonitin kuru mukavemet değeri 3900 g/ cm² olarak ölçölmüştür. TSE 5360'a göre döküm bentonitinin kuru mukavemetinin 900 g/ cm² olması istenmektedir.

4.1.4.2. Yaş Mukavemet

Standarta göre hazırlanan örnekler üzerinde (katkısız, katkılı) bentonitin yaş mukavemet deneyi yapılmıştır. Doğal bentonitin yaş mukavemet değeri 1950 g/ cm², katkılı bentonitin yaş mukavemet değeri ise 2000 g/ cm² bulunmuştur. TSE 5360'ta döküm amaçlı kullanılacak bentonitler için yaş mukavemet değeri 1200 g/ cm² olarak öngörölmüştür.

4.1.5. Deney Sonuçlarının Döküm Standartı Açısından İrdelenmesi

Araştırılan bentonitin laboratuvar bulguları, yürürlükteki TSE 5360 ve büyük miktarda döküm bentoniti kullanan, gelişmiş bir laboratuvar olanağı bulunan ve bazı deneyleri (rutubet, kuru mukavemet, yaş mukavemet, kuru mukavemet, gaz geğirgenliği) laboratuvarlarında geręekleřtirdięimiz DÖKTAŞ döküm bentoniti şartnamesi ile karşılaştırılmıştır. Buna göre;

- 1) TSE 5360'a göre araştırılan katkısız ve katkılı bentonit likit limit değeri ve gaz geğirgenliği yönünden standarta uygun değildir.

- 2) DÖKTAŞ şartnamesinde öngörülen sınır değerler ve laboratuvarda elde edilen deney bulguları Tablo 4.7'de verilmiştir. Bu şartnameye göre araştırılan bentonitin yaş mukavemeti ve gaz geçirgenliği döküme uygun değildir.
- 3) Bu durumda yöre bentoniti düzgün, pürüzsüz yüzey özelliği gerektiren döküm işlemlerinde kullanılamaz. Döküm sonrası işlem uygulanan(taşlama, kumlama, torna tesviye) sanayi kollarında bu bentonitin kullanılabilir olduğu anlaşılmaktadır.
- 4) Yöre bentoniti, plastisiteyi arttıran katkı maddeleriyle modifiye edilebilir durumdadır. Uygun katkı maddesiyle modifiye edilecek bentonit üzerinde bu araştırma yeniden yapılmalıdır.

Tablo 4.7. Döktaş Şartnamesinde Öngörülen Sınır Değerler ve Laboratuvarda Elde Edilen Deney Bulguları

	DOĞAL	%1,5 SODA KATKILI	DÖKTAŞ SINIR DEĞERİ
RUTUBET(%)	6,8	3	Max.12
YAŞ MUKAVEMET(g/cm ²)	1950	2000	Max.1800
KURU MUKAVEMET(g/cm ²)	3650	3900	Min.2500
GAZ GEÇİRGENLİĞİ(cm ² /s)	115	110	Min.150

4.1.Bentonitin Sondaj Sanayi Yönünden Özelliklerinin İncelenmesi

Bu bölümde Büyükkılıçlı bentonitinin sondaj sektörü açısından özelliklerine yer verilmiştir. Deneyler doğal bentonit ve farklı oranlarda katkı maddesi(soda) eklenmesiyle oluşturulan modifiye bentonit örnekleri üzerinde yapılmıştır. Deneyler TSE 977 ve API standartlarına göre yapılarak, elde edilen sonuçlar bu bölümde açıklanmıştır.

4.2.1. Elek Analizi

Deneyleer için hazırlanan bentonit 6rnekleri, 200 mesh eleğin altına geçecek Şekilde 6đt6lm6Őt6r.

4.2.1.1. Yaş Elek Analizi

4 saat s6reyle 105°C sıcaklıktaki et6vde kurutulan ve desikat6rde oda sıcaklığına soğutulan bentonit numunesinden 10 gr alınıp, 0,2 gr sodyumtetrafosfat bulunan 350ml. suya eklenmiştir. Elde edilen karışım, manyetik karıştırıcıda 30 dakika s6reyle karıştırılmıştır.

İki saat bekletildikten sonra 5 dakika daha karıştırma işlemi yapılmış ve karışım g6zaıklığı 75µm (200 mesh) olan eleğe boŐaltılmıŐtır. Elek 6zerinde kalan bentonit basınılı su ile (170 kPa) 2 dakika yıkanmıŐtır. Yıkama işlemi sonucunda elek 6zerinde kalanlar, et6vde kurutulup, desikat6rde sođutulmuŐ ve tartılmıştır. Elekte kalan kalıntı(K), aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K = \frac{m_1}{m} \times 100$$

m_1 = Elekte kalan kalıntının k6tlesisi, gr.

m = Numunenin k6tlesisi, gr.

$$K = \frac{0,21}{10} \times 100 = 2,1 \text{ gr.}$$

TS-977'de sulu eleme sonucunda 200 mesh açıklıklı eleğin 6zerinde kalan miktarın en fazla 2,5 gr. olması 6ng6r6lm6Őt6r. Bu durumda hazırlanan 6rnekler standarta uygun 6zelliktedir.

4.2.1.2. Kuru Elek Analizi

4 saat s6reyle 105°C sıcaklıktaki et6vde kurutulan ve desikat6rde oda sıcaklığına soğutulan bentonit numunesinden 100 gr alınıp, g6z açıklığı 150 µm (100 mesh) olan eleğe aktarılmıŐtır.

Elek otomatik sarsıcıya yerleştirilip, parçacık geçişi duruncaya kadar 100 titreşim/dakika frekansla yaklaşık 15 dakika eleme işlemi uygulanmıştır. Sonuçta elekten geçen kısmın 98,5 gr. olduğu saptanmıştır.

TS-977'ye göre bu değer 98 gr.'ı geçmemesi gerekmektedir. Bu durumda hazırlanan örnek standarta uygun özelliktedir.

4.2.2. Rutubet Tayini

10 gr. kurutulmamış bentonit numunesi 105°C sıcaklıktaki etüvde 24 saat kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır.

Rutubet(R) kütlece % olarak, aşağıdaki bağıntı yardımı ile hesaplanmıştır.

$$R = \frac{m - m_1}{m} \times 100$$

m_1 = Kurutulmamış numune kütlesi, gr.

m = Kurutulmuş numune kütlesi, gr.

$$R = \frac{10 - 9.32}{10} \times 100 = 6,8 \text{ gr.}$$

TS-977'ye göre bu değer %10 ile sınırlandırılmıştır. Bu durumda deney örneğinin rutubet değeri standarta uygundur.

4.2.3. Süspansiyon Özellikleri(Viskozite Tayini)

4.2.3.1. Doğal Bentonit

Öncelikle ağırlıkça, % 6,10,20,30 doğal bentonit içeren çamurlar tatlı su kullanarak hazırlanmıştır. Karıştırma kaplarına 350 ml su konmuş ve bunun içine aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanan bentonit miktarları eklenmiştir.

$$x(g) = \frac{350 \times \text{Ağırlıkça \%}}{1 - \text{Ağırlıkça \%}}$$

%6'lık çamur için;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.06}{1 - 0.06} = 22.34 \text{ gr.}$$

%20'lik çamur için;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.20}{1 - 0.20} = 87.5 \text{ gr.}$$

%10'luk çamur için;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.10}{1 - 0.10} = 38.88 \text{ gr.}$$

%30'luk çamur için;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.30}{1 - 0.30} = 150 \text{ gr.}$$

Karıştırma kaplarına yerleştirilen numuneler 20 dakika karıştırıcı ile karıştırılıp, 16 saat beklemeye bırakılmıştır. Hazırlanan bentonit çamurları viskoziteleri ölçülmeden önce 10 dakika daha karıştırılmıştır. Sonra motorun 600 devir/dakika ve 300 devir/dakika hızla çalıştırılması ile okunan değerler kaydedilmiş ve buradan görünür viskozite, plastik viskozite ve akma noktaları belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Doğal Bentonitin Deneysel Sonuçları Viskozite Değerleri

Ağırlıkça %	θ 600	θ 300	G.V.	P.V.	A.N.
6	4,5	2,3	2,25	2,2	0,1
10	5	3	2,5	2	1
20	19	15	9,5	4	11
30	68	60	34	8	52

Görünür Viskozite (G.V.)

600 devir/dakikada okunan viskozite değerinin yarısına eşittir ve Pa.s olarak verilir.

Plastik Viskozite (P.V)

600 devir/dakikada okunan viskozite değerinden 300 devir/dakikada okunan değer çıkarılmasıyla bulunmakta olup, Pa.s olarak ifade edilmektedir.

Akma Noktası (A.N.)

300 devir/dakikada okunan değerden plastik viskozite değerinin çıkarılmasıyla elde edilir ve Pa.s olarak ifade edilir.

TS-977'ye göre görünür viskozite değerinin en az 15.3 Pa olması gerekmektedir. Doğal bentonitle yapılan ölçümlerde ancak %30'luk çamurda bu değere ulaşılmıştır. Bu özellikleriyle doğal bentonit istenilen viskozite değerine ulaşmamaktadır.

4.2.3.2. Modifiye Bentonit

Doğal bentonitten olumlu sonuç alınmaması üzerine %4, %4,5, %5 soda katkıli modifiye bentonit örnekleri hazırlanarak bunların herbiri üzerinde viskozite (süspansiyon özellik) deneyleri yapılmıştır. Viskozite ölçümleri ağırlıkça %4, %8, %12 katkıli bentonit içeren çamurlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu oranlardan ve aşağıdaki bağıntılardan hareketle gereken bentonit miktarları hesaplanmıştır.

Buna göre %4'lük çamur için gereken bentonit miktarı;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.04}{1 - 0.04} = 14.58 \text{ gr. olmaktadır.}$$

Bu miktar %4, %4,5 ve %5 soda katkıli her 3 numune için ayrı ayrı alınmış ve 350 ml. su dolu karıştırma kaplarına ilave edilmiştir. Benzer şekilde,

%8'lük çamur için;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.08}{1 - 0.08} = 30.43 \text{ gr.bentoni t gerekmektedir.}$$

% 4, % 4,5 ve % 5 soda katkıli her 3 örnek grubu için 30,43gr. bentonit alınmış ve 350 ml. su dolu karıştırma kaplarına eklenmiştir. Buna ek olarak,

%12'lik çamur için de;

$$x(g) = \frac{350 \times 0.12}{1 - 0.12} = 47.72 \text{ gr.bentonit hesaplanmış,}$$

%4, %4,5 ve %5 soda katkılı her 4 numuneden 47,72gr. bentonit alınarak 350 ml. su dolu karıştırma kaplarıyla numuneler hazırlanmıştır.

Farklı katkı ve çamur oranlarıyla hazırlanan numuneler üzerinde yapılan viskozite ölçümleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Soda Katkılı Bentonitlerin Numunelerinin Viskozite Ölçüm Sonuçları

Soda(NaCO ₃) Katkısı	%4					%8					%12				
	Ø600	Ø300	G.V.	P.V.	A.N.	Ø600	Ø300	G.V.	P.V.	A.N.	Ø600	Ø300	G.V.	P.V.	A.N.
%4	4	3	2	1	2	17	14,5	8,5	2,5	12	66	65	33	1	64
%4,5	5	3	2,5	2	1	22,5	20	11,3	2,5	17,5	97	97	48,5	0	48,5
%5	5	3	2,5	2	1	19	17	9,5	2	15	83	83	41,5	0	41,5

TS-977'ye göre görünür viskozite değerleri için belirtilen en az 15,3 Pa sınırına göre %12'lik karışım tüm katkı oranları için olumlu sonuç vermiştir.

4.2.4.Filtrasyon(Su Kaybı)

4.2.4.1.Doğal Bentonit

4.2.3.1'de belirtilen şekilde hazırlanan %6,10, 20, 30'luk doğal bentonit içeren çamurlar su kaybı ölçümü için de kullanılmıştır. Su kaybı ölçümünde, süzme presinin alt kapağına süzgeç kağıdı yerleştirilerek, kaba 2/3'sini dolduracak kadar çamur dökülmüştür. Kapak iyice sıkıştırılarak kapatılmış ve alta ölçekli cam tüp yerleştirilmiştir. Basıncı azot tüpü açılarak, çamura 7,5 dakika süre ile 100 psig basınç uygulanmıştır. Bu süre içinde filtrasyon sıvısı ölçekli cam tüpe akarken, çamur kekide filtrasyon kağıdının üzerinde toplanmıştır. 7,5 dakika bittiğinde cam tüpte toplanan su ölçülmüş ve bu değer iki katı su kaybı olarak alınmıştır. Ölçüm yapılan bu 4 çamur numunesi için su kaybı değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo.4.10. Doğal Bentonit Su Kaybı Değerleri

Doğal Bentonit (% Ağırlıkça)	Su Kaybı (ml)
6	106
10	66
20	32
30	20

Tablo 4.10'da gözlemlendiği gibi su kaybı değerleri TS-977'de belirtilen 15 ml sınırını fazlasıyla geçmektedir. Bu sonuçlar doğal bentonit numunesinin su kaybının standartta öngörülenden çok daha fazla olduğunu göstermektedir. Diğer bir anlatımla, doğal bentonit su kaybı yönünden sondaj çamuru üretimine uygun değildir.

4.2.4.2. Modifiye Bentonit

Doğal hali ile su kaybının çok fazla olması nedeniyle, 4.2.3.2'de hazırlanan % 4, % 4,5, % 5 soda katkılı 3 numune ve bunların her biri için %4, 8 ve 12 bentonit içeren çamurlarla su kaybı ölçümü yapılmıştır. Uygulanan işlem doğal bentonit için yapılanın aynısı olup, ölçülen değerler Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Soda Katkılı Bentonit Numunelerinin Su Kaybı Değerleri

	SU KAYBI		
	Ağırlıkça Katı Madde		
Soda katkısı(%)	%4	%8	%12
4	34	20	14,4
4,5	34	18,4	13,2
5	34	20	12,8

Burada ölçülen su kaybı değerleri de %4 ve %8'lik numuneler için fazla olup, %12'lik numune için 15 ml'nin altında olduğundan standarda uygundur.

4.2.5. Çamur Yapma(Verim)

1 ton kuru kilden 15 cp viskozitede varil sayısı olarak üretilecek çamur miktarı bentonitin verimini göstermektedir.

Çamur verimine göre killeri Tablo 4.12'deki gibi sınıflandırılırlar.

Tablo 4.12. Çamur Verimine Göre Killerin Sınıflandırılması

Kil	Çamur Verimi(m ³ çamur/ton kil)
Bentonit	15
Metabentonit	10
A-Kalite Kil	3-9
Düşük Kalite Kil	1-3

4.2.5.1. Doğal Bentonit

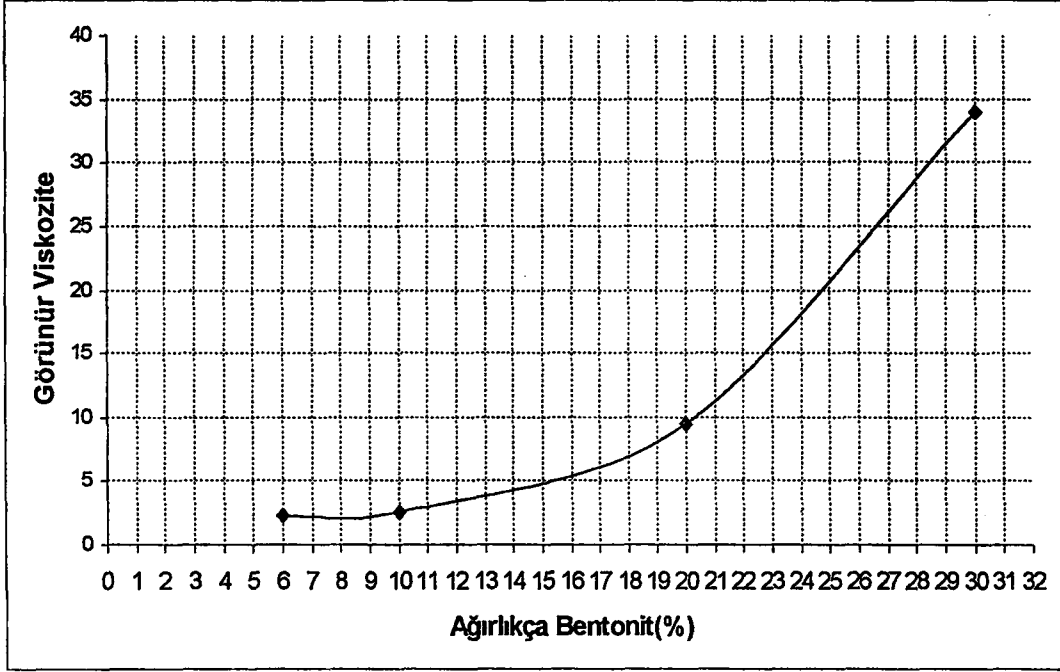
Doğal bentonit için farklı yüzdelerde (ağırlıkça) hazırlanan çamurlardan ölçülen viskozite değerlerine karşılık görünür viskozite değerleri(Tablo 4.8) Şekil 4.8'de gösterilen grafik haline dönüştürülmüştür. Bulunan bu eğri ile 15cp görünür viskozite değerinden geçen yatay doğrunun kesim noktasından hareketle çamura eklenen ağırlıkça (%) bentonit miktarı bulunmuştur. Bu grafikten %22,8 değeri için kullanılacak bentonitin miktarı(X), aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$X = \frac{350 \times 0,228}{1 - 0,228} = 103,36 \text{ gr.}$$

Buradan hareketle verim kullanılan su miktarının (350 cm³) ilave edilen bentonit miktarına (103,36 gr.) oranı;

$0.000350 \text{ m}^3 / 0.00010336 \text{ ton} = 3.38 \text{ m}^3 / \text{ton}$ olarak bulunmuştur.

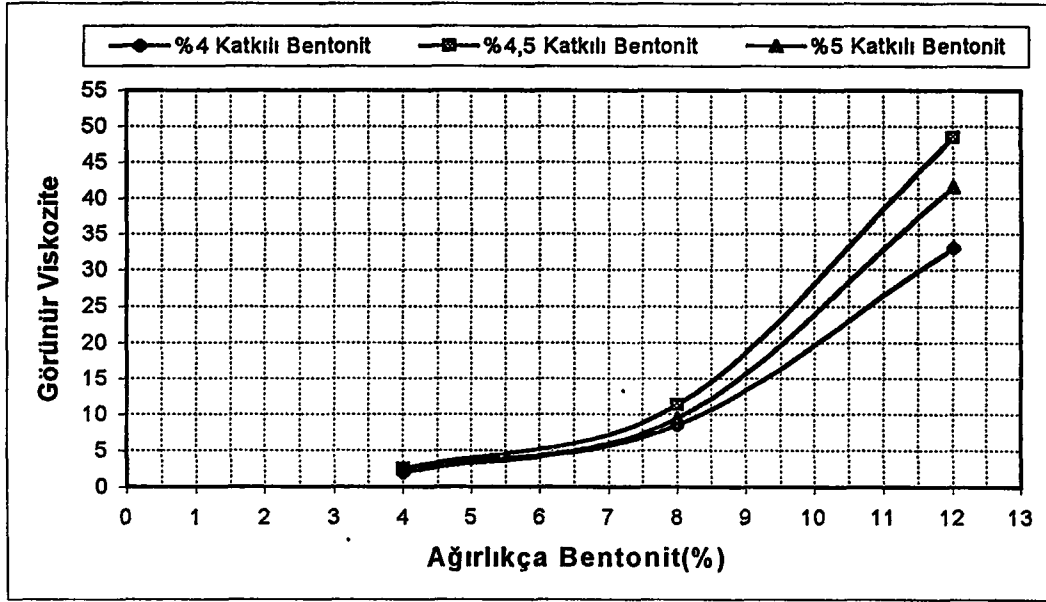
Bu sonuca göre araştırma konusu bentonitin doğal özellikleriyle tek başına çamur yapıcı kolloidal madde olarak kullanılmasına olanak bulunmadığı görülmektedir.



Şekil 4.8. Doğal Bentonit Verim Grafiği

4.2.5.2. Modifiye Bentonit

Daha öncede belirtildiği gibi modifiye bentonitte verim ölçümleri %4, %4,5, %5 soda katkılı örneklerden hazırlanan çamurlar üzerinde hesaplanmıştır. Verim ölçüm hesapları için çizilen grafiklerde(Şekil 4.9), Tablo 4.9'da belirtilen değerler kullanılmıştır. Şekil 4.9'da 15 cp görünür viskozite ekseninin her deney örneği için ayrı ayrı çizilen eğrileri kestiği noktalara karşılık gelen ağırlıkça bentonit miktarları belirlendikten sonra verim hesapları yapılmıştır.



Şekil 4.9. Modifiye Bentonit Verim Grafiği

Şekil 4.9'da gözlenen eğrilerden ağırlıkça bentonit(%) olarak belirlenmiş ve 4.2.5.1'de verilen (X) bağıntısı ile kullanılması gereken bentonit miktarı(gr.) hesaplanmıştır. Bu değer kullanılan su miktarına oranlanarak verim değeri (m³/ton) bulunmuştur. Tüm sonuçlar Tablo 4.13'te gözlenmektedir.

Tablo 4.13. Modifiye Bentonit Verim Hesapları

Katkı Oranı(%)	Ağırlıkça Bentonit(%)	Gerekli Bentonit Miktarı(gr.)	Verim (m ³ /ton)
4	9,3	35,89	9,753
4,5	8,5	32,51	10,765
5	8,9	34,19	10,236

Bu verilere göre en yüksek verim değeri %4,5 soda katkıli modifiye bentonitten elde edilmiştir. Tablo 4.12'deki çamur verimine göre sınıflandırmada, bu modifiye bentonit metabentonit sınıfına girmektedir.

4.2.6. Deney Sonuçlarının Sondaj Bentoniti Standartı Açısından İrdelenmesi

- 1) Büyükkılıçlı bentoniti bir kalsiyum bentonitidir ve doğal özellikleriyle sondaj bentoniti üretimine uygun değildir.
- 2) Bu bentonitten hareketle % 4,5 soda katkısıyla üretilen modifiye bentonitten en yüksek verim sağlanmıştır. Diğer bir ifade ile petrol amaçlı sondajlar için ölçü kabul edilen Wyoming bentonitine göre Büyükkılıçlı bentoniti daha düşük verimlidir. TS 977'ye göre hesaplanan yöre bentonitinin verimi 10620ml/gr.'dır. Verim konusunda API standartında herhangi bir limit bulunmamaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Araştırma alanı Silivri'nin Kuzey'inde Büyükkılıçlı, Sinekli köyleri arasında kalmaktadır. Yaklaşık 100 km² yüzölçümlü bu alanın birinci aşamada 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Araziye stratigrafik ilişkilerin uyumsuz olduğu üç ayrı formasyon belirlenmiştir. Tabanda Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Danişment Formasyonu ile onun üzerine uyumsuz olarak gelen Çantaköy Formasyonu bulunmaktadır. Arazinin büyük bir kesimi kum-çakıldan oluşan Ergene Formasyonu tarafından örtülmektedir. Pliyosen yaşlı bu birim kendisinden daha yaşlı birimleri belirgin bir uyumsuzlukla örtmektedir.
2. Çalışmanın ikinci bölümünü, Çantaköy Formasyonunun üst seviyesinde bulunan bentonitler üzerinde yapılan araştırmalar oluşturmaktadır.
3. Yöre bentoniti döküm ve sondaj sektörü yönünden incelenmiştir. Mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler altında toplanan laboratuvar deneyleri, TSE 5360 ve TSE 977 standartları ile API standartlarına uygun olarak doğal ve farklı oranlarda katkı maddesi eklenmiş modifiye bentonitler üzerinde yapılmıştır.
4. Yöre bentonitinin doğal özellikleriyle döküm ve sondaj sanayine uygun olmadığı anlaşılmıştır.
5. Soda katkısıyla modifiye edilen ve döküm amacıyla hazırlanan bentonitin likit limit, gaz geçirgenliği ile yaş mukavemet değerleri standart değerlere uygun çıkmamıştır.
6. Sondaj amacıyla hazırlanan katkılı bentonit üzerinde yapılan deneylerde hesaplanan verimin, Wyoming bentonitinin veriminin altında kaldığı görülmüştür. Bu özellikleriyle yöre bentoniti bir metabentonittir.

7. Büyüklüklü bentoniti kimyasal bileşim ve doku açısından heterojendir. Kalınlığı 6-12 m. arasında değişen bu yatağın bazı seviyeleri makroskopik açıdan yüksek plastisitelidir. Bentonitin su karşısındaki davranışını belirleyen en önemli öge içerdđđ montmorillonit miktarıdır. Metilen mavisi ile yapılan deneylerde bu mineral oranının %70-80 olduğu belirlenmiştir. Gerek döküm ve gerekse sondaj standartlarında montmorillonit için verilen oran %75 ve üzeridir. Diğer bir ifadeyle montmorillonit içeriği açısından yöre bentoniti hem döküm hem de sondaj kalitesine uygun görölmektedir.
8. Bentonitin plastisitesini ve verimini arttıran başka kimyasal katkılarla özelliklerinin daha da iyileştirilmesi olanaklıdır. Gelecekte yapılacak araştırmalarla bu konu ayrıntıda incelenmelidir.
9. Yöre bentoniti, gaz geçirgenliğinin düşük olması nedeniyle hassas yüzey özelliği istenen sanayilerde kullanılamamaktadır. Döküm sonrası üzerinde yüzey düzeltme işleminin yapılan alanlarda bu bentonitin kullanılması mümkündür.
10. Yöre bentoniti üzerinde MTA tarafından asitle aktiveleştirme deneylerinde 1 gr. tonsil / 1.1 gr. Büyüklüklü bentoniti verimine ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Büyüklüklü bentonitin ideal bir ağartma toprağı olduğunu göstermektedir. Araştırmalar bu yönde de geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Erdoğan M., Eren, R.H. ve Oktay, F.Y., 1999. Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonunun Agregat Potansiyeli ve Özellikleri, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 3-4 Haziran, s.113-128.
- [2] Koçak, C., 1995. Silivri-Eskiçantaköy Civarının Mühendislik Jeolojisi ve Bölgedeki Heyelanların Yeniden Yerleşim Yönünden İrdelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Arıç, C., 1955. Haliç ve Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- [4] Umut, M., ve Diğ., 1983. Tekirdağ İli-Silivri(İstanbul)-Pınarhisar(Kırklareli) Alanının Jeolojisi, MTA Rap.No:7349, Ankara.
- [5] Umut, M., ve Diğ., 1984. Lüleburgaz(Kırklareli),Uzunköprü(Edirne) Civarının Jeolojisi,.MTA Rap., No:7604, Ankara
- [6] Miall, A.P., 1977. A Review of the Braidet River Depositional Environment, *Earth Science Rev.*, V:13, T.1-62.
- [7] Sayar, C., 1976. Haliç Civarının Jeolojisi, İstanbul Haliç Sorunları Çözüm Yolları Sempozyumu, s.355-374, İstanbul.
- [8] Şen, Ş., Koral, H., ve Önalın, M., 1998. Küçükçekmece-Çatalca Dolayında Trakya Havzası Doğusunun Jeolojisi, İstanbul.
- [9] Sakınç, M., Yalıtırak, C., ve Oktay, F.Y., 1999. Paleogeographical and Tectonic Evolution of the Trace Neogene Basin and the Tethyon-Paratethyon Relations at North West Turkey (Trace) Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, baskıda.
- [10] Erdinç, Ş.Ş., 1976. Bentonitlerin Metalurjideki Uygulamaları Yönünden Araştırılması ve Reşadiye Bentonitlerinin Bu Açıdan İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.
- [11] Özkan, O.T., ve Erkalfa, H., 1977. Türkiye'deki Ticari Bentonit Killerinin Özellikleri ve Kullanış Alanlarının Tespiti, Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Ünitesi Raporu, İstanbul.
- [12] Güngör, N., 1981. Bentonitik Kil Minerallerinin Yapı ve Özellikleri Üzerine Değişebilen Katyonlarının Etkilerinin Fiziksel Yönlerle İncelenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Temel Bilimler Fakültesi, İstanbul.

- [13] Kahya, Ç., 1988. Ünye-Fatsa Arası Bentonit Oluşumlarının Jeolojik İncelenmesi, *Bitirme Ödevi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [14] Weaver, C.E., 1989. Clays, Muds and Shales, Elsevier Science Publishers B.F., Amsterdam.
- [15] Bates, R., Branbury, J.C., Buie, B.F., Foose, R.F., Hoy, R.B., Husted, J.E., Mc Carl, H.N., Roe, L., Rooney, L.F. ve Stokowki, S., 1983. Industrial Minerals and Rocks, Part City Press, U.S.A.
- [16] Çavuşoğlu, E.N., 1981. Döküm Teknolojisi I, İ.T.Ü. Gümüşsuyu Matbaası, İstanbul.
- [17] Göktekin, A., 1991. Sondaj Tekniği, İ.T.Ü. Maden Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul.
- [18] TSE 977, 1992. Bentonit-Sondaj İşleminde Kullanılan, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [19] TSE 5360, 1987. Döküm Bentoniti *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [20] Çınar, Y., ?. Sondaj Çamuru Laboratuvarı, İ.T.Ü. Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği, İstanbul.
- [21] Acar, J. ve Pasin, G., 1985. Kilin Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları, II.Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara, 24-27 Eylül, s.497-505.
- [22] Özbelge, Ö., 1985. Bentonitin Asit ile Aktifleştirilmesi, II.Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara, 24-27 Eylül, s.229-246.
- [23] Sağlamer, A., 1985. Bentonit Bulamaçlı Duvarlar, II.Ulusal Kil Sempozyumu, Ankara, 24-27 Eylül, s.387-396.
- [23] Demirel, H., Karapınar, N. ve Akça K., 1995. Bentonit ve Diğer Killerin Absorbant Olarak Kullanımı, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 21-23 Nisan, s.21-31.
- [24] Kurşun, İ. ve İpekoğlu, B., 1997. Türkiye Bentonit Potansiyeline Genel Bir Bakış, 2.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 16-17 Ekim, s.51-57.
- [25] Kocakuşak S., Akçay, K., Köroğlu, H.J., Yüzer, H., Ayok, T., Savaşçı, Ö.T. ve Tolun R., 1997. Bentonitlerin Silonlama Yöntemiyle Tikotropilerinin Araştırılması, 2.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 16-17 Ekim, s.177-186.
- [26] Yüce, A.E., 1999. Bentonit-Sepiyolit Envanteri, İstanbul Maden İhracatçılar Birliği, İstanbul.
- [27] Dönmez, A., 1992. Killerin API Standartlarına Uygunluğunun Araştırılması, *Bitirme Ödevi*, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul.

- [28] Karakaya A.Ş., ?. Sondaj El Kitabı, İstanbul.
- [29] ASTM C837, 1999. Standart Test Method for Methylene Blue Index of Clay, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken.



ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Sakarya'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erenköy Kız Lisesi'nde yaparak 1992 yılında mezun oldu.

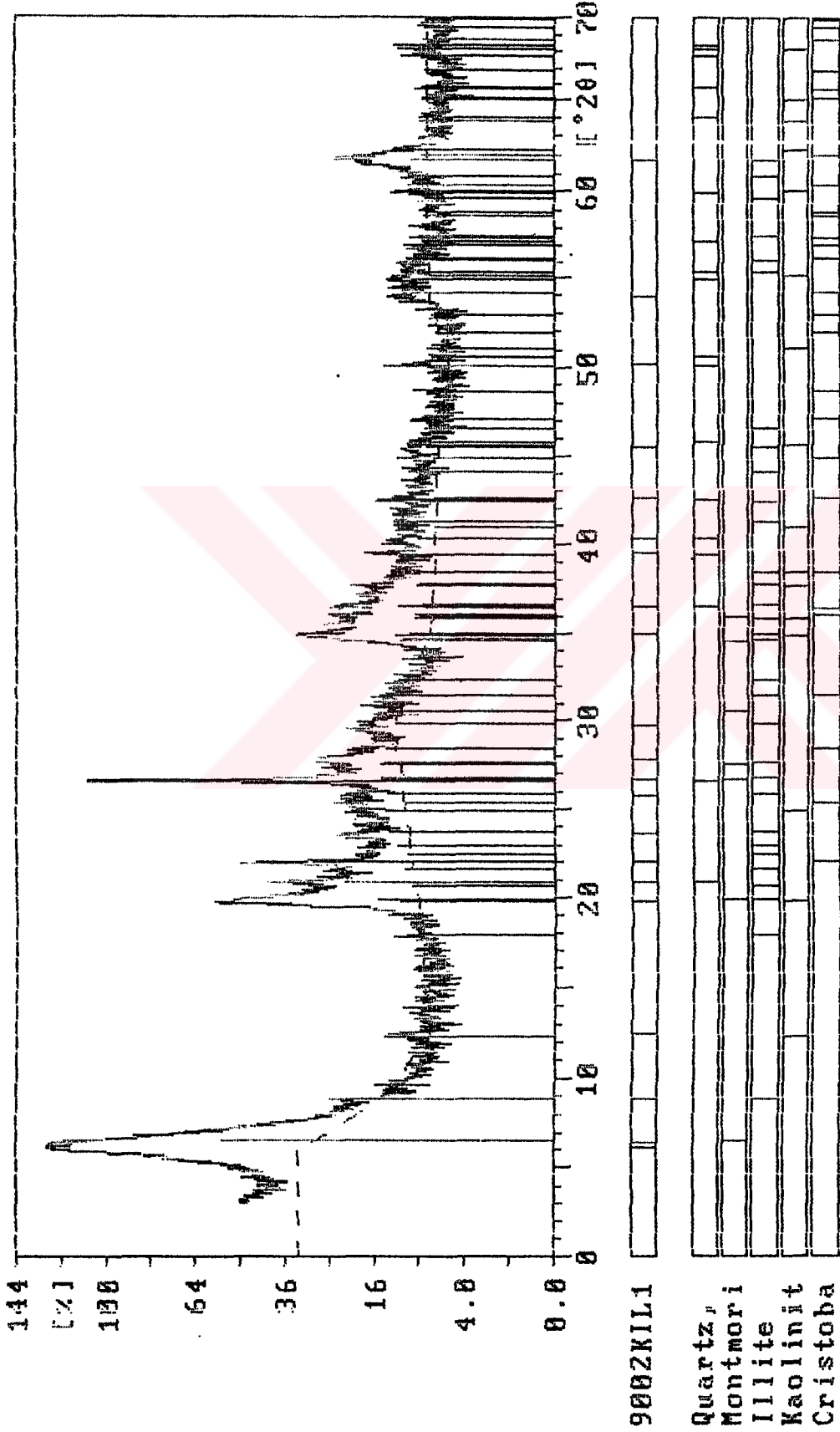
1996 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Meden Fakültesi'nde Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü jeoloji Anabilimdalı Mühendislik Jeoloji Programı'nda İngilizce hazırlık eğitimi aldıktan sonra yüksek lisans çalışmalarına başladı.



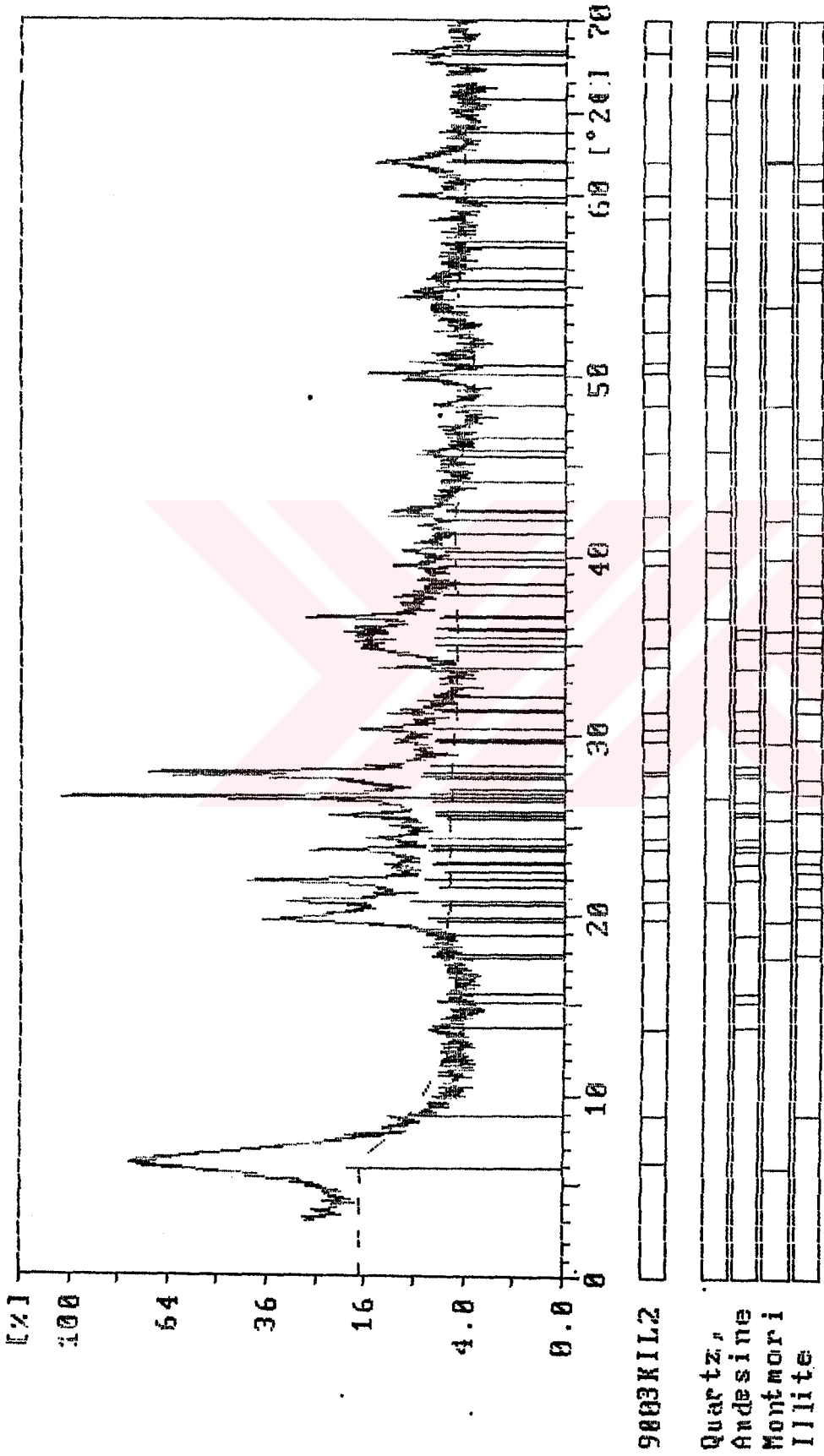


EK 1

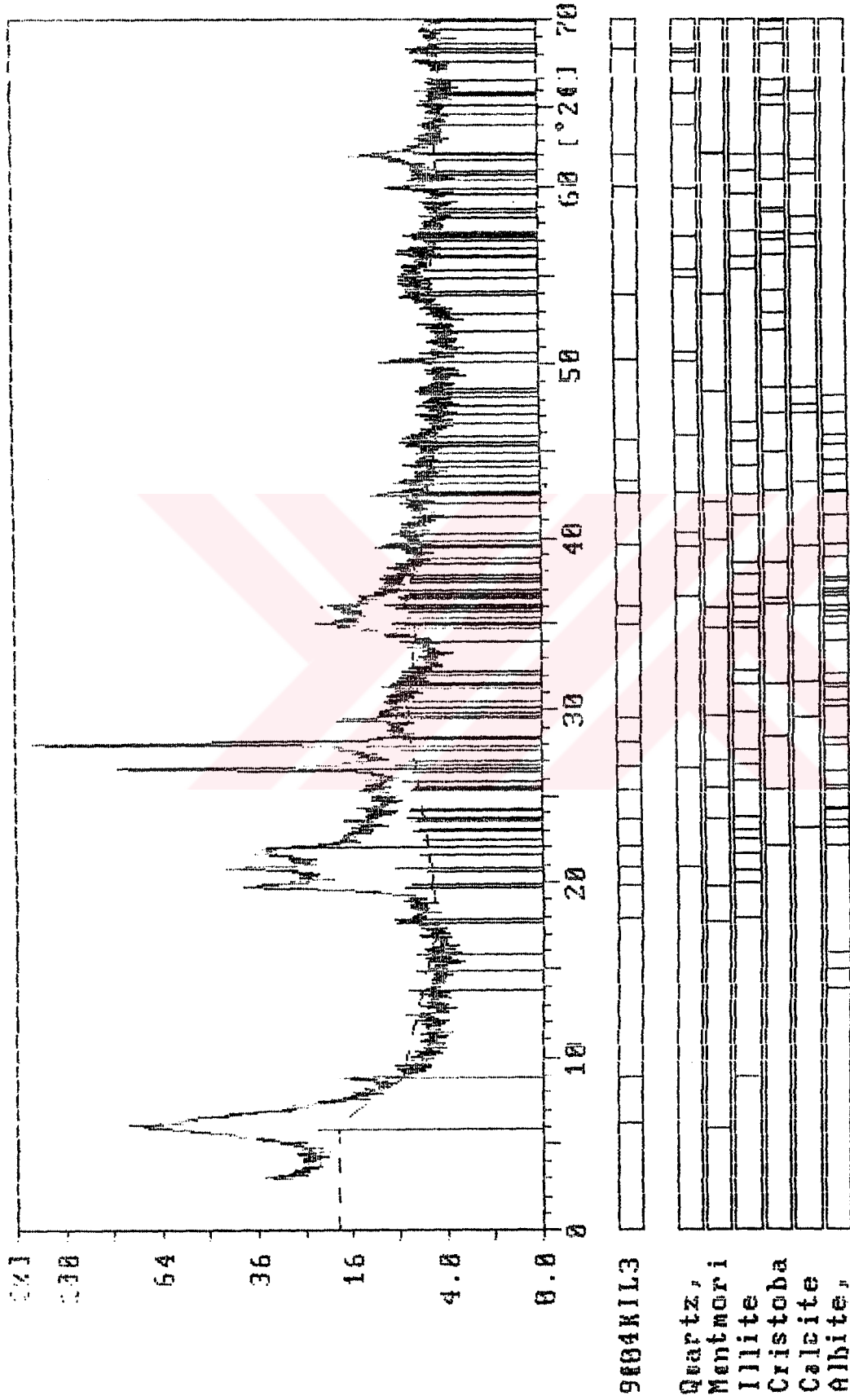
EK.1.1. 1 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınları analizi



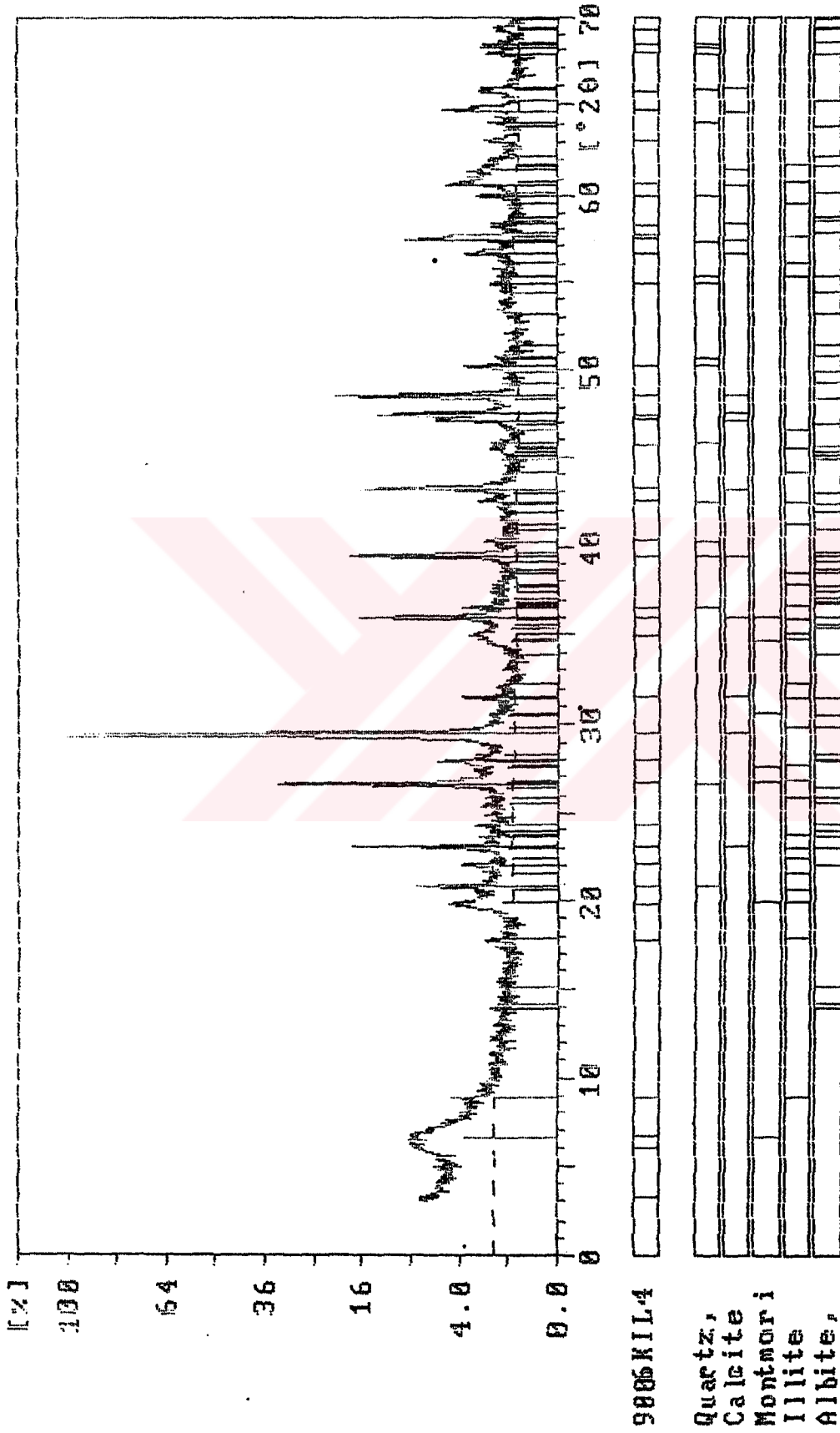
EK 1.2. 2 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınları analizi



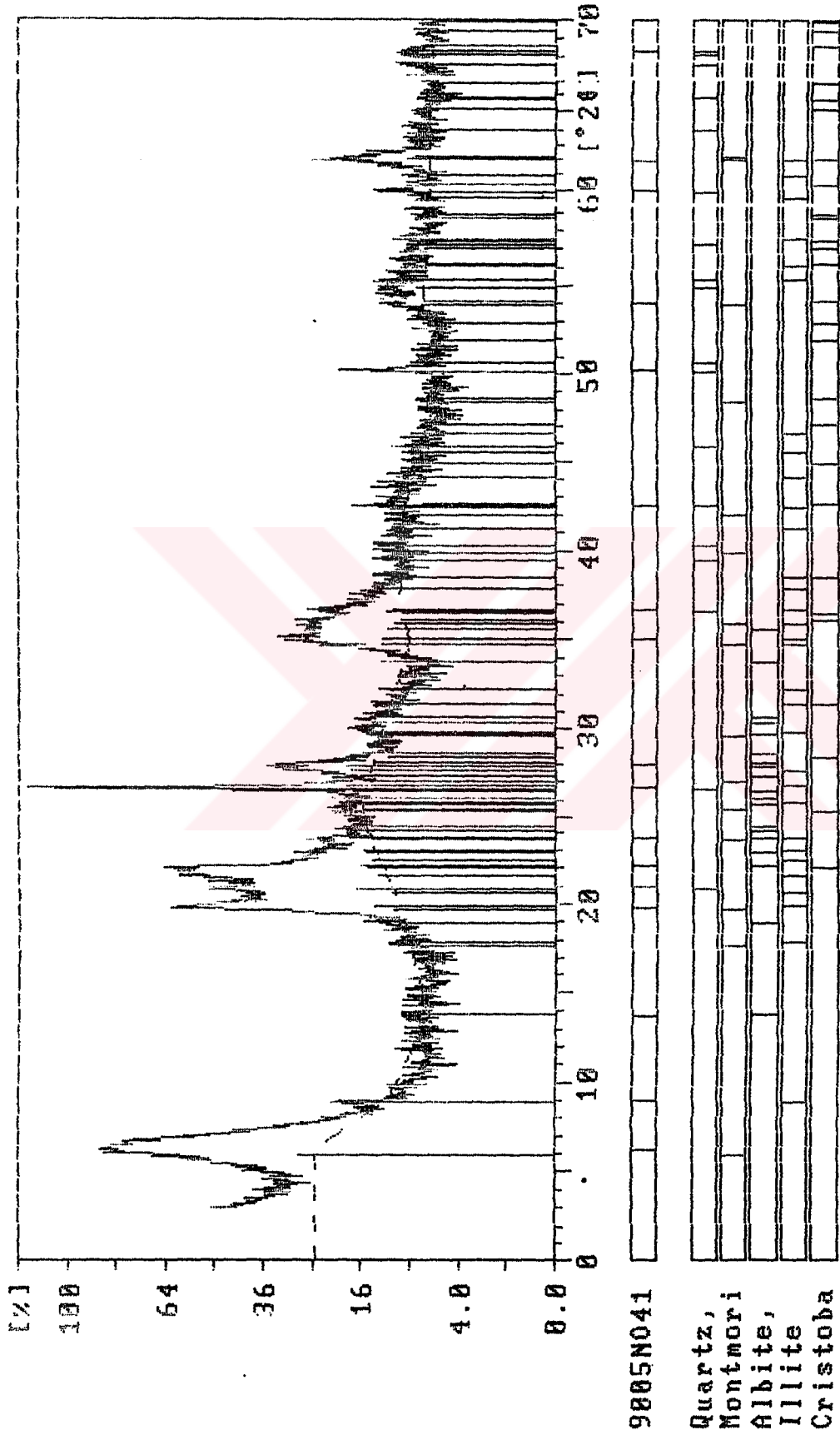
EK 1.3. 3 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınları analizi



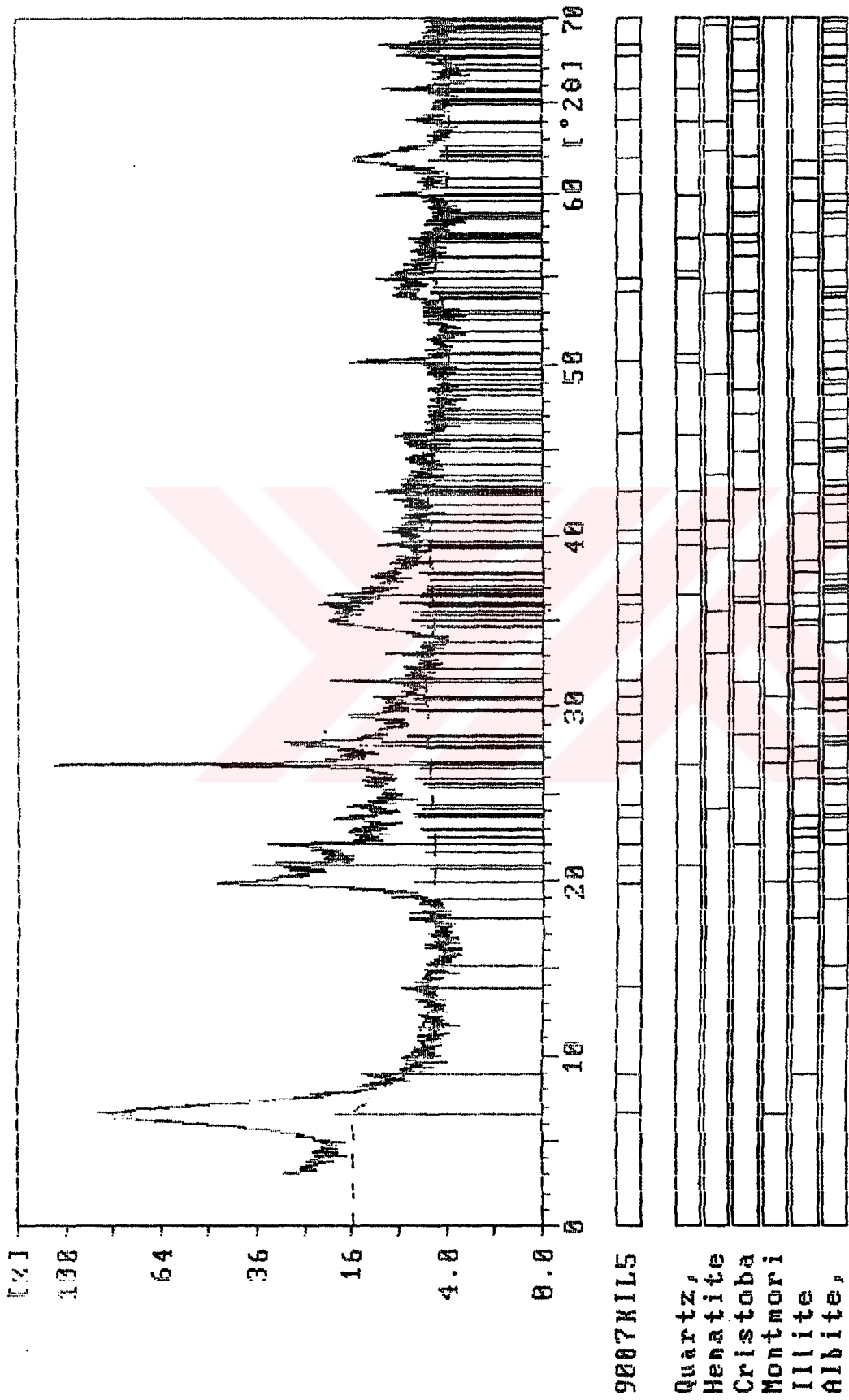
EK 1.4. 4-1 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınları analizi



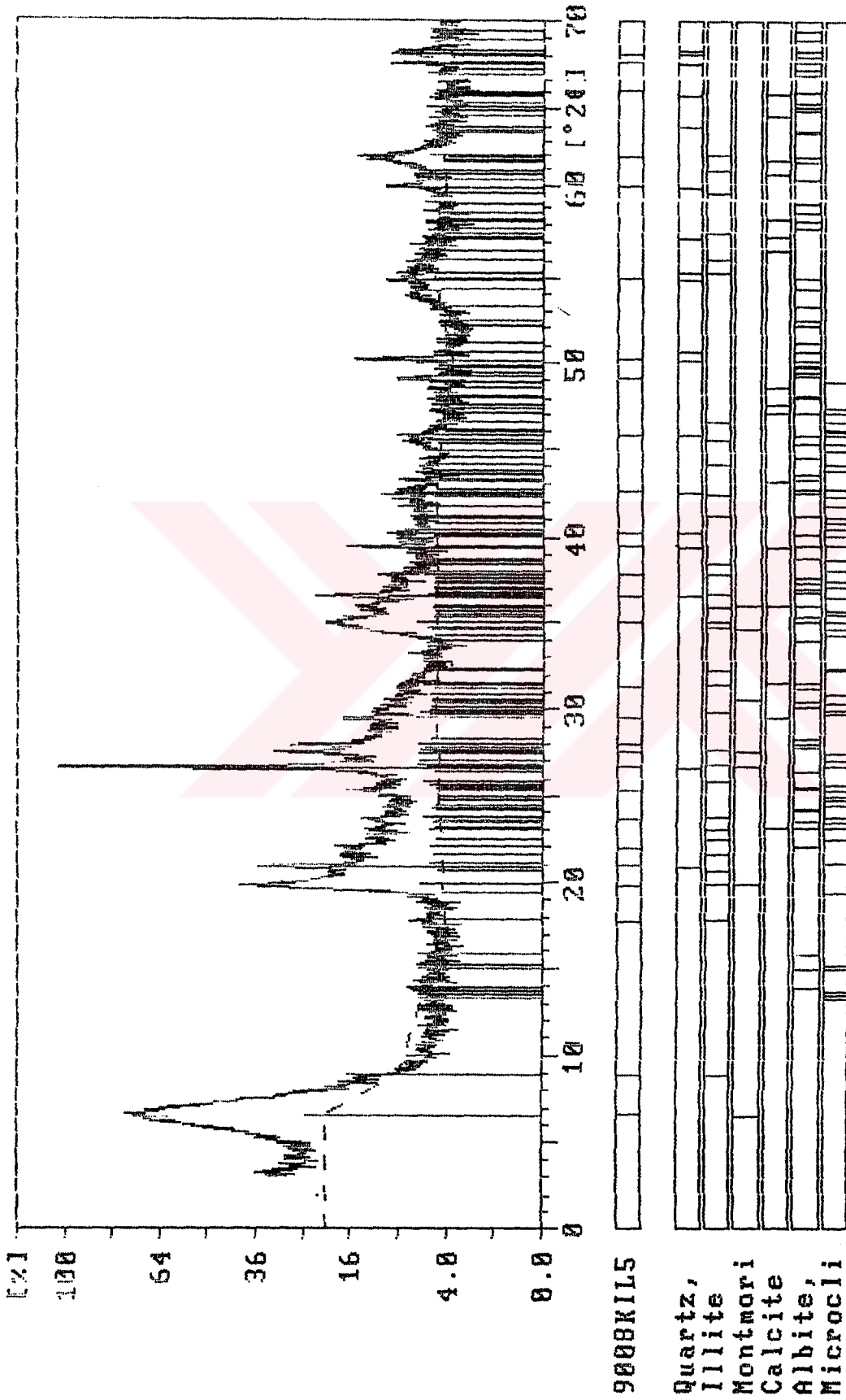
EK 1.5. 4-2 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınları analizi



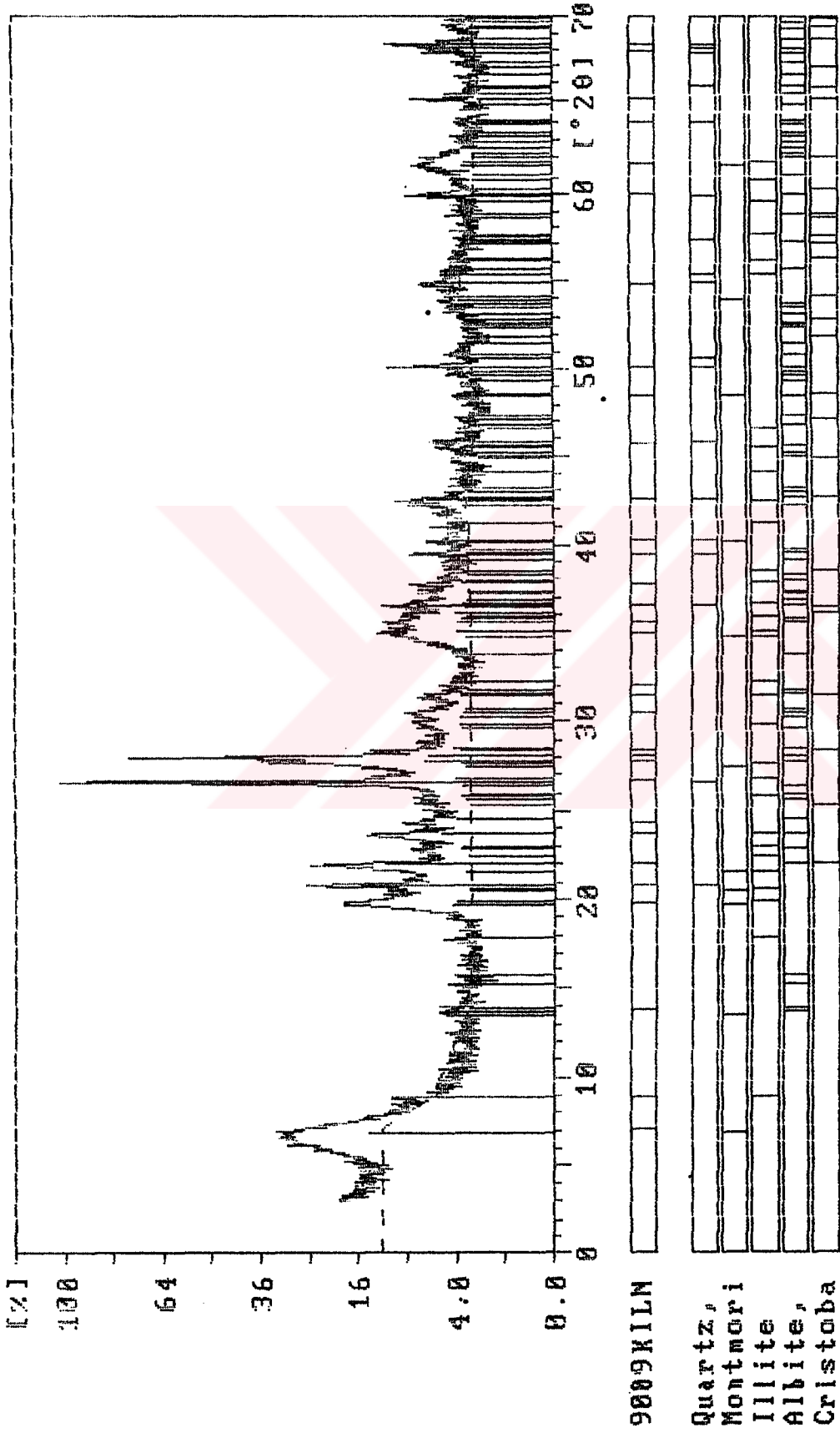
EK 1.6. 5-1 nolu gözlem çukuruna ait X – Işınları analizi



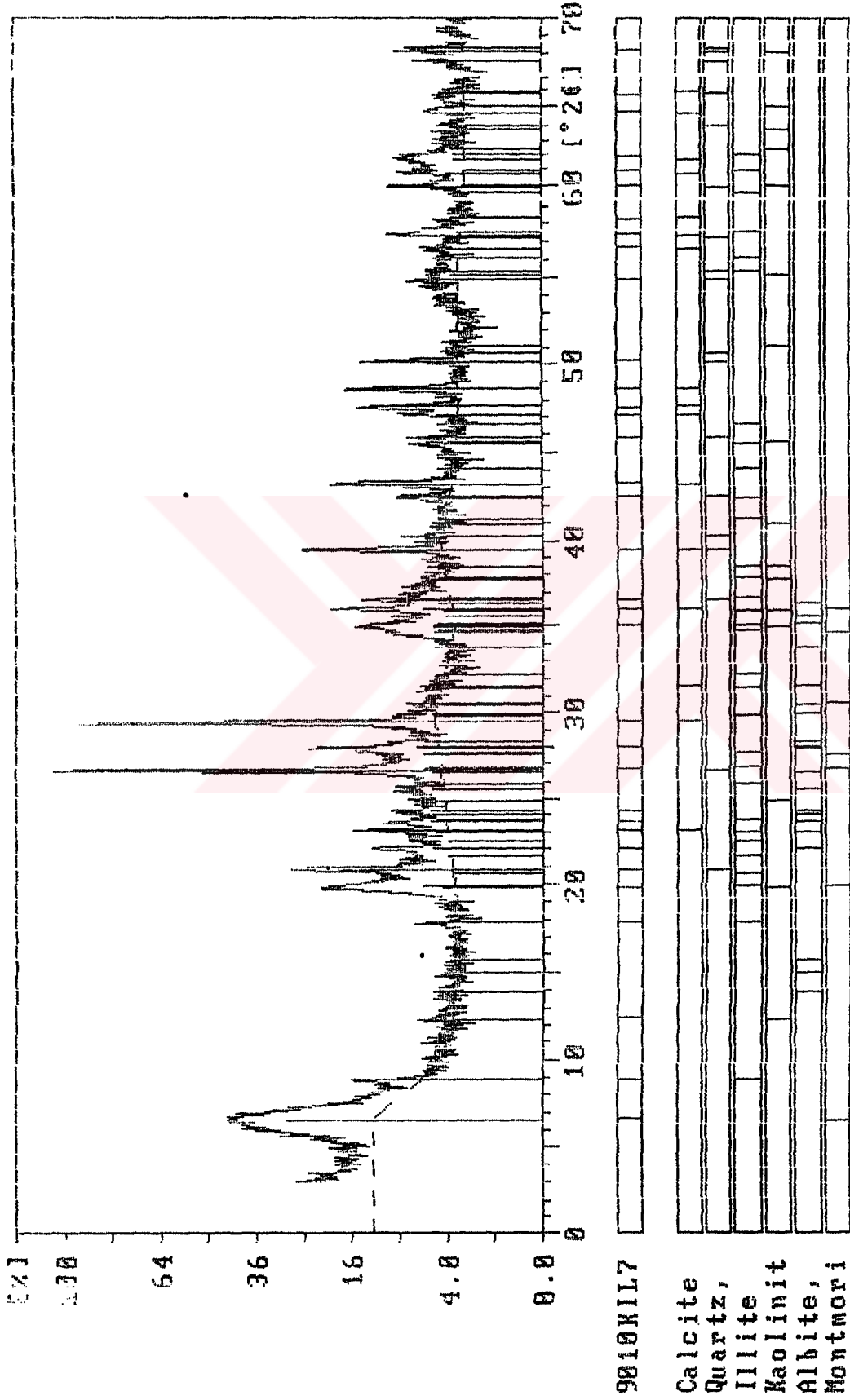
EK 1.7. 5-2 nolu gözlem çukuruna ait X – Işınları analizi



EK 1.8. 6 nolu gözlem çukuruna ait X – Işınları analizi



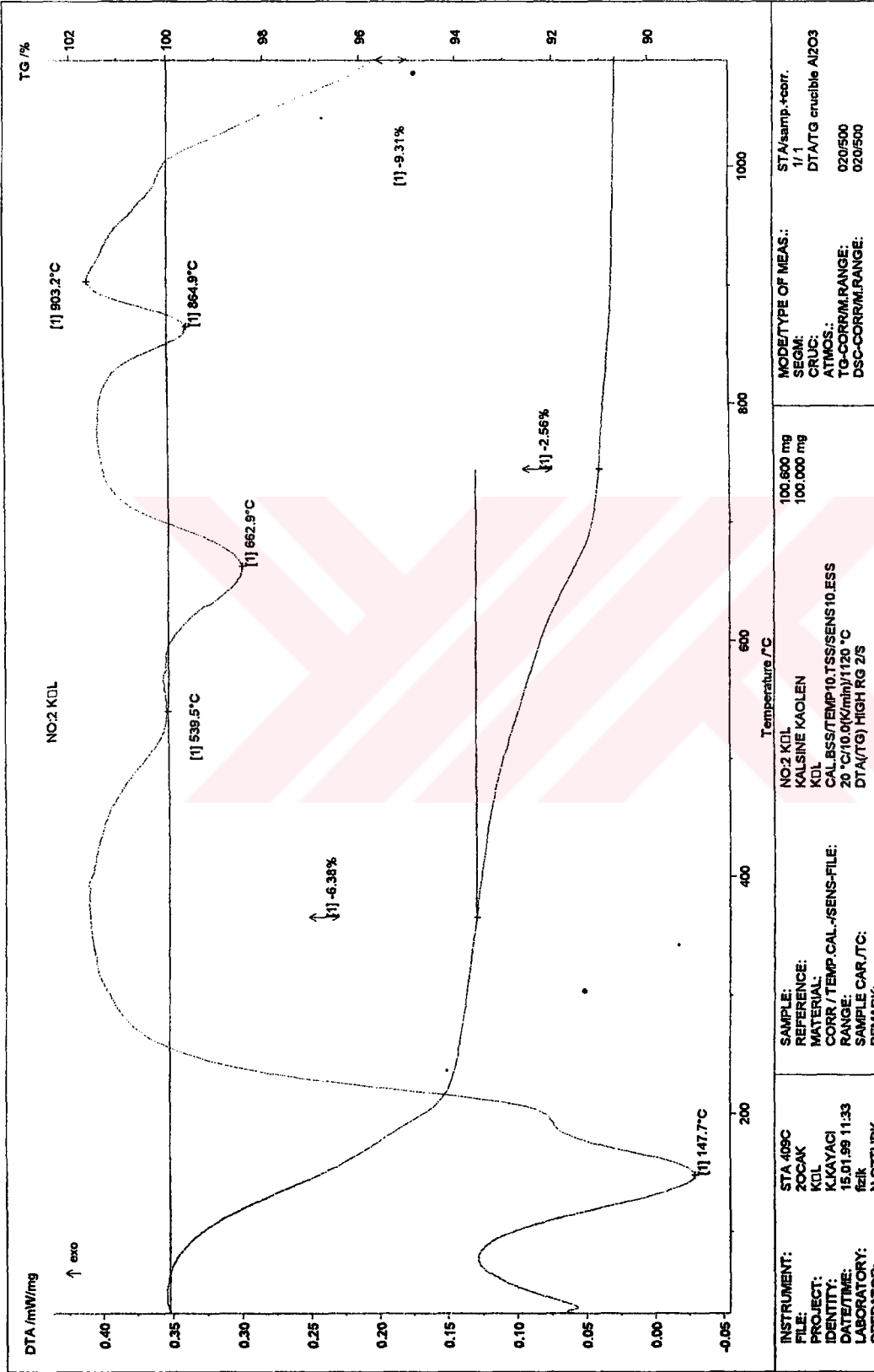
EK 1.9. 7 nolu gözlem çukuruna ait X - Işınlari analizi





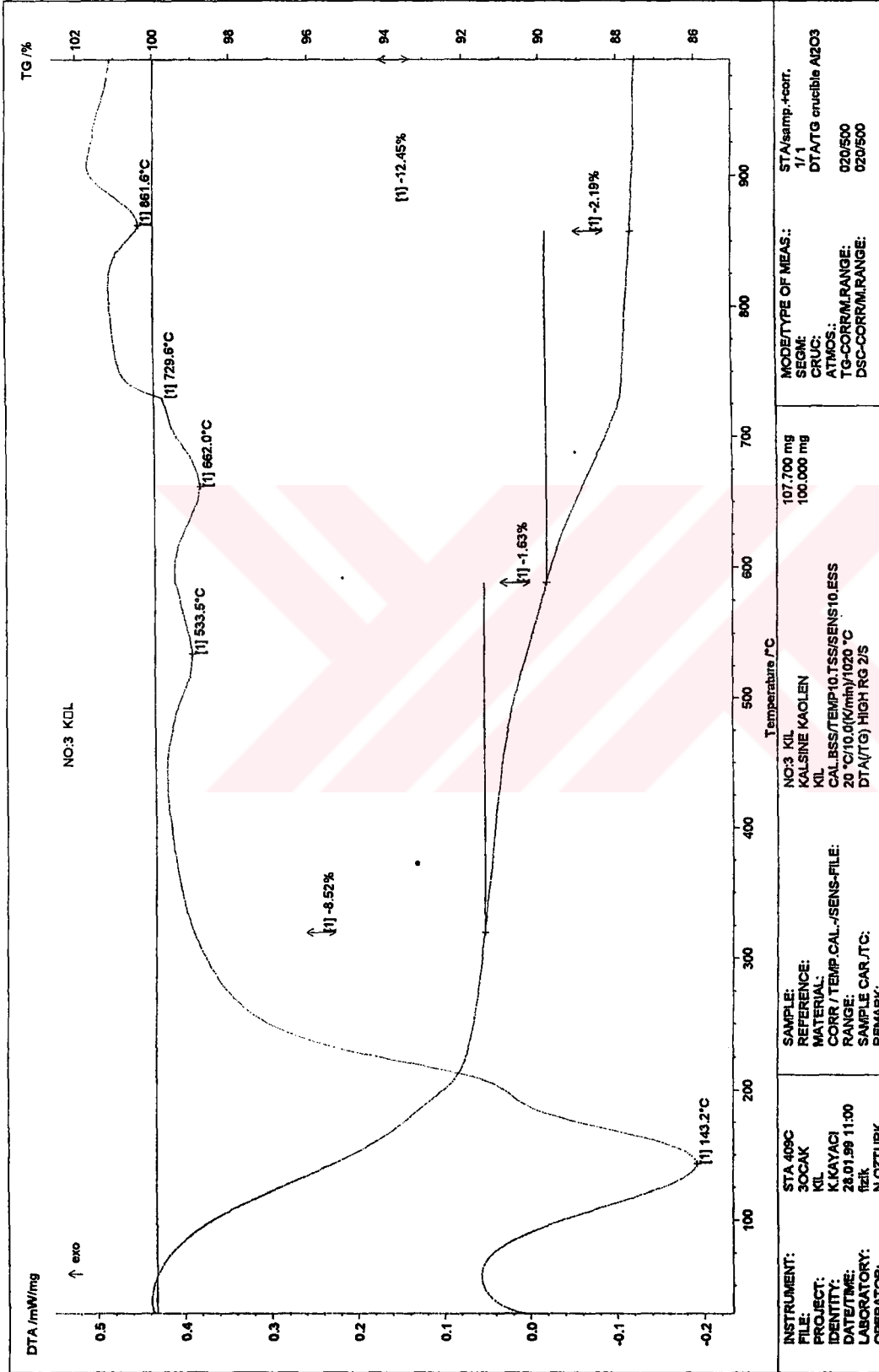
EK 2

EK 2.2. 2 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri

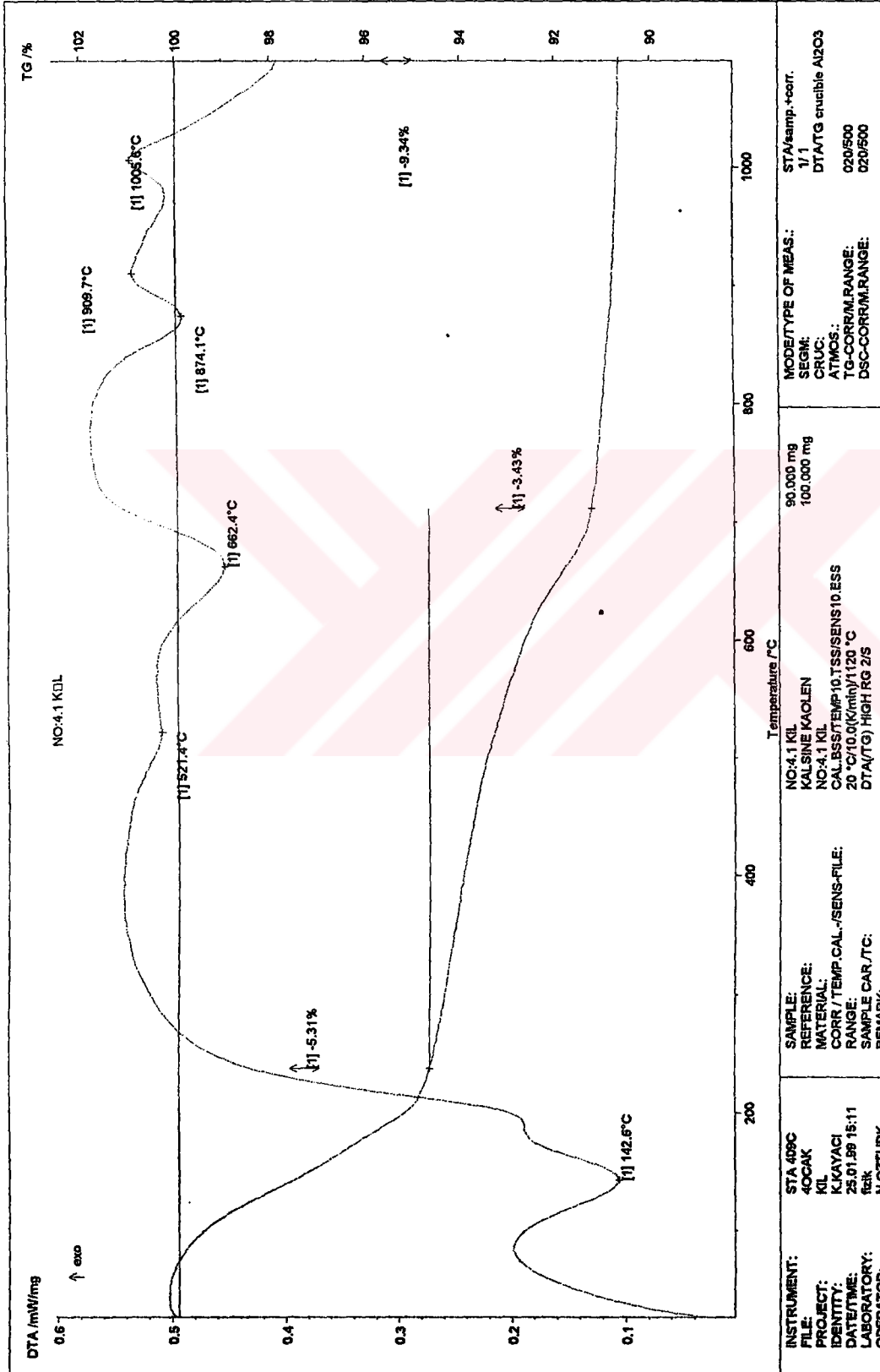


INSTRUMENT: FILE: PROJECT: IDENTITY: DATE/TIME: LABORATORY: OPERATOR:	STA 409C ZOCAK KDL KJAYAGI 15.01.99 11:33 fizik N.OZTURK	SAMPLE: REFERENCE: MATERIAL: CORR /TEMP-CAL-SENS-FILE: RANGE: SAMPLE CAR./TC: REMARK:	NO-2 KDL KALSINE KAOLEN KDL CAL.BSS/TEMP10.TSS/SENS10.ESS 20 °C/10.0(K/min)/1120 °C DTA(TG) HIGH RG 2/S	100.800 mg 100.000 mg	MODE/TYPER OF MEAS.: SEGM: CRUC: ATMOS: TG-CORR/M-RANGE: DSC-CORR/M-RANGE:	STA/samp-+corr. 1/1 DTA/TG crucible A203 020/500 020/500
--	--	--	--	--------------------------	--	--

EK 2.3. 3 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri

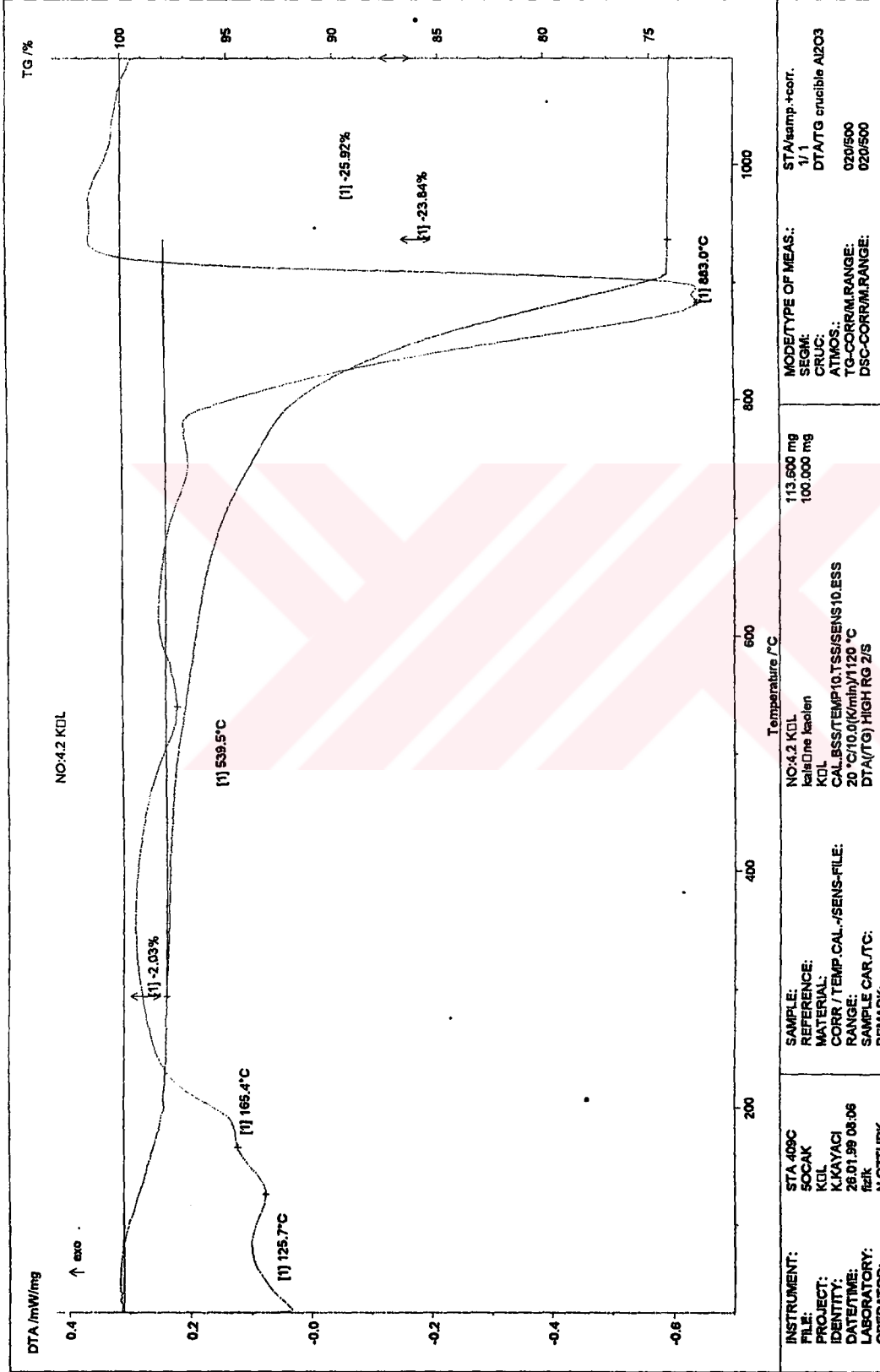


EK 2.4. 4-1 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri

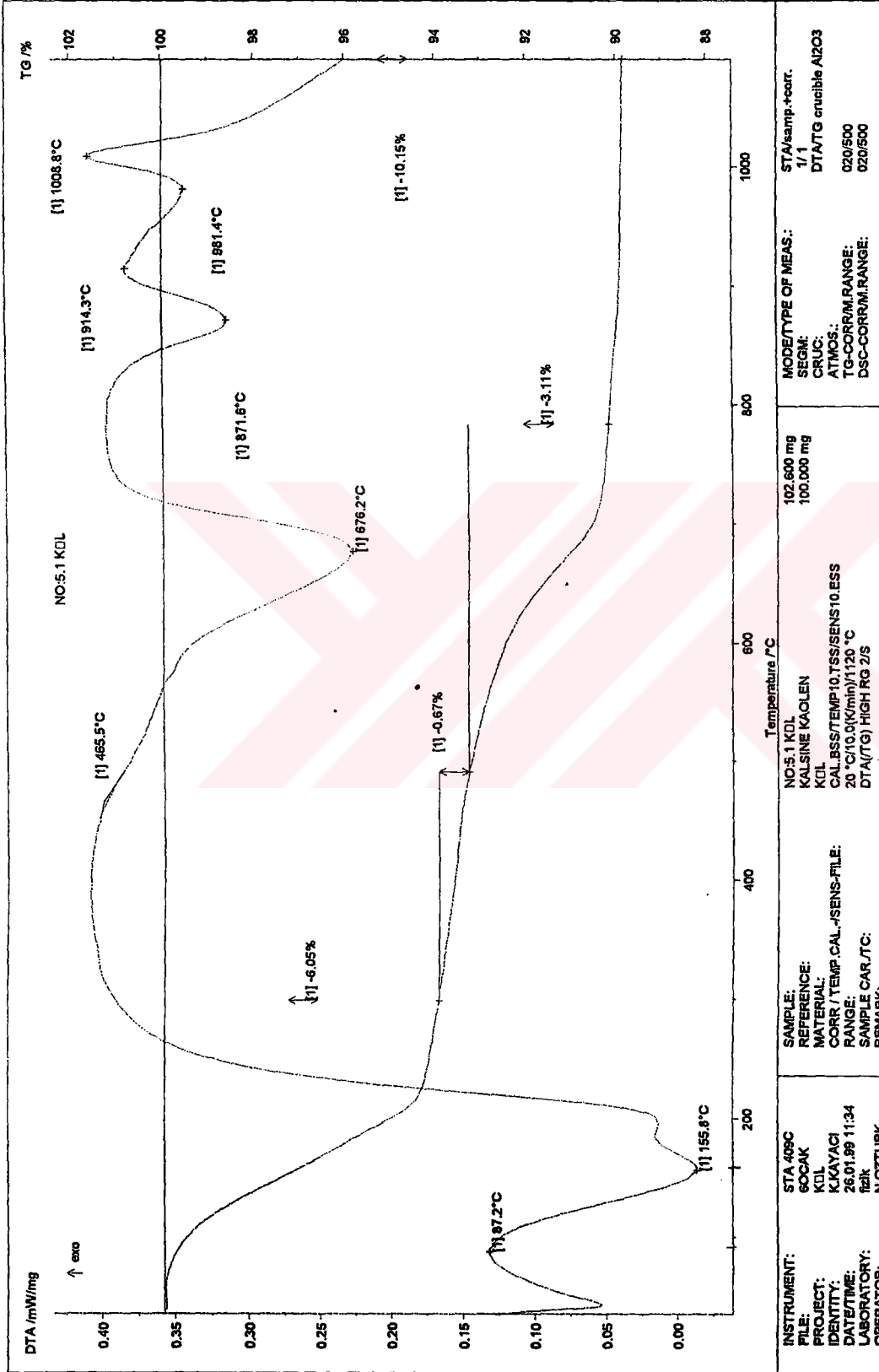


INSTRUMENT: FILE: PROJECT: IDENTITY: DATE/TIME: LABORATORY: OPERATOR:	STA 409C 40CAK KIL K.KAYACI 25.01.99 15:11 TRK N.ÖZTURK	SAMPLE: REFERENCE: MATERIAL: CORR / TEMP.CAL./SENS-FILE: RANGE: SAMPLE CAR./TC: REMARK:	NO:4.1 KDL KALSINE KAOLEN NO:4.1 KIL CAL.BSS/TEMP.10.TSS/SENS.10.ESS 20 °C/10.0(K/min)/1120 °C DTA(TG) HIGH RG 2/S	90.005 mg 100.000 mg	MODE/TYPER OF MEAS.: SEGM: CRUC: ATMOS: TG-CORR/RANGE: DSC-CORR/RANGE:	STA/samp.-corr. 1/1 DTA/TG crucible AL2O3 020/500 020/500
---	---	---	---	-------------------------	---	---

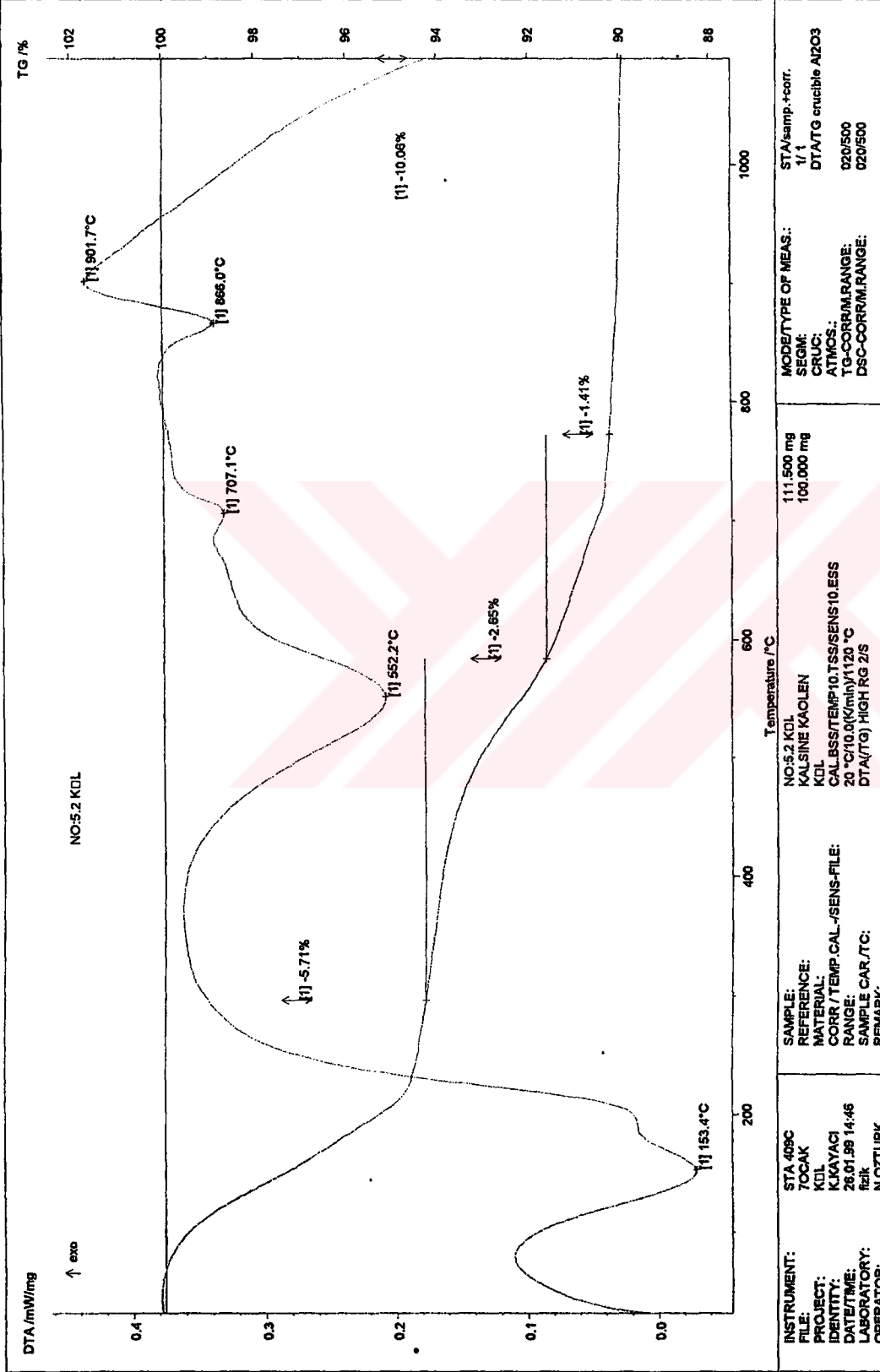
EK 2.5. 4-2 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri



EK 2.6. 5-1 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri

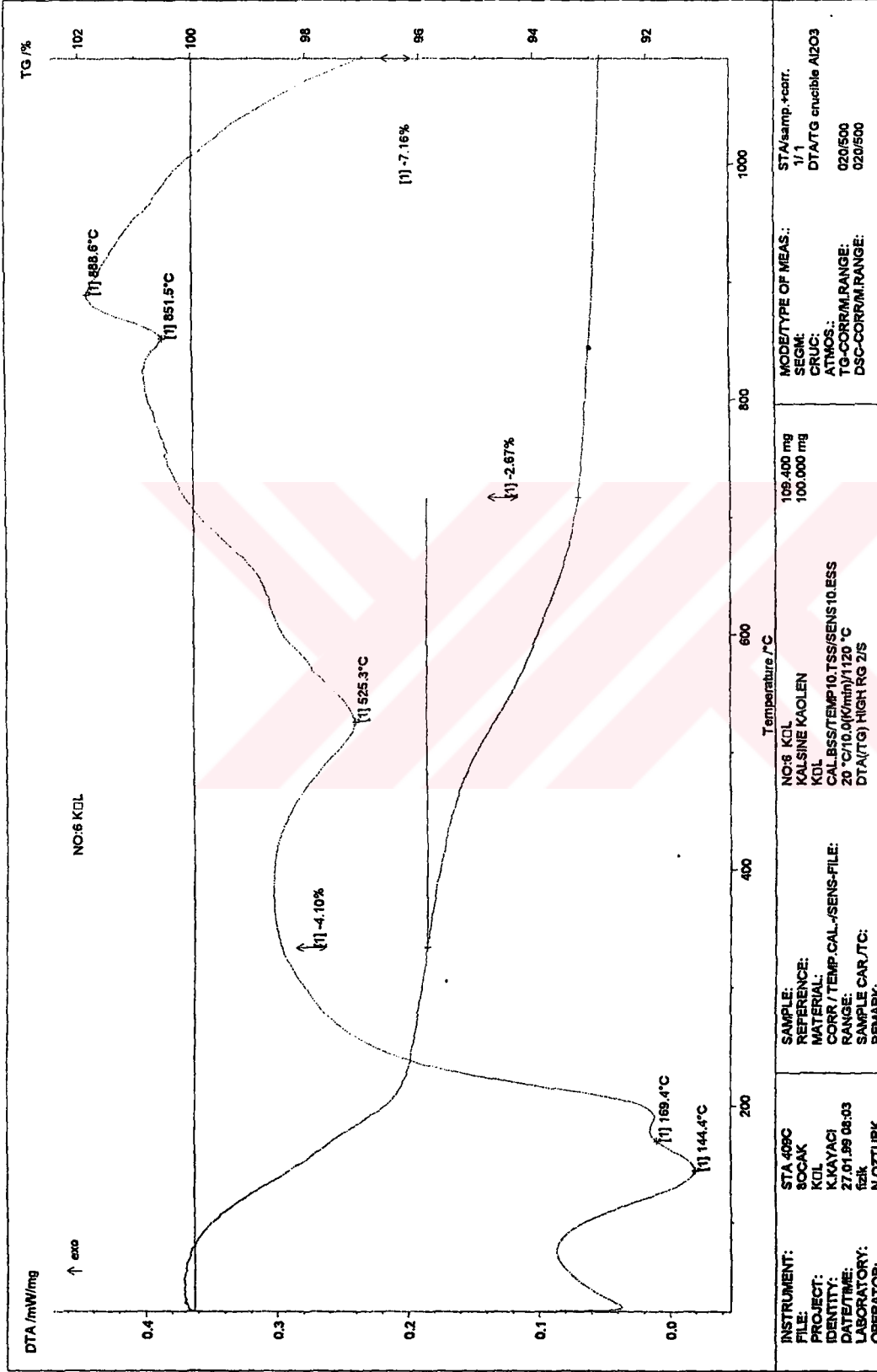


EK 2.7. 5-2 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri



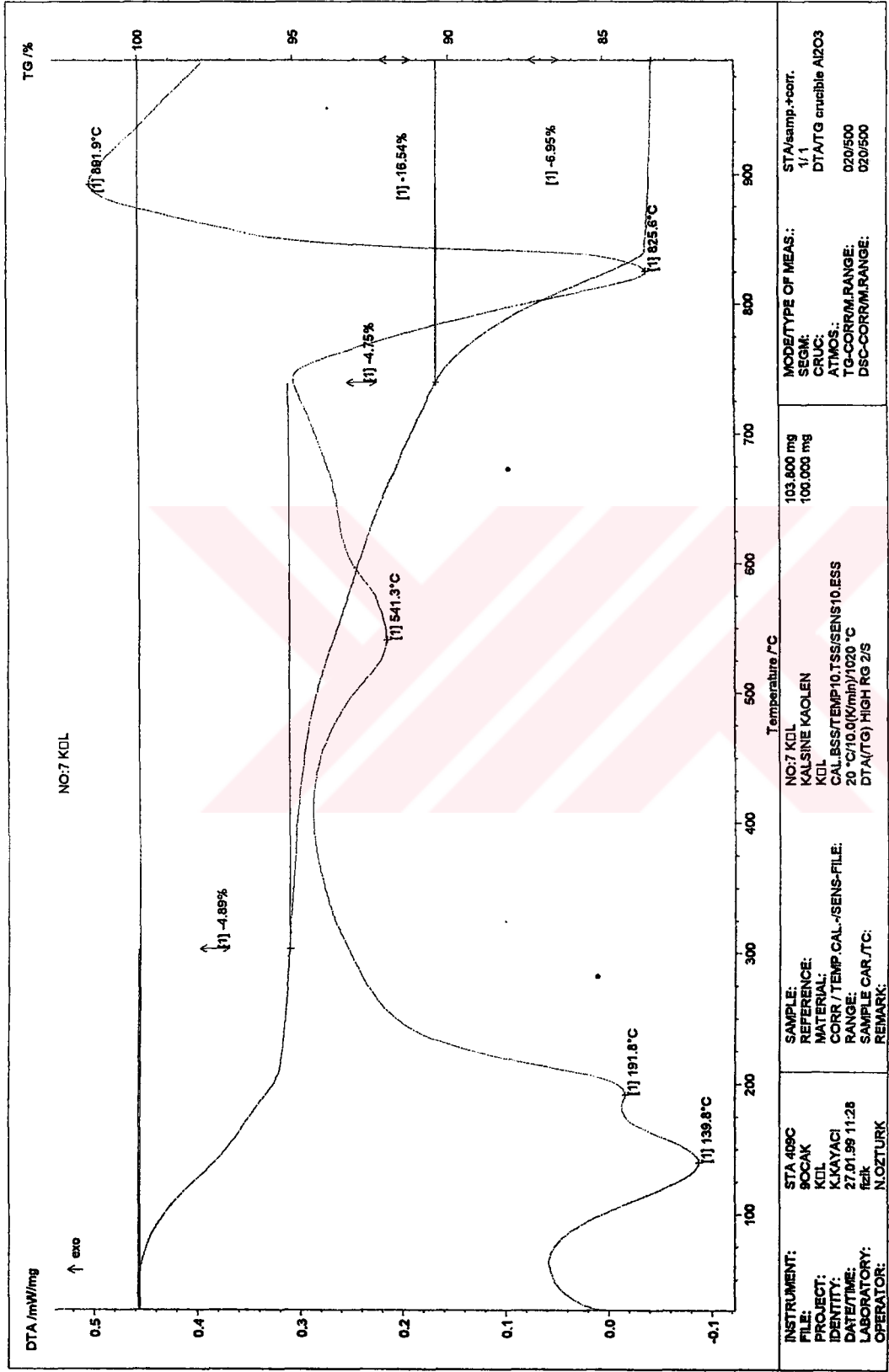
INSTRUMENT: FILE: PROJECT: IDENTITY: DATE/TIME: LABORATORY: OPERATOR:	STA 409C 70CAK KDL KJAYACI 28.01.99 14:46 fizik N.ÖZTURK	SAMPLE: REFERENCE: MATERIAL: CORR / TEMP.CAL.-/SENS-FILE: RANGE: SAMPLE CAR./TC: REMARK:	NO:5.2 KDL KALSİNE KAOLEN KDL CAL.BSS/TEMP.10.TSS/SENS10.ESS 20 °C/10.0(K/min)/1120 °C DTA(TG) HIGH RG 2/S	111.500 mg 100.000 mg	MODE/TYPE OF MEAS.: SEGM: CRUC: ATMOS.: TG-CORR/M.RANGE: DSC-CORR/M.RANGE:	STA/samp.+corr. 1/1 DTATG crucible A203 D20/500 D20/500
---	--	--	---	--------------------------	---	---

EK 2.8. 6 nolu gözlem çukuruna ait Diferansiyel Termal Analizleri



INSTRUMENT: FILE: STA 409C PROJECT: SOCAK IDENTITY: KOL DATE/TIME: KUYAYCI 27.01.99 08:03 LABORATORY: fizik OPERATOR: N.OZTURK	SAMPLE: REFERENCE: NO:6 KOL MATERIAL: KALSINE KAOLEN CORR / TEMP.CAL.-SENS-FILE: KOL RANGE: CAL.BSS/TEMP.10.T.SS/SENS.10.ESS SAMPLE CAR./TC: 20 °C/10.0(K/min)/1120 °C REMARK:	MODE/TYPER OF MEAS.: SEGM: 1/1 CRUC: DTA/TG crucible AL2O3 ATMOS: TG-CORR/RANGE: 020/500 DSC-CORR/RANGE: 020/500	STA/samp.-corr.: 1/1 DTA/TG crucible AL2O3 020/500 020/500
---	---	---	---

EK 2.9. 7 nolu gözlem çukuruına ait Diferansiyal Termal Analizleri



INSTRUMENT: STA 409C	MODE/TYPE OF MEAS.: STA/temp.-corr. 1/1
FILE: 90CAK	SEGMENT: DTA/TG crucible Al2O3
PROJECT: KOL	CRUC.: DTA/TG crucible Al2O3
IDENTITY: K.KAYACI	ATMOS.: DTA/TG crucible Al2O3
DATE/TIME: 27.01.99 11:28	TG-CORR/M.RANGE: 020/500
LABORATORY: fizik	DSC-CORR/M.RANGE: 020/500
OPERATOR: N.OZTURK	
SAMPLE: NO:7 KOL	WEIGHT: 103.800 mg
REFERENCE: KALSINE KAOLEN	NET WEIGHT: 100.000 mg
MATERIAL: KOL	
CORR / TEMP CAL.-SENS-FILE: CAL.BSS/TEMP10.TSS/SENS10.ESS	
RANGE: 20 °C/10.0(K/min)/1020 °C	
SAMPLE CAR./TC: DTA(TG) HIGH RG 2/S	
REMARK:	