



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**POMZA, KUVARSİT VE
DİATOMİTTEN ÜRETİLEN
AMORF SİLİKANIN
SONDAJ ÇAMURUNA
ETKİSİ**

Mustafa Gökten AYDIN

**PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

HAZİRAN 2020



**POMZA, KUVARSİT VE DİATOMİTTEN ÜRETİLEN AMORF
SİLİKANIN SONDAJ ÇAMURUNA ETKİSİ**

Mustafa Göktan AYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2020

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



İmza

Mustafa Gökten AYDIN

26/06/2020

Pomza, Kuvarsit ve Diatomitten Üretilen Amorf Silikanın Sondaj Çamuruna Etkisi
(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa Göktan AYDIN

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2020

ÖZET

Sondaj operasyonunun en önemli bileşenlerinin başında su bazlı sondaj çamuru gelmektedir. Su bazlı sondaj çamuru dünya çapında en sık kullanılan sondaj çamuru tipidir. Sondaj çamurunun akış özelliklerinin istenilen seviyelerde tutulması için çeşitli kimyasallar ve polimerler katkı malzemesi olarak sondaj çamurunun formülasyonunda kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinin doğrudan ya da çeşitli proseslerle temin edilmesi sondaj maliyetini etkilemektedir. Son yıllarda bu maliyetlerin azaltılması için birçok çalışma yapılmakta olup, doğal malzemeler (sepiyolit, diatomit) katkı malzemesi olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, su bazlı sondaj çamuruna katkı malzemesi olarak ülkemizde bol miktarda rezervi bulunan, temin edilmesi kolay ve ucuz maliyete sahip olan pomza, kuvarsit ve diatomit ve bu üç cevherden alkali ekstraksiyon metodu ile üretilen amorf silika kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında su bazlı sondaj çamurları American Petroleum Institute (API) 13-A standardına göre hazırlanarak ağırlıkça farklı oranlarda (%3-10) pomza, kuvarsit, diatomit ve amorf silika eklenmiştir. Numunelerin reolojik ve filtrasyon özellikleri API 13B-1 standardına göre analiz edilmiştir.

Yapılan analizler sonucu amorf silika katkılı çamurların %8-%10'luk katkı oranlarında API 13B-1 standardını büyük ölçüde sağladığı belirlenmekle birlikte mevcut katkı maddelerine alternatif bir katkı maddesi olarak kullanılabilmesi gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Amorf Silika, Sondaj Çamuru, Jel Mukavemeti, Bentonit, Sondaj

Sayfa Adedi : 75

Danışman : Prof. Dr. Tolga DEPCİ

Effect of Amorphous Silica Produced from Pumice, Quartzite and Diatomite on Drilling Mud
(M. Sc. Thesis)

Mustafa Göktañ AYDIN

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

June 2020

ABSTRACT

Water based drilling mud is one of the most commonly used drilling mud type worldwide in drilling operation. Various chemicals and polymers are used as additives in the formulation of the drilling mud to keep the flow properties of the drilling mud at desired levels. The supply of these additives and the application process directly affect the drilling cost. Therefore, in recent years, many studies have been carried out to reduce these costs and natural materials (sepiolite, diatomite) are considered as additives.

In the present study, pumice, quartzite and diatomite as natural ore and amorphous silica produced by alkali extraction method from these three ores were used in as water-based drilling mud as additives.

Within the scope of the study, water-based drilling muds were prepared according to American Petroleum Institute (API) 13-A standard and pumice, quartzite, diatomite and amorphous silica were added into the muds in different concentrations (3-10%, wt). The rheological and filtration properties of the samples were analyzed according to API 13B-1 standard.

The experimental results showed that the amorphous silica added muds provided the API 13B-1 standard in additive ratios of 8-10%, it could be used as an alternative additive for water-based drilling mud operation.

Key Words : Amorphous Silica, Drilling Mud, Gel Strength, Bentonite, Drilling
Page Number : 75
Supervisor : Prof. Dr. Tolga DEPCİ

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılmasında ve yazımı sırasında sahip olduğu donanımlı bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmamı yönlendiren, her türlü yardımı esirgemeyen ve gerek fikirleri gerek ise davranışları ile rol modelim olan, hayatım boyunca vefa borcumu ödeyemeyeceğim ve asla unutamayacağım saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Tolga DEPCI'ye sonsuz saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Çalışmamın yürütülmesi esnasında motivasyon desteğini her zaman hissettiğim İskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölüm Başkanı Sn. Prof. Dr. Yakup KAR'a, desteklerini bir an olsun bile esirgemeyen değerleri mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Onur Eser KÖK'e, Arş. Gör. Emine YALMAN'a, Arş. Gör. Gökhan ÇEVİK'e ve Arş. Gör. Berkay EREN'e saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Ayrıca çalışmalarımda motivasyon desteğini esirgemeyen, maddi ve manevi olarak yardımını koşulsuz sağlayan, hayatım boyunca desteklerine muhtaç olduğum ve olacağım annem Yeşim AYDIN, babam Metin AYDIN ve kardeşim Dila Ceren AYDIN'a sonsuz saygı, teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER LİSTESİ	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. SONDAJ ÇAMURU	5
2.1 Sondaj Çamurunun Tanımı	5
2.2 Sondaj Çamurunun Tarihçesi	5
2.2 Sondaj Çamurunun Görevleri	6
2.2.1 Formasyon basıncını kontrol etmek	6
2.2.2 Kuyu dibindeki formasyon kırıntılarını yüzeye çıkarmak	6
2.2.3 Matkabı ve sondaj dizisini soğutmak/yağlamak	6
2.2.4 Sirkülasyonun durduğu durumlarda kırıntıları askıda tutmak	6
2.2.5 Hidrolik gücü matkaba taşımak	6
2.2.6 Sondaj dizisinin ağırlığının taşınmasına yardımcı olmak	6
2.2.7 Geçirgen formasyonlarda sıvı kaybını azaltmak	7
2.3 Sondaj Çamurunun Değerlendirilmesi	7
2.3.1 Matkap ilerleme hızı	7
2.3.2 Kuyu stabilitesi	7
2.3.3 Formasyon değerlendirmesi	7
2.3.4 Üretim yapılan formasyonun kirlenmesi	8

2.3.5 Korozyon	8
2.3.6 Maliyet	8
2.4 Sondaj Çamuru Tipleri	8
2.4.1 Su bazlı sondaj çamurları	10
2.4.2 Organik bazlı sondaj çamurları	10
2.4.3 Hava bazlı sondaj çamurları	11
2.5 Sondaj Çamurunun Özellikleri	11
2.5.1 Çamur ağırlığı	11
2.5.2 Sıvı kaybı	11
2.5.3 Reolojik özellikler	12
2.5.4 Jel mukavemeti	17
2.5.5 Kimyasal özellikler	19
2.6 Sondaj Çamuru Katkı Maddeleri	21
2.7 Sondaj Çamurunun Test Yöntemleri	25
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1 Materyal	27
3.1.1 Kullanılan ham maddeler	27
3.2 Metod	29
3.2.1 Amorf silikanın elde edilmesi	29
3.2.2 Sondaj çamurunun kimyasal özelliklerinin ölçülmesi	30
3.2.3 Sondaj çamurunun fiziksel özelliklerinin ölçülmesi	35
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR	40
4.1 pH Parametresi için Analiz Sonuçları	42
4.2 Çamur Ağırlığı için Analiz Sonuçları	45
4.3 Görünür Viskozite, Plastik Viskozite ve Kopma Noktası için Analiz Sonuçları	49
4.4. 10 Saniye ve 10 Dakika Jel Mukavemeti için Analiz Sonuçları	58
4.5. Filtrasyon için Analiz Sonuçları	65

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER-----	69
KAYNAKLAR-----	70
ÖZGEÇMİŞ -----	74
DİZİN-----	75



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Sondaj çamurlarının sınıflandırılması -----	9
Çizelge 2.2. Akışkanların reolojik olarak sınıflandırılması-----	13
Çizelge 2.3. Ph-Alkalinite ilişkisi -----	20
Çizelge 2.4. Sondaj çamuru katkı maddeleri-----	23
Çizelge 2.5. API Spec 13A bentonit çeşitleri ve standartları -----	24
Çizelge 3.1. Kullanılan cevherlerin elemental analizi -----	28
Çizelge 3.2. Amorf silikanın elde edilme şeması -----	30
Çizelge 4.1. Üretilen amorf silikanın elemental analizi -----	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sondaj çamuru jel tipleri -----	18
Şekil 3.1. Pomza cevheri için SEM görüntüsü -----	27
Şekil 3.2. Kuvarsit için SEM görüntüsü-----	27
Şekil 3.3. Diatomit için SEM görüntüsü-----	28
Şekil 4.1. Pomza cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü -----	43
Şekil 4.2. Diatomit cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü-----	43
Şekil 4.3. Kuvarsit cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü -----	44
Şekil 4.4. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi -----	46
Şekil 4.5. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi -----	46
Şekil 4.6. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi-----	47
Şekil 4.7. Amorf silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi -----	47
Şekil 4.8. Çamur numunelerinin pH değerlerinin karşılaştırılması-----	48
Şekil 4.9. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi -----	49
Şekil 4.10. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi -	49
Şekil 4.11. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi-	50
Şekil 4.12. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi-----	51
Şekil 4.13. Su bazlı sondaj çamuru numunelerinin çamur ağırlığı değerlerinin karşılaştırılması -----	51
Şekil 4.14. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri-----	53

Sayfa

Şekil 4.15. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri -----	53
Şekil 4.16. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri -----	54
Şekil 4.17. Amorf silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri -----	55
Şekil 4.18. Çamur numunelerinin AV değerlerinin karşılaştırılması-----	55
Şekil 4.19. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri -----	56
Şekil 4.20. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri -----	56
Şekil 4.21. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri-----	57
Şekil 4.22. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri -----	57
Şekil 4.23. Çamur numunelerinin PV değerlerinin karşılaştırılması -----	58
Şekil 4.24. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri -----	59
Şekil 4.25. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri -----	59
Şekil 4.26. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri-----	60
Şekil 4.27. Amorf silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri -----	60
Şekil 4.28. Çamur numunelerinin YP değerlerinin karşılaştırılması -----	61
Şekil 4.29. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye jel mukavemeti değerleri-----	62
Şekil 4.30. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye jel mukavemeti değerleri-----	63
Şekil 4.31. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye jel mukavemeti değerleri-----	63
Şekil 4.32. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye jel mukavemeti değerleri-----	64

Sayfa

Şekil 4.33. Sondaj çamuru numunelerinin 10 saniye jel mukavemeti değerlerinin karşılaştırılması -----	64
Şekil 4.34. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dakika jel mukavemeti değerleri-----	65
Şekil 4.35. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dakika jel mukavemeti değerleri-----	66
Şekil 4.36. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dakika jel mukavemeti değerleri-----	66
Şekil 4.37. Amorf silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dk. jel mukavemeti Değerleri -----	67
Şekil 4.38. Çamur numunelerinin 10 dk. jel muk. değerlerinin karşılaştırılması -----	67
Şekil 4.39. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri -----	68
Şekil 4.40. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri -----	69
Şekil 4.41. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri -----	69
Şekil 4.42. Amorf silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri -----	70
Şekil 4.43. Çamur numunelerinin filtrasyon değerlerinin karşılaştırılması -----	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

g	: Gram
cm	: Santimetre
Si	: Silisyum
Al	: Alüminyum
H	: Hidrojen
O	: Oksijen
Na⁺	: Sodyum İyonu
Ca⁺²	: Kalsiyum İyonu
K⁺	: Potasyum İyonu
SiO₂	: Silisyum Dioksit / Silika
Al₂O₃	: Alüminyum Oksit
Fe₂O₃	: Demir (III) Oksit
MgO	: Magnezyum Oksit
CaO	: Kalsiyum Oksit
Na₂O	: Sodyum Oksit
K₂O	: Potasyum Oksit
°C	: Santigrat Derece
Na₂CO₃	: Sodyum Karbonat
Na	: Sodyum

Simgeler

Ca	: Kalsiyum
s	: Saniye
cP	: Santipoiz
CaCO₃	: Kalsiyum Karbonat
MgCO₃	: Magnezyum Karbonat
CO₂	: Karbondioksit Gazı
OH⁻	: Hidroksit İyonu
m²	: Metrekare
Mg⁺²	: Magnezyum İyonu
Fe⁺²	: Demir İyonu
Zn⁺²	: Çinko İyonu
mm	: Milimetre
lb	: Libre
ft	: Feet
Li⁺	: Lityum İyonu
C	: Karbon Elementi
NaHCO₃	: Sodyum Bikarbonat Bileşigi
Cc	: Mililitre
Fe	: Demir
S	: Kükürt
cm³	: Santimetreküp
mL	: Mililitre

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
API	: American Petroleum Institute
Spec	: Specification
BET	: Brunauer-Emmett-Teller Metodu
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
ISO	: International Organization for Standardization
XRF	: X Işını Floresans Spektrometresi
AV	: Görünür Viskozite
RPM	: Rotary Per Minute
CMC	: Karboksimetil Selüloz
CMC-LV	: Düşük Viskoziteli Karboksimetil Selüloz
CMC-HV	: Yüksek Viskoziteli Karboksimetil Selüloz
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
YP	: Yield Point / Kopma Noktası
PV	: Plastik Viskozite
XRD	: X Işını Difraktometresi
SEM	: Scanning Electron Microscope

1. GİRİŞ

Dünyada ve Ülkemizde gün geçtikçe teknoloji gelişmekte, nüfus artmaktadır. Artan nüfus ile beraber ülkelerin enerji tüketimlerinin doğru orantılı olarak arttığı bilinmektedir. Enerji tüketimi artışı ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile doğru orantılıdır [1]. Ülkeler her geçen gün artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için birçok enerji kaynağından yararlanmaktadırlar. Bu enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil kaynaklardan özellikle günümüzde petrol ve doğalgazdan karşılamaktadırlar.

Dünya ispatlanmış petrol rezervleri yaklaşık olarak 1,383 milyar varildir. En fazla rezerve sahip olan bölgenin Ortadoğu (%54,4) olduğu bilinmektedir. En fazla rezerve sahip ülke ise yaklaşık olarak %19,1'lik pay ile Suudi Arabistan'dır. Suudi Arabistan'ı, Venezuela (%15,3), İran (%9,9), Irak (%8,3), Kuveyt (%7,3), Birleşik Arap Emirlikleri (%7,1), Rusya (%5,6) ve Libya (%3,4) takip etmektedir [2].

Dünya doğalgaz kaynaklarının %40,9'u Orta Doğu'da, %30,6'sı Avrasya'da, %10'u Asya Pasifik'te, %7,1'i Afrika'da, %5,6'sı Kuzey Amerika'da, %4,2'si Orta ve Güney Amerika'da ve %1,5'i ise Avrupa'da bulunmaktadır [3].

Ülkemiz kullandığı petrolün %98'ini ve kullandığı doğalgazın %92'sini dış ülkelere ithal etmektedir [4]. Dışa bağımlılığın bu denli fazla olması ülke ekonomisini doğrudan etkilemektedir. Özellikle son yıllarda petrol ve doğalgaz enerji ihtiyaçlarında dışa bağımlılığı azaltmak için yapılan çalışmaların sayısı artmıştır. Ülkemizin karada ve denizde daha önce incelenmiş sahaları gelişen teknolojik yöntemler ile tekrar incelenmektedir. İncelenmemiş bölgelerin petrol ve doğalgaz potansiyelinin araştırılması için ise yeni sondaj kuyuları açılmaktadır.

Bu kaynaklardan yararlanmak için ülkeler tarafından büyük maliyetli sondaj operasyonları yapılmaktadır. Her geçen gün artan maliyet bilim insanları maliyeti düşürme noktasında çalışma yapmaya zorlamaktadır. Bu bağlamda yüksek maliyetli sondaj operasyonlarının maliyetini düşürmek için yapılan çalışmalar değer kazanmaya başlamıştır. Söz konusu yüksek maliyetler sondaj operasyonunun derinliğine, geçilen formasyonların özelliklerine göre yapılan işlemlerin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Kuyu içerisinde birçok kritik görevi sondaj çamuru üstlenmektedir. Sondaj çamurunun üstlendiği önemli görevlerden bazıları şunlardır; kırıntıları yüzeye taşımak, matkabı soğutmak, kuyuda oluşabilecek çöküntüleri önlemek, formasyon basıncını dengede tutmak,

sondajın durması durumunda yüzeye taşıdığı kırıntıları askıda tutarak kuyu dibinde birikmesini önlemek, paslanmayı önlemek, dizi hareketini kolaylaştırmak [5].

Sondaj çamuru kendisinden beklenen bu görevleri yerine getirirken kuyu dibi sıcaklık ve basınç koşullarına karşı dayanıklı olmalıdır. Sondaj çamurunun performansı değerlendirilirken şu kriterler göz önüne alınır: delme hızı, kuyu stabilitesi, formasyon değerlendirme, üretim yapılan zonun kirlenmesi, korozyon, maliyet [6].

Sondaj çamurunun kuyu içerisinde üstlendiği bu görevleri yerine getirmesi için akış özelliklerinin formasyon özelliklerine göre ayarlanması gerekmektedir. Kuyu içinde sürekli sirkülasyon halinde olan çamurun kuyu girişinde ve çıkışında akış özellikleri farklılık göstermektedir. Bu nedenden dolayı çamur ağırlığı, pH, jel mukavemeti, viskozite ve filtrasyon gibi akış özelliklerinin istenilen seviyelerde tutulması için sondaj çamuruna çeşitli kimyasallar, farklı katkı maddeleri ve polimerler karıştırılmaktadır.

Akış özelliklerinin istenilen düzeyde olması ve kontrol edilebilmesi için ağırlaştırıcılar, viskozite düzenleyicileri, filtrasyon kontrol malzemeleri, yağlayıcılar, kaçak önleyiciler, incelticiler ve pH düzenleyiciler kullanılmaktadır [6].

Yüksek maliyetli sondaj çamuru katkı malzemelerinin sondaj maliyetlerini artırması bu alanda yapılan çalışmaların odak noktası haline gelmiştir. Kuyu içinde çamur görevlerini yerine getirirken gerekli durumlarda kullanılan katkı maddelerinin yarattığı etkiyi yaratabilecek ucuz, kolay elde edilebilir malzemeler üzerine çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

Bu çalışmada ülkemizde bol miktarda rezervi bulunan üretimi kolay ve maliyeti düşük olan pomza, diatomit ve kuvarsit ve bu üç cevherden alkali ekstraksiyon metodu ile elde edilen amorf silikanın sondaj çamuruna katılanmasının çamur üzerinde yarattığı etkiler araştırılmıştır.

Gözenekli ve oldukça hafif yapıya sahip olan pomza volkanik faaliyetler sonucunda oluşmuştur. İçerdiği gözenekler birbirleri ile genellikle bağlantısızdır. Kimyasal yapılarına göre asidik ve bazik pomza olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Asidik pomza için %SiO₂ değeri yüksek, bazik pomza için ise % Al₂O₃, % Fe₂O₃ ve % MgO değerleri yüksektir [7].

Dünyada yaklaşık 18 milyar ton pomza rezervi tespit edilmiştir. Pomza rezervlerinin büyük bir kısmını barındıran ülkeler arasında Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye ve İtalya gelmektedir. Volkanik aktivitelerin geniş bir yer kapladığı coğrafyada yer alan ülkemiz

pomza rezervi açısından oldukça zengindir. Sınırlarımız içinde yaklaşık olarak 2,8 milyar ton pomza rezervinin olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre Türkiye pomza rezervi, Dünya pomza rezervinin yaklaşık olarak %15,8'ine denk gelmektedir. Ülkemiz rezervlerinin %55,7'si Doğu Anadolu Bölgesinde ve %44,3'ü İç Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır [8]. Rezervinin bu kadar fazla olması, kolay elde edilebilmesi, fiyatının ucuz olması nedeniyle çalışma için pomza tercih edilen endüstriyel ham maddeler arasında yer almıştır.

Amorf silikanın üretiminde kullanılacak endüstriyel ham maddelerden bir diğeri diatomittir. Diatomit, volkanik aktivitelerin fazla olduğu yörelerde bulunan tatlı ve tuzlu su haznelerinde, fotosentez olayının yaşandığı sığ derinliklerde bulunan tek hücreli bir alg türünün (diatome iskeleti) yanı sıra kil, kum, volkanik kil ve başka organik kalıntılardan oluşan kayaç olarak bilinmektedir. Diatomitlerin kimyasal bileşimleri buldukları ortamın koşullarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Ortalama boyutları 50-100µm aralığında değişmektedir. Boşluklu yapıya sahip olan diatomitin boşluk değeri %95'e kadar çıkabilmektedir. Sahip oldukları boşluklu yapının fazla olması sebebi ile ağırlıklarının 3 katına kadar su emebilmektedirler. Kullanım alanları; filtrasyon yardımcı malzemesi, dolgu malzemesi, izolasyon malzemesi, absorbant, katalizör taşıyıcı, aşındırıcı, hafif yapı malzemesi, silika kaynağı ve gübre düzenleyici olarak karşımıza çıkmaktadır [44].

Dünyada diatomit rezervi bakımından en zengin kıtanın Avrupa ve onu takip eden en fazla rezerve sahip kıtanın Amerika kıtası olduğu bilinmektedir. Dünya üzerinde bulunan toplam 2 milyar ton rezervin yarısından fazlası Avrupa kıtasında yer almaktadır. Ülkemizin diatomit rezerv durumu incelendiğinde 125 milyon ton diatomit rezervine sahip olduğumuz belirlenmiştir. Bu rakam ülkemizin diatomit rezervi bakımından zengin bir ülke olduğunu göstermektedir. Rezervler; Ankara-Çankırı bölgesi, Kayseri, Nevşehir, Niğde, Kütahya, Afyon, Uşak ve Van illerinde bulunmaktadır [43].

Çalışma kapsamında amorf silikanın eldesi için işleme tabii tutulacak son endüstriyel ham madde kuvarsittir. Kuvarsitin kimyasal bileşimi kuvars, kum taşı ve kuvars kumu gibi SiO₂'den oluşmaktadır. Sert, sağlam ve aşındırıcı bir kayadır. Bu yüzden üretimi güç ve pahalıdır. Kuvarsit üretimi, aynı kimyasal bileşime sahip olan kuvars kumu ve kum taşından yapılmaktadır.

Dünya kuvarsit rezervlerinin kapasitesi tam olarak hesaplanamamasına rağmen milyar ton seviyelerinde olduğu bilinmektedir. Ülkemiz içinde ki rezerv kapasitesi araştırıldığında

yaklaşık 1,3 milyar ton kuvarsit rezervin varlığı saptanmıştır [45,46]. Bu rakam ülkemizin kuvarsit rezervi açısından zengin olduğunu göstermektedir.

Literatür incelendiğinde amorf silikanın genelde sol-gel metod [9] ve precipitation metodları [10] ile elde edildiği görülmektedir. Bu iki yöntemin en büyük dezavantajı yüksek sentez sıcaklığına ve kimyasalların maliyetine bağlı olarak yüksek miktarlarda enerji tüketimidir. Son yıllarda kullanılan low-temperature alkali ekstraksiyon yöntemi daha çok tercih edilmeye başlanmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında ise low-temperature alkali ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Bu metodun diğer iki metoda göre daha basit ve etkili olduğu bilinmektedir [11]. API 13-A standardına göre hazırlanmış spud tipi sondaj çamuruna pomza, kuvarsit diatomit ve daha sonra bu üç cevherden elde edilen amorf silika katkılanıp sondaj çamur performansına olan etkileri incelenmiştir. Hazırlanan numunelerin reolojik ve filtrasyon analiz ölçümleri API 13B-1 standardına göre yapılmıştır.

2. SONDAJ ÇAMURU

2.1 Sondaj Çamurunun Tanımı

Amerikan Petrol Enstitüsü'nün (API) yaptığı tanımlamaya göre sondaj çamuru, sondaj sırasında sirkülasyonu sağlamak ve farklı fonksiyonları yerine getirmek amacıyla çeşitli katkı maddeleri ile desteklenen su, organik ve gaz esaslı akışkandır [12].

2.2 Sondaj Çamurunun Tarihçesi

Bilimsel çalışmalara göre ilk sondaj sıvısının su olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalar sonrasında antik Çin ve Mısır'da basit rotary sondajlarda sondaj akışkanı olarak su kullanıldığı belgelenmiştir. İlk rotary su kuyusu sondajlarında yerel killer ve su karışımı ile elde edilen sondaj çamuru kullanılmıştır. Bu sondajlarda killer ile hazırlanan yeni sondaj akışkanının, kuyu tabanında ki performansının suya göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. 1890'lar ve 1901'de yapılan petrol sondajlarında yerel killerle ve su ile hazırlanan doğal sondaj çamurunun kullanılmasıyla, sondaj çamuru kavramı rotary sondajların bir parçası haline gelmiştir. 1920'li yıllarda formasyon basıncını kontrol etmek için çamurda demir oksit ve barit gibi ağırlaştırıcı katkı maddeleri kullanılmıştır. Sondaj çamuru içinde taşınan formasyon kırıntılarını askıda tutmak amacıyla 1929 yılında ilk olarak bentonit kullanılmıştır. Bu gelişme üzerine inorganik incelticilerin kullanımı artmış ve sıvı kaybı kontrolü kavramı üzerine yapılan çalışmaların sayısı artırılmıştır. Her geçen gün sondaj çamuru üzerine sürdürülen çalışmaların artması sondaj akışkanı ile ilgili ticari şirketlerin açılmasına sebep oldu. 1930'lu yıllarda daha derin ve daha zorlu koşullar altındaki sondajlar için sondaj çamurları hazırlanmaya başlandı. Bu gelişme ile beraber şirketler sondaj çamurunun geliştirilmesi için kapsamlı araştırmalar gerçekleştirdiler. Kazılan formasyonların çeşidine göre sondaj operasyonlarında karşılaşılan sorunlar da farklılık göstermektedir. Farklı formasyonlarda meydana gelen problemlerin çözümü için doymuş tuzlu su çamuru, deniz suyu çamuru ve kireç çamuru gibi sistemler geliştirilmiştir. Nişasta ve karboksi metil selüloz (CMC) gibi maddeler sıvı kaybını kontrol altına almak için kullanılmaya başlanmıştır. 1950'li yılların sonuna gelindiğinde ferrokrom lignosülfonat gibi yeni incelticiler kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişme ile kalsiyum kirlenmesi ve yüksek sıcaklık sorunlarının olduğu sondajlarda bentonit-su sisteminin başarıyla kullanılmaya başlanmıştır. Takip eden yıllarda sondaj çamuru teknolojisinde sondaj hızını arttırmak, kuyu stabilitesini kontrol etmek, formasyon kirlenmesini önlemek, çevre

kirliliğini azaltmak gibi amaçlarla çalışmalar yapılmıştır. Günümüzde çalışmalar yapılmaya devam etmektedir [6,13].

2.2 Sondaj Çamurunun Görevleri

2.2.1 Formasyon basıncını kontrol etmek

Çamur ağırlığının yarattığı hidrostatik basınç formasyon basıncını dengeler. Formasyon akışkanlarının kuyu içine akmasını ve kuyu içinde oluşabilecek basınç sorunlarının önlenmesini sağlar [6,14].

2.2.2 Kuyu dibindeki formasyon kırıntılarını yüzeye çıkarmak

Sondaj çamuru, matkabın formasyonu kesmesi ile oluşan formasyon kırıntılarını yüzeye taşıyarak kuyu dibinin sürekli temiz tutulmasını sağlar. Sondaj çamuru üstlendiği bu görev ile matkabın kuyu içerisinde daha rahat hareket etmesine olanak tanır. Kuyu dibinin temiz olması sondaj ilerleme hızı için oldukça önemli bir parametredir [6,14].

2.2.3 Matkabı ve sondaj dizisini soğutmak/yağlamak

Sondaj işlemi sırasında matkap ve sondaj dizisi delinen formasyon ile sürekli temas halindedir. Sondaj çamuru bu temas sebebiyle meydana gelen sürtünmeyi azaltır. Delme işlemi sırasında ısınan matkabın soğutulmasını sağlar [6,14].

2.2.4 Sirkülasyonun durduğu durumlarda kırıntıları askıda tutmak

Sondaj operasyonlarında bazı durumlarda operasyonun durdurulması gerekebilir. Delme işlemi durdurulduğunda sondaj çamurunun kuyu tabanından yüzeye taşıdığı formasyon kırıntılarının tekrar kuyu dibinde birikmesi büyük sorunlara sebep olmaktadır. Sondaj çamuru kırıntıları bünyesinde tutarak kuyu dibinde birikmesini ve sondaj operasyonunun zarara uğramasını engellemektedir [6,14].

2.2.5 Hidrolik gücü matkaba taşımak

Yüzeyde ki mevcut olan hidrolik güç matkaba sondaj çamuru vasıtası ile taşınır. Sondaj çamuru matkap hidroliğinin maksimize edilmesini sağlamaktadır [6,14]

2.2.6 Sondaj Dizisinin Ağırlığının Taşınmasına Yardımcı Olmak

Sondaj çamuru, yüzdürme yoluyla dizi ağırlığını kaldırma kuvveti oranında taşır [6,14].

2.2.7 Geçirgen formasyonlarda sıvı kaybını azaltmak

Sondaj çamuru kuyu içindeki sirkülasyonu sırasında delinen formasyonlarla sürekli temas halindedir. Çamur bu formasyonlarla temas ettiği yüzeyde geçirimsiz bir çamur keki oluşturur. Oluşan bu çamur keki sıvı kaybının azalmasını sağlar [15].

2.3 Sondaj Çamurunun Değerlendirilmesi

Sondaj çamuru kuyu içinde üstlendiği görevleri yerine getirirken kuyu dibi sıcaklık ve basınç koşullarında stabilitesini korumalı ve değişken kuyu koşullarına karşı dayanıklı olmalıdır. Sondaj çamurunun performansı birçok kriter göz önüne alınarak değerlendirilir [6,15].

2.3.1 Matkap ilerleme hızı

Sondaj operasyonlarında kullanılan çamurun tipi ve özellikleri matkap ilerleme hızını doğrudan etkileyen önemli parametrelerdendir. Sondaj çamurunun kuyu içinde üstlendiği görevleri yerine getirmesi için kullanılan çamurun ağırlığı ve sıvı kaybı gibi özelliklerinin matkap ilerleme hızına olumsuz bir etkisinin olmaması gerekmektedir. Çamurun kuyu içindeki durumu sürekli kontrol edilerek delme hızı istenilen seviyelerde tutulur [6,16].

2.3.2 Kuyu stabilitesi

Sondaj çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri delme işleminin yapıldığı formasyonun özelliklerine göre şekillenir. Formasyon ile çamur özellikleri arasında uyumsuzluk olması durumunda matkap sarması, yıkılma, şişme, kaçak gibi kuyu stabilitesini bozan durumlar ortaya çıkabilir. Sondaj çamurunda bu sorunların hiç yaşanmaması ya da minimum seviyede yaşanmasına yönelik önlemler ile hazırlanması gerekmektedir [6,16].

2.3.3 Formasyon değerlendirmesi

Sondaj çamurunun tipi ve kimyasal yapısı delinen formasyonların yapısını ve kullanılan tekniklerin başarısını değerlendirmede kullanılan önemli parametrelerdendir. Kullanılan çamur kompozisyonunda petrol ve hidrokarbon içerikli katkı maddelerinin fazla olması delinen formasyonun hidrokarbon değerlerine etki ederek yapılan değerlendirmeyi olumsuz etkileyebilmektedir. Bu bağlamda delinen formasyonların litolojik ve petrofizik özellikleri değerlendirilirken kullanılan sondaj çamurunun tipi ve kimyasal özellikleri belirleyici olmaktadır [6,16].

2.3.4 Üretim yapılan formasyonun kirlenmesi

Üretim zonu geçilirken kullanılan sondaj çamurunun fiziksel ve kimyasal özellikleri ile söz konusu formasyonun dokusu ve akışkan özellikleri ile uyumlu olması gerekmektedir. Çamur ile üretken zonun özellikleri arasında olan uyumsuzluk formasyonun geçirgenliğini azaltarak üretimin olumsuz etkilenmesine sebep olabilir. Bunun sonucunda üretim düşer [6,16].

2.3.5 Korozyon

Sirkülasyonu sırasında sondaj ekipmanlarının kuyu içindeki tüm elemanları ile etkileşim halinde bulunan çamur korozif özellikleri göz önünde bulundurularak kullanılmalıdır. Aksi halde ekipmanlar üzerinde korozyona bağlı olarak yaratacağı etki sondaj operasyonunu olumsuz etkileyebilir [6,15,16].

2.3.6 Maliyet

Sondaj çamurunun kuyu içindeki görevlerini eksiksiz olarak yerine getirebilmesi için yapılan müdahaleler çamur maliyetini dolayısıyla sondaj operasyonunun maliyetini artırmaktadır. Bu maliyet toplam sondaj performansında ve rezervuarın üretkenliğinin korunmasında elde edilen iyileştirmeler dikkate alındığında kabul edilebilir sınırlar içinde olmalıdır [6,15,16].

2.4 Sondaj çamuru tipleri

Sondaj çamuru iç faz ve dış faz olarak iki kısma ayrılır. Tatlı su, tuzlu su ve organik sıvılar çamur sistemlerinin dış fazını oluştururken iç fazı katı madde, tuzlu su ve hava-gaz oluşturmaktadır. Sondaj çamurunun iç fazında yer alan katı madde içeriği çamurun özelliklerini belirlemede önemli rol oynar. Çamur içinde katı madde içeriği artarken stabilite azalır ve çamurda istenen özelliklerin kontrolü azalır. Çamur içeriğinde yer alan katı maddelerden su içinde şişebilenlere aktif katı denilmektedir. Aktif katılara en yaygın olarak kullanılan bentonit ve polimerler örnek verilebilir. Ayrıca çamur özelliklerinde istenilen değişiklikleri yapmak için pasif denilen katı maddelerde ihtiyaca göre eklenebilmektedir. Barit, hematit, kalsiyum karbonat, siderit gibi maddeler pasif katkı maddelerine örnek olarak gösterilebilir. Kullanılan bu katkı maddelerin tercihi delinen formasyonun türüne ve yapısal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Formasyon özelliklerine göre aktif ya da pasif madde kullanımına karar verilmektedir. Sondaj

operasyonunu optimum şartlarda devam etmesini sağlayacak en uygun maddelerin seçilmesine özen gösterilmesi gerekmektedir [6]. Dış fazın kimyasal özelliklerine ve tiplerine göre sondaj çamurları 3 ana başlık altında incelenir. Bunlar; Su bazlı sondaj çamuru, organik bazlı sondaj çamuru ve hava bazlı sondaj çamurlarıdır [6,14-16]. Sondaj çamurunun türlerinin sınıflandırılması aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Çizelge 1.1. Sondaj çamurlarının sınıflandırılması. [6]

SU BAZLI ÇAMURLAR

Inhibitiv Olmayan Çamurlar

Spud Çamuru
Lignosülfonat Çamuru
Düşük Katı Maddeli Çamur

Inhibitiv Çamurlar

Kireç Çamuru
Jips Çamuru
Doymuş Tuzlu Su Çamuru
Deniz Suyu Çamuru
Potasyum/Polimer (PHPA) Çamuru
Glikol Çamuru
Katı Maddesiz/Düşük Katı Maddeli Tuz Çözeltileri
Katyonik Polimer Çamuru
Metal Hidroksit Çamuru
Silikat Çamurları

ORGANİK BAZLI ÇAMURLAR

Petrol Çamuru

Sentetik Çamur

Birinci Kuşak Sentetik Çamurlar
Ester Bazlı Çamur; PAO bazlı Çamur;
Ether Bazlı Çamur; Asetal bazlı Çamur

İkinci Kuşak Sentetik Çamurlar
LAB Bazlı Çamur; LAO Bazlı Çamur;
IO Bazlı Çamur; LP Bazlı Çamur

HAVA BAZLI ÇAMURLAR

Hava; Gaz; Köpük; Mist

2.4.1 Su Bazlı sondaj çamurları

Su bazlı sondaj çamurları en eski, en basit ve en ucuz sondaj akışkanı olarak bilinmektedir. Temel olarak bu tip çamurlar, su (tatlı, tuzlu), kil (genellikle bentonit) ve diğer kimyasallardan oluşmaktadır. Kullanılan diğer kimyasalların türü ve kullanım miktarları kuyu şartlarına ve tuz konsantrasyonuna bağlıdır. Kilin üstlendiği temel görev sondaj çamuru içinde taşınan kesintileri askıda tutmak ve formasyon üzerinde geçirimsiz bir kek oluşturup sıvı kaybını azaltmaktır. Su bazlı sondaj çamuru, çevreye zararsız olması ve nispeten daha düşük maliyeti sebebi ile en fazla tercih edilen sondaj çamuru tipidir [17].

Su bazlı sondaj çamurları, inhibitiv ve inhibitiv olmayan sondaj çamurları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İnhibitiv çamurlar tuz, jips-anhidrit ve şeyl gibi çamurla fiziksel ya da kimyasal tepkimeye girebilecek ve bunun sonucunda kuyu stabilitesi sorunu yaratabilecek formasyonların delinmesi için oluşturulmuş sistemlerdir. Bu tip çamurlar yüksek taşıma kapasitesi, iyi derecede sıvı kaybı kontrolü ve üretim formasyonunu kirletmemesi sebebi ile özellikle yatay kuyu sondajlarında tercih edilmektedir. İnhibitiv olmayan sondaj çamurları ise kimyasal olarak aktif olmayan ve kuyu stabilitesi sorunu yaratmayan formasyonların delinmesinde başarıyla kullanılan sistemlerdir [6].

2.4.2 Organik bazlı sondaj çamurları

Organik bazlı sondaj çamurları, petrol bazlı çamurlar ve sentetik çamurlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Petrol bazlı çamurun dış fazı mineral yağı, mazot veya ham petrolden oluşurken iç fazı aktivitesi kalsiyum klorür veya sodyum klorür ile kontrol edilmiş sudan oluşan bir petrol içinde bulunan su emülsiyonudur. Bu tip çamurlar yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında iyi performans gösterirler. Petrol bazlı sondaj çamuru mevcut çamur sistemleri içinde inhibitiv özelliği en güçlü olan çamur olarak bilinmektedir. Bu tip sondaj çamurlarının çevreye yönelik olumsuz etkilerinin azaltılması için gerçekleştirilmesi gereken prosesler pahalı ve pratik olmadığından dolayı kullanımı yaygın değildir. Özellikle deniz sondajlarında neredeyse hiç kullanılmamaktadır. Bu tür sondajlarda kullanılması için

çevre dostu organik bazlı çamur sistemi olarak sentetik çamur sistemleri geliştirilmiştir [6,19].

2.4.3 Hava bazlı sondaj çamurları

Hava bazlı çamurlar tamamen gaz ya da havadan oluşabilmektedirler. Bazı durumlarda tercihe göre dış fazı su iç fazı hava olan köpük ve hava karıştırılmış çamur tipi olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bu tip sondaj çamurları düşük basınçlı formasyonların kaçak sorunu yaşanmadan kolay ve hızlı bir şekilde delinmesini sağlar [6,17].

2.5 Sondaj çamurunun özellikleri

Sondaj çamurunun kuyu içerisinde üstlendiği görevleri yerine getirebilmek için bazı özellikleri sağlaması gerekmektedir. Çamur ağırlığı, jel kuvveti, filtrasyon, pH ve reolojik özellikler sondaj çamurunun başlıca özellikleri olarak bilinmektedir.

2.5.1 Çamur ağırlığı

Sondaj operasyonlarında kullanılacak çamur için hayati özelliklerin başında yoğunluk gelmektedir. Genel olarak birim hacim başına düşen ağırlık olarak tanımlanmaktadır. Çamur yoğunluğu terimi zaman içinde yerini çamur ağırlığı terimine bırakmıştır. Çamur ağırlığının birimi lb/gal, lb/ft³, g/cm³ ve psi/1000ft olarak rapor edilmektedir [6,18].

Çamurun en önemli özelliklerinden birisi de formasyon basıncını kontrol etmektedir. Çamur, hidrostatik basıncı ile formasyon basıncını kontrol altına alma görevini yerine getirir. Çamurun hidrostatik basıncı çamur ağırlığı ile kontrol edilebilir. Delinen formasyonun durumuna göre hidrostatik basınçta istenen değişiklikler çamur ağırlığı ile sağlanabilmektedir. Çamur ağırlığı ile sağlanan hidrostatik basıncın formasyona zarar verecek seviyede olmamasına dikkat edilmelidir. Formasyon kırıntılarında daha yüksek yoğunluğa sahip olan çamurlar kuyunun çamurla temas eden yüzeyinin daha hızlı ve daha etkili temizlenmesini sağlarlar [6,17,18].

Çamur ağırlığı su katkılanarak azaltılabilirken, barit, hematit ve kalsiyum karbonat gibi maddeler ile artırılabilir [18].

2.5.2 Sıvı kaybı

Çamurun hidrostatik basıncının formasyon basıncından büyük olduğu durumlarda, sondaj çamuru bünyesinde ki sıvıyı geçirgen formasyonlara aktarır. Kalan katı kısım geçirgen

formasyon yüzeyinde birikerek çamur keki denilen yapıyı oluşturur. Bu olaya filtrasyon adı verilir. İyi bir sondaj çamurundan formasyon ve kuyu çeperi arasında en az geçirgenli yapıya sahip çamur kekini oluşturması beklenmektedir. Sondaj operasyonu sırasında iki tip filtrasyon olayı gerçekleşmektedir. Bunlar statik ve dinamik filtrasyon olarak adlandırılmaktadır [6,19].

Statik filtrasyon kuyu içinde sirkülasyonun olmadığı zaman oluşmaktadır. Bu tip filtrasyon sırasında kek zamanla kalınlaşmakta ve filtrasyon hızı azalmaktadır. Dinamik filtrasyon ise sondaj çamurunun anülüsteki sirkülasyonu sırasında meydana gelmektedir. Bu tip filtrasyonlarda sondaj çamuru akış sırasında bir yandan kek oluştururken bir yandan da akışın etkisiyle oluşan kek erozyona uğramaktadır. Zaman içinde oluşan çamur keki denge kalınlığına ulaşır ve filtrasyon hızı sabit duruma gelir [6].

Genelde sondaj operasyonlarında formasyon yüzeyinde ince ve geçirimsiz bir çamur keki oluşması istenmektedir. Böyle bir kekin oluşması kuyu içinde oluşan birçok soruna çare olduğu gibi oluşabilecek önemli sorunlarında başlamadan sonlanmasına sebep olmaktadır. Kek oluşumu dizi sıkışması ve kuyu stabilitesinin dengesizliği gibi önemli sorunların çözülmesinde büyük rol oynamaktadır [6,20].

2.5.3 Reolojik özellikler

Reoloji, belirli koşullar altında maddenin akışını ve deformasyonu ile ilgilenen uygulamalı bir bilim dalıdır. Reoloji sondaj çamuru performansı için en önemli parametrelerden biridir. Reolojik özelliklerin kontrolü birçok sondaj problemlerinin çözüm anahtarı olabilmektedir. Bu problemler arasında dizi sıkışması, sirkülasyon-sıvı kaybı ve formasyon hasarı vardır [21-23].

Reolojik özelliklerine göre akışkanlar, viskoz ve viskoelastik akışkanlar olarak 2 grupta incelenmektedirler. Viskoz akışkanlarda oluşan deformasyonların geri dönüşümü olmamaktadır. Deformasyona sebep olan durum ortadan kalktığında akışkan deformasyon öncesinde sahip olduğu duruma geri dönmemektedir. Viskoelastik akışkanlar, hem viskoz ve elastik özellikleri yapısında bulunduran akışkanlardır. Bu tip akışkanlarda oluşan deformasyon kısmen geri dönüşümlü olarak görülmektedir. Deformasyona sebep olan durum ortadan kalktığında akışkan deformasyon öncesi durumuna tam olarak dönemese de kısmen geri dönüşüm gerçekleştirir. Viskoz davranış gösteren akışkanlar, reolojik özelliklerinin zaman içinde ki değişimlerine göre kararlı ve kararsız akışkanlar olarak

sınıflandırılmaktadırlar [6,21-23] Çizelge 2.2’de akışkanların reolojik olarak sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Akışkanların reolojik olarak sınıflandırılması [6]

Viskoz Akışkanlar	Kararlı Akışkanlar	Newtoniyen	Non - Newtoniyen	
		Psedoplastik		
		Dilatent		
		Bingham Plastik		
		Kopma Gerilmeli Dilatent		
		Kopma Gerilmeli Psedoplastik		
	Kararsız Akışkanlar	Tikzotropik		
		Reopektik		
	Viskoelastik Akışkanlar			

Sondaj çamuru Çizelge 2.2’de gösterilen sınıflandırma içerisinde non - Newtoniyen bir akışkan olarak yerini almaktadır. Sondaj çamuru reolojik davranışının zamana bağlı değişimi sebebi ile aynı zamanda kararsız bir olarak tikzotropik davranış sergilemektedir. Sondaj çamuru genel olarak bir kopma gerilmesine sahiptir. Doğrusal olmayan bir akış eğrisi ile karakterize edilmektedir. Bu karakter yapısıyla sondaj çamuru, non-Newtoniyen akışkanların kopma gerilmeli psedoplastikler grubuna girmektedir ve kayma gerinmesi ile incelme özelliği gösterir. Bu özelliği ile sondaj çamuru yüksek kayma gerinmesi hızının olduğu dizi içi akışlarında incir ve basınç kayıplarını azaltır. Böylece matkaba daha fazla hidrolik güç iletimi gerçekleşir. Düşük kayma hızlarının geliştiği anülüste daha viskoz davranan çamurun taşıma kapasitesi artar ve kuyu temizliği çamur tarafından daha iyi derece gerçekleştirilir [6].

Reolojik Modeller

Newtoniyen akışkanlarda kayma gerilmesi ile kayma gerinmesi hızı arasında lineer bir matematiksel bağlantı kurulabilirken non-Newtoniyen akışkanlar arasında söz konusu ilişki kurulamamaktadır. Bu nedenle sondaj çamurunun reolojik davranışını belirlemek için 4 adet reolojik model geliştirilmiştir. Bu reolojik modeller; Bingham Plastik Modeli, Power Law Modeli, Herschel-Bulkley Modeli ve Robertson-Stiff Modeli olarak adlandırılmaktadırlar. Söz konusu modeller sondaj teknolojisinde kabul görüp yerini almış modellerdir.

Bingham Plastik Modeli

Non-Newtoniyen akışkanlar için en basit olarak açıklanan ve en çok kullanılan modeldir. Bu model, uygulanan kayma gerilmesinin kopma noktası olarak adlandırılan minimum değeri geçene kadar akışkanın akmayacağını savunmaktadır. Kopma noktası değeri geçildikten sonra kayma gerilmesi ve kayma gerinmesi hızı arasındaki ilişki lineer olur. Bu model reometre veya viskometre adı verilen cihazlar aracılığıyla yapılan ölçümlere dayanmaktadır. Viskometre cihazında 600 ve 300 rpm değerleri bulunmaktadır. Bu değerler ışığında Eş. 2.1 ve Eş. 2.2 kullanılarak viskozite ve kopma noktası değerleri bulunur [6].

$$PV = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (2.1)$$

$$YP = \theta_{300} - PV \quad (2.2)$$

Yukarıda ki eşitlikler için;

PV = Plastik viskozite, cP

YP = Kopma noktası, lb/(100 ft²)

θ_{600} = 600 rpm okuması

θ_{300} = 300 rpm okuması

Katı içindeki parçacıkların birbirleri arasındaki etkileşimleri, katı-sıvı parçacıklar arasındaki etkileşimler ve kayma gerilmesi etkisi altındaki sıvı parçacıkların deformasyonu ile mekanik sürtünme oluşmaktadır. Akışkan içerisinde meydana gelen bu mekanik

sürtünme sebebi ile oluşan akmaya karşı olan dirence ‘‘Plastik Viskozite’’ adı verilmektedir [6,18].

Akışkan içerisinde meydana gelen elektrokimyasal kuvvetlerin etkisiyle oluşan akma kuvvetine karşı oluşan dirence ‘‘Kopma Noktası’’ adı verilmektedir. Kopma Noktası YP ile gösterilmektedir [6,18].

Power Law Modeli

Power Law Modeli, Bingham Plastik Modeline göre nispeten daha karmaşık bir reolojik modeldir. Çünkü Power Law Modelinde kayma gerilmesi ve kayma gerinmesi arasında lineer bir ilişki gözlenmemektedir. Ayrıca bu modelde sıfır kayma gerinmesi hızında kayma gerilmesi sıfırdır. Bu nedenden dolayı Power Law modeli kopma gerilmesiz non-Newtoniyen akışkanları tanımlamada kullanılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda bu modelin Bingham Plastik modeline alternatif olarak kullanıldığı görülmektedir. Power Law için n ve K parametreleri kullanılmaktadır [18]. Viskometre ile alınacak 600 rpm ve 300 rpm okumalarının ardından E.ş 2.3 ve E.ş 2.4 kullanılarak n ve K parametreleri bulunmaktadır [6].

$$n = 3.32 * \log (\theta_{600} / \theta_{300}) \quad (2.3)$$

$$K = (1.068 * \theta_{300}) / 511^n \quad (2.4)$$

Power Law modelinde, görünür viskozite E.ş. 2.5 ile hesaplanabilmektedir.

$$\mu_a = K\gamma^{n-1} \quad (2.5)$$

Yukarıda yer alan eşitlikler için;

$$\theta_{600} = 600 \text{ rpm okuması}$$

$$\theta_{300} = 300 \text{ rpm okuması}$$

n = akış davranış indeksi, boyutsuz (flow behavior index)

K = Kıvam faktörü, $\text{lb-s}^n / (100 \text{ ft}^2)$ (consistency factor)

μ_a = Görünür viskozite, cP

γ = Kayma gerinmesi hızı, s^{-1}

Herschel-Bulkley Modeli

Herschel-Bulkley modeli, Bingham Plastik ve Power Law modellerinin birleşiminden oluşan 3 parametrelili bir model olduğu bilinmektedir. Herschel-Bulkley modeli, kopma gerilmeli Power Law modeli olarak özetlenebilmektedir [19]. Bu modelin kullanılabilmesi için viskometre aracılığıyla ölçülen 3 çeşit viskometre değerine ihtiyaç vardır. Bu değerler; θ_{600} , θ_{300} ve θ_3 [6]. Viskometreden alınan bu üç değer Eş 2.6 , Eş 2.7, Eş 2.8 ve Eş 2.9 eşitlikleri kullanılarak görünür viskozitenin bulunmasını sağlamaktadırlar.

$$\tau_y = 1.068 * \theta_3 \quad (2.6)$$

$$n = 3.32 \log \frac{\theta_{600} - \tau_y}{\theta_{300} - \tau_y} \quad (2.7)$$

$$K = (1.068 * \theta_{300}) / 511^n \quad (2.8)$$

$$\mu_a = \frac{\tau_y}{\gamma} + K\gamma^{n-1} \quad (2.9)$$

Yukarıda yer alan eşitlikler için;

$$\theta_{600} = 600 \text{ rpm okuması}$$

$$\theta_{300} = 300 \text{ rpm okuması}$$

$$\theta_3 = 3 \text{ rpm okuması}$$

n = akış davranış indeksi, boyutsuz (flow behavior index)

K = Kıvam faktörü, lb-sⁿ/(100 ft²) (consistency factor)

τ_y = Kopma gerilmesi, lb/ (100 ft²)

μ_a = Görünür viskozite, cP

Robertson-Stiff Modeli

Robertson-Stiff modeli, sondaj çamurunun kopma gerilmeli davranışını tanımlamakta kullanılmaktadır. Bu model, kayma gerilmesi ve kayma gerilmesi hızı arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır [6]. Kayma gerilmesi ve kayma gerilmesi hızı arasındaki ilişki Eş. 2.10'da görülmektedir.

$$\tau = A * (\gamma + C)^B \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.10'da yer alan A, B ve C değerlerini bulmak için çok hızlı viskometre verilerine ihtiyaç vardır. Eşitlik 2.10 için birim analizi yapıldığında A (lb-sec^B/100 ft²), B (boyutsuz) ve C (s⁻¹) olduğu görülmektedir. Eşitlik 2.10 için çok hızlı viskometre değerleri ile A, B ve C değerleri bulunduktan sonra detaylı hesaplamalar yapılmaktadır. Bulunan değerler işe Robertson-Stiff modeli ile görünür viskozite Eşitlik 2.11 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\mu_a = A * \frac{(\gamma + C)^B}{\gamma} \quad (2.11)$$

μ_a = Görünür viskozite, cp

γ = Kayma gerinmesi hızı, s⁻¹

2.5.4 Jel mukavemeti

Sondaj çamurunun en önemli özelliklerinden biri hareketsiz kaldığı durumlarda üç boyutlu ve geri dönüşümlü jel adı verilen yapıyı oluşturmasıdır. Bu yapının kırıldığı kayma gerilmesi jel mukavemeti olarak tanımlanmaktadır. Jel mukavemeti özelliği kuyu içinde sirkülasyonun durduğu esnada çamurun taşıdığı kesintilerin askıda tutulmasını sağlamaktadır. Jel mukavemeti çamurun sirkülasyonu durdurulduktan 10 saniye ve 10 dakika sonra ölçülmektedir. Yapılan ölçümler 10 saniye ve 10 dakika jel mukavemeti olarak kaydedilir. Ölçüm sonuçları çamurun tipine, kompozisyonuna ve sahip olduğu diğer özelliklere göre jel kuvvetinin zamana göre değişimi farklılık gösterebilmektedir. 10 saniyede ölçülen jel mukavemeti ve 10 dakikada ölçülen jel mukavemeti arasındaki farka göre gerçekleşen bu değişim sebebi ile kırılmalı jel, artan jel ve düz jel olarak sınıflandırılmaktadır [6,20].

Kırılmalı Jel

Bu tip jellerde 10 saniye ve 10 dakika jel mukavemetleri değerleri arasında ki fark yok denecek kadar azdır. Kırılmalı jeller çamurun bünyesinde taşıdığı formasyon kırıntılarını etkin bir şekilde askıda tutamaz [6]. Bu sebeple kullanımı tercih edilmez.

Artan Jel

Artan jel sınıfına giren jellerde 10 saniyede ölçülen jel kuvveti düşük ve orta değerler alırken 10 dakikada ölçülen jel kuvveti hızlı bir artışla çok yüksek değerler almaktadır. Bu

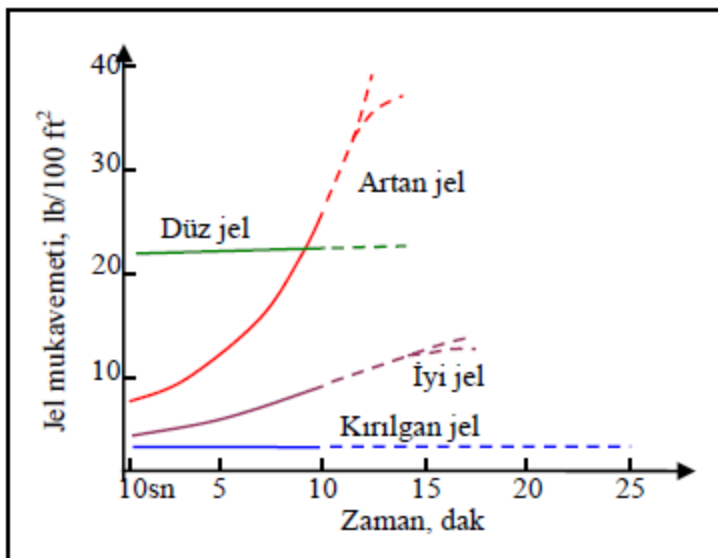
tip jeller yüksek manevra basınç değişimine sebep olmaktadır. Hareketsiz durumda bekleyen bu tip jeller tekrar sirkülasyon başlatılmak istenildiği zaman yüksek pompa basıncı istemektedirler. Uygulanacak olan bu yüksek değerde ki pompa basıncının özellikle zayıf formasyonlarda istenmeyen çatlamalara sebep olma olasılığı artan jel sınıfında bulunan jellerin tercih edilmemesinin en büyük nedenidir [6].

Düz Jel

Düz jel sınıfına giren jellerde, jel mukavemeti zamanla hızlı bir şekilde artmamaktadır. 10 saniye ve 10 dakikada ölçülen jel mukavemeti değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir. Düz jeller, jel mukavemetinin yüksek değer almadığı durumlarda kullanılan uygun bir jel tipi olarak bilinmektedir [6].

Kırılgan ve artan jel tipleri arasında bulunan düşük veya orta büyüklükteki 10 saniye jel mukavemeti değeri ile yavaş bir artışla orta değerlerde stabilleşen 10 dakika jel mukavemeti değeri içeren sondaj çamurları bünyesinde taşıdığı formasyon kırıntılarını en iyi şekilde askıda tutarlar. Bu tip sondaj çamurları sondaj operasyonlarında kullanımı en çok tercih edilen çamurlar olarak bilinmektedirler [6,20].

Şekil 2.1’de sondaj çamurunun jel tiplerinin zamana göre değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 2.1. Sondaj çamuru jel tipleri [6,48]

2.5.5 Kimyasal özellikler

Sondaj çamurunun akış özellikleri, stabilitesi ve sıvı kaybı gibi hayati özellikleri kimyasal formasyonuna bağlıdır. Çamurun denetimi kimyasal kompozisyonunda ki değişiklikler ile sağlanabilmektedir. Ayrıca sondaj çamurunun kimyasal özelliği taşınan formasyon kesintilerinin yüzeye etkili bir şekilde taşınmasında önemli rol oynamaktadır. Gerek görüldüğü durumlarda kimyasal kompozisyonda değişiklik yapılarak kesintilerin dağılımı önlenilmekte ve azaltılabilmektedir [6,24,25].

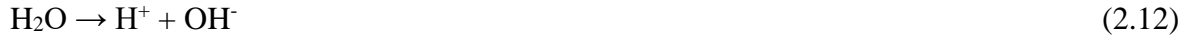
Alkalinite

Sondaj çamurunun kimyasal özelliklerinden biri olan alkalinite, çamurun asit nötrleştirici gücü olarak tanımlanabilmektedir. Çamurun pH değerini istenilen seviyeye düşürmek için gerekli olan asit miktarını hesaplamak için kullanılır. Sondaj operasyonlarında çamur testlerinde alkalinite ölçümü, çamurun tümün ya da sadece filtrat üzerinde yapılabilmektedir. Operasyonlar için çamurun alkalinite ölçüm değerlerini bilmek önemli bir husustur. Sondaj çamuru katkı maddelerinin görevlerini istenilen şekilde yerine getirebilmeleri için alkalik ortama ihtiyaç duymaktadırlar. Sondaj çamuru için faydalı ve zararlı olarak kabul edilen alkalinite çeşitleri vardır. Hidroksil iyonlarından kaynaklanan alkalinite çamur performansı için faydalı olarak kabul edilirken karbonat veya bikarbonatlardan kaynaklanan alkalinite çamur performansı için zararlı olarak görülmektedir. Fenolfitaleyin (P_f) ve metiloranj (M_f) alkalinitesi karbonat veya bikarbonat kirliliğini belirlemek için organik inceltici içermeyen bentonit bazlı sondaj çamurlarında kullanılmaktadır [29]. Sondaj çamurunun fenolfitaleyin alkalinitesi sistemdeki çözünmemiş halde bulunan kireç miktarını hesaplamada kullanılır. Çamur kirlenmelerinde ve kalsiyum çamurlarının ıslahında önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır [6].

Hidrojen İyon Konsantrasyonu – pH

Sondaj çamurunun pH değeri çamurdaki hidrojen iyonunun konsantrasyonunu göstermektedir. Hidrojen iyonu ve hidroksil iyonu arasında bir denge bulunmaktadır. İyonlar arasında bu denge Eş. 2.12'de gösterilmektedir. pH verilen bu reaksiyona göre alkalinite ile ilişkilidir. Bu iki yönlü iyonizasyon reaksiyonuna göre saf su eşit oranda H^+ ve OH^- iyonu içermektedir. Konsantrasyonları ise saf su için 10^{-7} 'dir. Saf suyun pH değeri 7'dir. Sistemin pH'ı 7'den küçük ise ($pH < 7$) asidik ortam, sistemin pH'ı 7'den büyük ise ($pH > 7$) bazik ortam oluşmaktadır. Dolayısıyla saf su içerisine asit katıldığında bu

rakam 0'a doğru azalırken, baz içerikli katkı yapıldığında bu rakam 14'e doğru artış göstermektedir [6].



İyonizasyon denge sabiti, H^+ ve OH^- iyon konsantrasyonlarının çarpımı ile bulunmaktadır. İyonizasyon denge sabiti K_w ile gösterilmektedir ve bu denge sabitinin değeri 10^{-14} 'tür [6]. Eş 2.13'de iyonizasyon denge sabitinin bulunmasını sağlayan denklem gösterilmiştir.

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (2.13)$$

Çizelge 2.3'de pH ile alkalinite arasında bulunan ilişki gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. pH-Alkalinite ilişkisi [6]

pH	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12,0+	12,5+	13,0+
<i>Pf</i>	-	0,1	0,25	0,3	0,5	0,7	0,8	1	3	5	7

Sistemde çok fazla sodyum, sülfat, klor ve diğer iyonlar mevcutsa belli bir *Pf* değerinde, pH beklenenden küçük çıkabilmektedir.

Tuzluluk

Su bazlı sondaj çamuru sistemlerinde tuz, genelde sisteme tuz bandı ve tuz domu gibi formasyonlar kesilirken girmektedir. Çamurun yapısına karışan tuz, bentonitli çamurlarda sistemin dengesini bozmaktadır. Sistemin akış dengesini bozan tuz, kullanılan çamurun sıvı kaybı özelliklerinin aşırı şekilde artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle tuz içerikli formasyonların tuzlu su ya da petrol bazlı sondaj çamuru ile delinmesi tercih edilmektedir [6,30]. Sondaj çamurunun önemli özelliklerinden biri olan tuzluluk, klorit ya da sodyum klorit konsantrasyonu olarak kayıt altına alınmaktadır. Birimi ise mg/L olarak kabul edilmektedir [31].

Sondaj çamurunun yapısına karışan tuz, hidrasyon derecesinin azalmasına ve topaklanma derecesinin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca tuzun, kopma noktası, jel mukavemeti ve sıvı kaybı gibi çamur için hayati önem taşıdığı bilinen 3 özelliğin değerlerini arttırıcı yönde etkide bulunurken pH'ın azalmasına sebep olmaktadır. Tuzluluk oranının artmasıyla birlikte sistemin toplam sertliğinde az da olsa artışlar olduğu bilinmektedir. Artan tuzluluk çamur

parçacıklarının dehidrasyonuna sebep olduğu için plastik viskozite azalır ve sıvı kaybı artar [30,31].

İki değerlikli katyon içeriği

Çamur kompozisyonlarına iki değerlikli katyonlar olarak en fazla katyonlar olarak en çok rastlanan iyonlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Çamur kirlenmesine neden olan kalsiyum sisteme çamurun hazırlanmasında kullanılan sudan, çimento bulaşmasından ya da kesilen formasyondan girmektedir. Çamurun kirlenmesi ile birlikte sistemde akış ve sıvı kaybı özellikleri bozukluk gösterir [6].

Katyon değiştirme kapasitesi

Katyon değiştirme kapasitesinin bir diğer adı 'Metilen Mavisi Kapasitesi (MBT)' olarak bilinmektedir. Katyon değiştirme kapasitesi, çamurun yapısında bulunan aktif şişebilir kil miktarını göstermektedir [6,32]. Kullanılan çamur sisteminde minimum seviyede kil miktarı bulundurulması rezervuar tahribatı riskinin azaltılması için çok önemli bir husustur [33]. Çamur üzerinde metilen mavisi testi uygulanmasıyla yapısındaki tüm kil minerallerinin toplam katyon değiştirme kapasitelerinin ölçümü yapılmış olur. Metilen mavisi testi çamurun içerisindeki aktif katıların bir ölçümüdür. Bu nedenle jel mukavemeti ve kopma noktası ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu iki önemli özelliğin değerlerinin istenilenden yukarda olması çamur içindeki aktif katıların yüksek konsantrasyonundan, sıcaklıktan veya kirlenici maddeden dolayı oluşan topaklanmalardan kaynaklanabilmektedir [6,32,33].

2.6 Sondaj çamuru katkı maddeleri

Sondaj çamurunun türü, delinen formasyonun fiziksel-kimyasal özelliklerine ve delinecek derinliğe göre değişiklik göstermektedir. Formasyon özelliklerine göre yapılan sondaj operasyonu planlamasında öncelikli hedef, operasyon maliyetini minimumda tutarken alınacak verimi maksimum seviyede tutmaktır. Optimum sondaj çamur özelliklerinin formasyon özelliklerine göre sağlanabilmesi için birçok katkı malzemesi kullanılmaktadır (Çizelge 2.4). Dolayısıyla katkı malzemelerine göre çamur türleri belirlenmektedir.

Çamur tiplerinin delinecek formasyona bağlı olarak çok sayıda olmasına rağmen temel olarak üç farklı tip çamur kullanılmaktadır.

Sondaj operasyonlarında delme işlemi genellikle spud tip çamurla başlamaktadır. Spud çamuru operasyonun ilk metrelerinde kuyu çapının en büyük olduğu sırada kullanılmaktadır. Bu tip çamurlar su bazlı çamur sınıfına girmektedir ve reaktif çamurlar olarak bilinmektedirler. Spud tipi sondaj çamurlarının temel katkı malzemesi bentonittir. Kuyu içindeki görevlerini yerine getirmesi ve akış özelliklerini sağlaması için gerekli görülen durumlarda farklı katkı malzemeleri ile de desteklenmektedir. Bu tip çamurların su sertliğini azaltmak için soda külü, pH değerini kontrol altında tutmak için ise kostik soda kullanılmaktadır. Formasyonun özelliklerine göre yapısı değişecek olan spud çamuruna bazı durumlarda CMC-HV ve CMC-LV malzemeleri katkılanabilmektedir [38-40].

Formasyonun derinlerine inildikçe başlangıçta kullanılan spud tip sondaj çamuru kuyu içinde üstlendiği görevleri yerine getirememeye başlar. Katkı malzemeleri ile istenilen akış özellikleri çamura kazandırılmaya çalışılır. Spud çamuruna, Ancak bir süre sonra yapılan müdahale yeterli olmaz. Bu durumda daha derin sondajlar için kullanılan lignosülfonat çamuru hazırlanır. Lignosülfonat çamuru, tatlı su kaynaklı reaktif bir çamurdur. Lignosülfonat çamurlarının kompozisyonunda bentonit, kostik soda, soda külü, CFL, CMC-HV, CMC-LV ve sitrik asit kullanılabilir [40,41]. Ayrıca kuyu şartlarına göre başka katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Örneğin; kuyu dibi sıcaklığının yükseldiği durumlarda viskozite ve sıvı kaybı kontrolü için PAC-LV, kırıntıların yüzeye taşınmasının kolaylaşmasını sağlamak için XCD, hidrostatik basıncı arttırmak için barit ve CaCO_3 kullanılmaktadır [40]. Lignosülfonat çamurunun hazırlanması ve bakımı kolaydır.

Bir diğer çamur türü olan polimer çamurları, rezervuar kayaca ulaşıldığında kullanılmaktadır. Polimer çamurları, oluşabilecek kaçak ve çamur problemlerini en aza indirmek için kullanılırlar. Kaçak riski yüksek olan formasyonlarda bu olasılığın önüne geçmek ya da oluşan kaçağın en aza indirilmesini sağlamak polimer çamurunun kullanılmasının temel amacıdır. Bu nedenle polimer çamurları kompozisyonunda kullanılan katkı malzemelerinin genellikle kaçak önleyiciler olduğu görülmektedir ve çamurun kırıntıları taşıma kapasitesi oldukça yüksektir. XCD, kostik soda, PAC-LV, CaCO_3 ve sitrik asit kullanılan katkı malzemeleri arasında en fazla tercih edilenler olarak öne çıkmaktadırlar. Kompozisyonda yer alan malzemelerin HCl ile temas ettiklerinde çözünmesi gerekmektedir [38,42].

Çizelge 2.4. Sondaj samuru katkı maddeleri [6]

Katkı Maddesi	Formül
Bentonit	-
Kostik Soda	NaOH
Soda Külü	Na ₂ CO ₃
Yüksek Viskoziteli Karboksümetil Selüloz (CMC – HV)	CH ₂ CO ₂ H
Düşük Viskoziteli Karboksümetil Selüloz (CMC – LV)	C ₆ H ₉ OCH ₂ COONa
Düşük Viskoziteli Polianiyonik Selüloz (PAC – LV)	C ₆ H ₇ O ₂ (OH) ₂ OCH ₂ COONa
Kromsuz Lignosülfonat (CFL)	-
Xsantam Sakızı (XCD)	C ₃₅ H ₄₉ O ₂₉
Barit	BaSO ₄
Sitrik Asit	C ₆ H ₈ O ₇
Kalsiyum Karbonat	CaCO ₃

Bentonit

Su bazlı sondaj çamurlarında kullanılan kil grubu katkı maddelerini bentonit, sepiyolit ve attapulgit killeri oluşturmaktadır. Bu kil grubu katkı maddeleri içinde temel katkı maddesi olarak tanımlayabileceğimiz en önemli madde bentonit olarak bilinmektedir. Bentonit su bazlı sondaj çamurlarından, tuzlu su çamurlarına kadar hemen hemen tüm çamur kompozisyonlarında kullanılabilmesi sebebi ile sondaj operasyonlarında çamur için vazgeçilmez bir katkı maddesi olarak öne çıkmaktadır. Yüksek sıcaklık şartlarında ve değişken kimyasal ortamlarda kullanılabilmesi bir diğer önemli özelliklerindedir. Kuyu içinde çamurun görevlerini yerine getirmesi için gerekli akış özelliklerinin sağlanmasına yardımcı olan bentonit, kendisine has özel tane boyu ve şekli nedeniyle sondaj çamurunun sıvı kaybı kontrolünü de başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. API 13A'da tanımlanan üç çeşit bentonit kullanılmaktadır. Bunlar; bentonit, katkısız bentonit ve OCMA bentonitleridir. Katkısız bentonit, bünyesine herhangi bir katkı maddesi katılmaksızın API standartlarını karşılayan bentonit çeşidi olarak tanımlanmaktadır. Bentonit ve OCMA bentoniti sodyum karbonat ya da farklı geliştirici polimerlerin katılmasıyla yapılacak olan kil iyileştirme işlemleri ile elde edilir. Kullanılan bentonit konsantrasyonu; bentonitin tipine, hazırlanan çamurun kompozisyonuna ve istenen özelliklere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir [6,47]. Çizelge 2.5'de bentonit çeşitleri için API Spec 13A standartları gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. API Spec 13A bentonit çeşitleri ve standartları [6]

Özellikler	Bentonit	Katkısız Bentonit	OCMA Bentoniti
600 RPM Okuması	En az 30	-	En az 30
Kopma Noktası/PV Oranı	En çok 3	En çok 1,5	En çok 6
Disperst PV, cP	-	En az 10	-
Filtrat hacmi, ml	En çok 15,0 ml	-	En çok 16,0
Disperst su kaybı, ml	-	En çok 12,5	-
75 mikrondan büyük kısım, % ağırlıkça	En çok %4	-	En çok %2,5
Nem, % ağırlıkça	En çok %10,0	-	En çok %13,0

Kostik Soda

Yüksek saflıktaki sodyum hidroksittir. Ph dengelemek için kullanılır.

Soda Külü

Çamurun flokülesinde veya Ph artmasında, ortamdaki Ca+2 iyonlarının çöktürülmesini sağlar. Su bazlı çamur sistemlerinde kullanılır.

Yüksek Viskoziteli Karboksümetil Selüloz (CMC – HV)

Su kaybı düşürücü bir çamur katkısıdır. Yüksek viskozite artışı sağlar. Sıcaklığa dayanımı düşüktür.

Düşük Viskoziteli Karboksümetil Selüloz (CMC – LV)

Su kaybı düşürücü bir çamur katkısıdır. Düşük viskozite artışı sağlar. Sıcaklığa dayanımı düşüktür.

Düşük Viskoziteli Polianiyonik Selüloz (PAC – LV)

Modifiye edilmiş yüksek kalite polianiyonik selülozdur. Özellikle düşük viskozite artışı sağlayarak su kaybı kontrolünde kullanılır.

Kromsuz Lignosülfonat (CFL)

Asıl olarak deflokülant (dağıtıcı) olarak kullanılır. Etkili bir şekilde viskoziteyi azaltır. Tüm su bazlı sondaj çamurlarında sıvı kaybını da kısmi olarak azaltır. Sıcaklığa dayanımı 130 °C'tır.

Xsantam Sakızı (XCD)

Çamur içerisinde kolay dağılabilen bir katkı maddesidir. Deniz suları ve tatlı sularda viskozite artırmak ve çamur içerisindeki katı maddelerin süspansiyonunu sağlamak için kullanılır. YP/PV oranını artırır.

Barit

Çamurun ağırlığını artırmak için en fazla kullanılan katkı maddesidir. Özgül ağırlığı 4,2–4,35 aralığında değişmektedir.

Sitrik Asit

Organik asit olup su bazlı sondaj sıvılarında Ph değerini düşürmek ve çözünebilir haldeki kalsiyum ile demir iyonlarını etkisiz hale getirmek amacıyla kullanılır.

Kalsiyum Karbonat

Polimer çamurunun ağırlığını artırmak için kullanılan katkı maddesidir

2.7 Sondaj çamurunun test yöntemleri

Sondaj çamurunun kuyu içerisinde üstlendiği önemli görevleri eksiksiz şekilde yerine getirebilmesi için fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu amaçla sondaj çamurunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ölçümünde bir takım testler yapılmaktadır.

Kimyasal özelliklerin ölçülmesinde uygulanan testler;

- pH Tayini

- Alkalinite Tayini (Filtrat, Çamur)
- Kireç Miktarının Belirlenmesi
- Klor Tayini
- Toplam Sertlik Tayini
- Kalsiyum Tayini
- Magnezyum Tayini
- Metilen Mavisi Kapasitesi Tayini
- Katyon Değişim Kapasitesi
- Polimer Testi
- Potasyum Tayini
- Jips Testi
- Glikol Yüzdesi Tayini

Fiziksel özelliklerin ölçülmesinde uygulanan testler;

- Çamur Ağırlığı Tayini
- Huni Viskozite Testi
- Viskozite Testleri (Görünür Viskozite, Plastik Viskozite, Kopma Noktası)
- Jel Mukavemeti Tayini (10 saniye ve 10 dakika)
- Filtrasyon Testi
- Sıvı ve Katı Miktarı Tayini
- Kum Miktarı Tayini

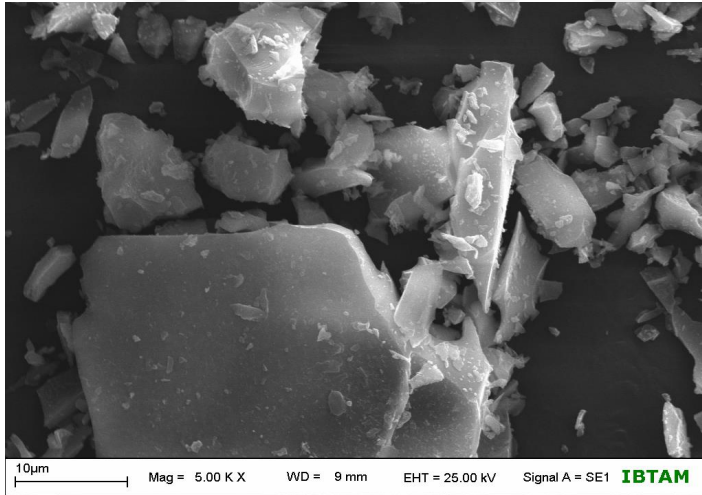
3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

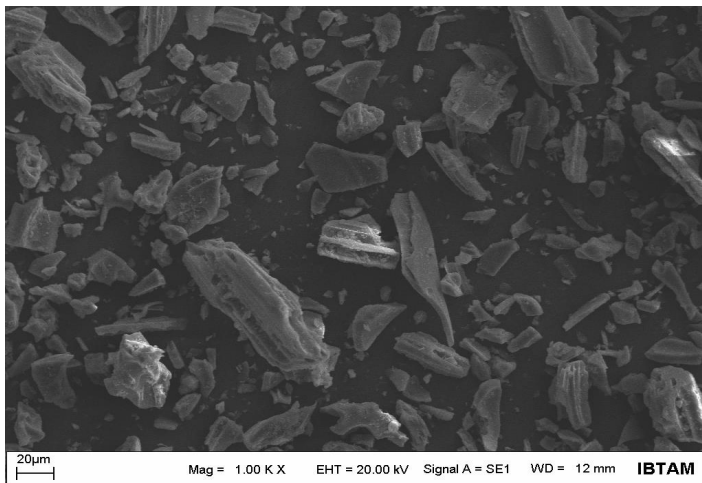
3.1.1 Kullanılan ham maddeler

Bu tez çalışmasında kullanılan endüstriyel ham maddelerden pomza ve diatomit Van ilinden temin edilirken çalışma için kullanılan diğer endüstriyel ham madde olan kuvarsite Malatya ilinden temin edilmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanacak su bazlı sondaj çamuru numunelerinde kullanılan bentonit Çankırı ilinden temin edilmiştir.

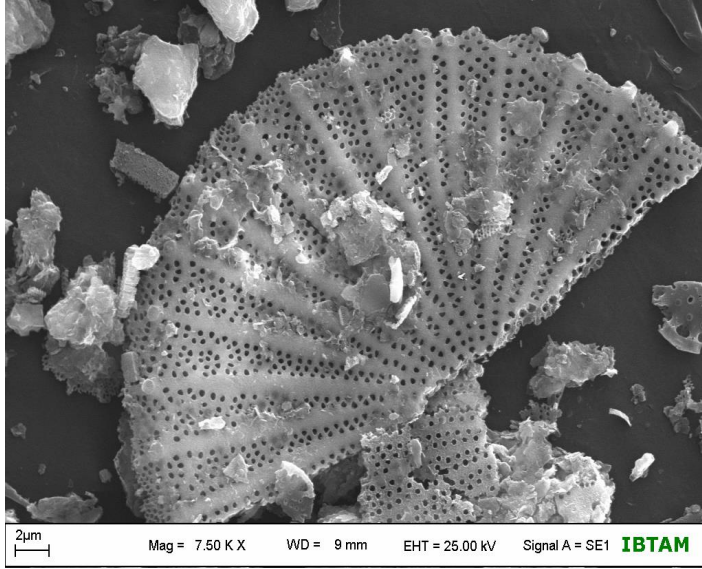
Şekil 3.1’de kullanılan endüstriyel ham maddelerden pomzanın, Şekil 3.2’de kuvarsitin ve Şekil 3.3’de diatomit için SEM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3.1. Pomza cevheri için SEM görüntüsü



Şekil 3.2. Kuvarsit için SEM görüntüsü



Şekil 3.3. Diatomit için SEM görüntüsü

Kullanılan ham maddelerin elemental analizi incelendiğinde SiO_2 ağırlıklı cevherler olduğu görülmektedir. Bu analiz sonucu kullanılan cevherlerin önemli amorf silika kaynağı olabileceği anlaşılmaktadır. Çizelge 3.1’de amorf silika üretilecek üzere kullanılan cevherlerin elemental analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan cevherlerin elemental analizi

Cevher	Pomza	Diatomit	Kuvarsit
SiO_2	74.01	71.10	91.5
TiO_2	0.22	0.08	0.21
Al_2O_3	14.7	11,48	3.12
Fe_2O_3	2.66	3,98	1.43
MgO	0.31	0.12	0.16
CaO	0.75	0,85	n/a
Na_2O	1.44	0,58	n/a
K_2O	4.5	1,20	2.18

3.2 Metod

3.2.1 Amorf silikanın elde edilmesi

Sondaj çamuruna katılanmak için elde edilmesi gereken silika, low temperature alkali ekstraksiyon metodu ile edilmiştir. Bu metodun kullanılmasının amacı diğer amorf silika sentez yöntemlerine göre daha basit ve etkili olmasıdır.

Yöntem

1- 3 boyunlu 500 mL'lik balona 3Molar (M) 300 mL NaOH eklenir. 5 gram endüstriyel ham madde numunesi hazırlanan çözeltiliye eklenir.

2- Karışım, silikanın çözünmesi ve sodyum silikat elde etmek için 100°C sıcaklıkta 24 saat boyunca karıştırılır.

3- Karıştırma işlemi sonrasında katı kısım filtrat kağıdı ile çıkarılır.

4- Sıvı kısım karıştırılmaya devam ederken 5M H₂SO₄ ile titre edildi. Bu işlem pH değeri 7 olan silika jel numunesi elde edilene kadar devam ettirilir.

5- Elde edilen silika jel 24 saat oda sıcaklığında bekletildi ve bünyesinde bulunan sülfat tuzunun uzaklaştırılması için birkaç defa yıkanır.

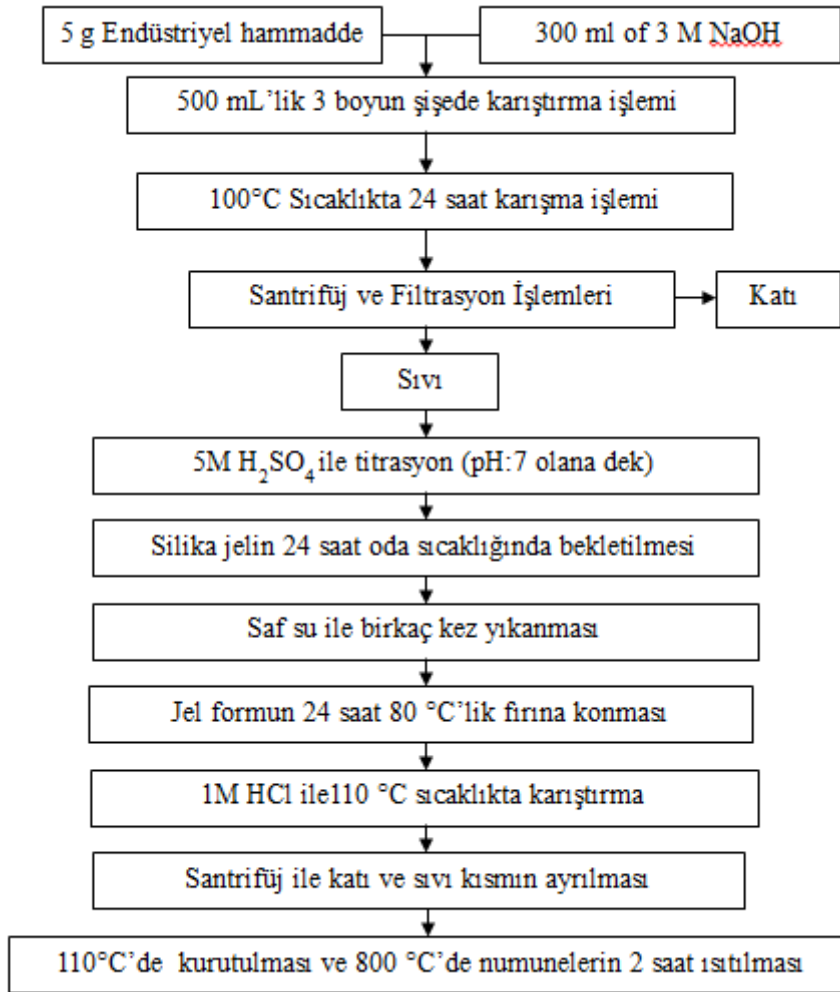
6- Jel form 24 saat boyunca 80°C'lik fırına konur.

7- Elde edilen katı maddenin bünyesinde bulunan Al ve K minerallerinin uzaklaştırılması için 1M HCl içeren bir kaba aktarılarak 3 saat boyunca 110°C sıcaklıkta karıştırılır.

8- Santrifüj kullanılarak sıvı ve katı kısım ayrıştırıldı ve birkaç kez su ile yıkandı. 110°C sıcaklıkta gece boyu kurutulan numuneler daha sonra 800 °C sıcaklıkta katılaştırılır.

Tüm işlemler hata payları gözetilerek iki defa yapıldı ve her ham madde için aynı adımlar titizlik ile tekrarlandı. Çizelge 3.2'de amorf silikanın elde edilme şeması gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Amorf silikanın elde edilme şeması



3.2.2 Sondaj çamurunun kimyasal özelliklerinin ölçülmesi

Sondaj çamurunun kimyasal özellikleri incelenirken pH değeri, alkalitesi, klor miktarı, toplam sertlik değeri, iki değerlikli kation miktarı ve metilen mavisi kapasitesi belirlenmesi gerekmektedir. Her bir özellik için farklı test yöntemleri bulunmaktadır.

pH değerinin ölçülmesi

pH değeri, akışkanın bünyesinde bulundurduğu hidrojen iyonu konsantrasyonunu temsil etmektedir. Sondaj çamurunda pH değeri, akışkanın asitliğini veya alkalitesini göstermektedir. pH 0-14 arasında ki sayısal değerlerle ifade edilir. 0 ile 7 rakamları arasında pH değerine sahip olan akışkanlar asit olurken, 7 ile 14 rakamları arasında pH değerine sahip olan akışkanların baz olduğu bilinmektedir. pH değerinin 7 olması akışkanın nötr olduğu anlamına gelmektedir. Örneğin saf suyun pH değeri 7'dir.

Dolayısıyla saf su nötr bir akışkandır. Sondaj operasyonlarında kullanılan çamurun performansına pH doğrudan etki etmektedir. Ayrıca pH, korozyon kontrolü için önemli bir parametredir. Düşük pH değerine sahip çamur sondaj operasyonlarında tercih edilmemektedir. Çünkü asidik özelliğe sahip çamur sondaj dizisinde korozyona yol açabilir. Korozyona uğrayan dizinin operasyonu engelleme ihtimali bulunmaktadır. Aynı zamanda pH, kuyu stabilitesini ve filtrasyonu kontrol etmemizi de sağlamaktadır. Bu nedenden dolayı sondaj çamurunun pH'ı operasyon sırasında düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Sondaj çamurunun ideal pH değerinin 9,5-10,5 arasında olması beklenmektedir. Bu aralığın üstündeki sondaj çamurlarının kullanımı yaygın değildir [17,34]. Sondaj çamurunun pH değeri ölçülürken iki farklı ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler; pH kağıdı ve pH metre ile yapılan ölçüm yöntemleridir [6].

pH Kağıdı ile ölçüm yöntemi

pH kağıdı ile ölçüm yöntemi 2 adımda gerçekleştirilir.

1. pH kağıdı hazırlanan sondaj çamuruna batırılır. Genelde 3-4 farklı renkten oluşan pH kağıdının üstünde ki renk sabit duruma gelinceye kadar çamur içinde bekletilir. Bu süre ortalama 1 dakika sürmektedir.
2. pH kağıdının rengi, pH kağıdı kutusu üzerindeki değişik pH değerleri için belirlenmiş renkler ile karşılaştırılarak çamurun pH değeri bulunur.
3. Çamura batırılan kağıdın aldığı renk, ölçüm kağıdının üstündeki renk skalasına uymuyorsa deney, sondaj çamurunun tahmini pH değerine daha yakın başka bir pH kağıdı kullanılarak tekrar yapılmalıdır.

pH kağıdı ile yapılan ölçümler net bir değer vermemektedir. Ancak saha şartlarında kullanıma uygun bir ölçüm yöntemidir.

pH metre ile ölçüm yöntemi

pH metre ile ölçüm yöntemi genelde 3 adımdan oluşmaktadır.

1. Öncelikle pH metre cihazı gerekli kalibrasyon sıvıları kullanılarak kalibre edilmelidir. Kalibre için gerekli değerler genelde 4, 7 ve 10 olarak bilinmektedir. Ancak cihazın kullanım kılavuzu kalibre işleminden önce okunmalı ve belirtilen talimatlara göre kalibrasyon işlemi yapılmalıdır.
2. Hazırlanan çamur, ölçüm kabı içerisinde karıştırılırken elektrot pH değeri ölçülecek akışkan içine batırılır. pH değerinin sabitleştiği noktada okuma yapılır ve kaydedilir.
3. Gerçekleştirilen ölçüm her ölçüm sonunda elektrot saf su ile iyi bir şekilde temizlenmelidir. Ardından kullanım talimatlarında yer alan muhafaza biçimine uygun hale getirilip bir başka ölçüm yapılacağı zamana kadar muhafaza edilir.

Çamur alkalinitesinin ölçülmesi – P_m

Yöntem

1. Titrasyon kabına 1 mL çamur ve 25-50 mL arası saf su koyulduktan sonra karıştırma çubuğu ile karıştırma işlemi yapılarak numune sulandırılır.
2. İndikatör çözeltisi olarak 4-5 damla fenolfitalein eklenir.
3. Fenolfitalein damlatılan çözeltinin rengi pembeye dönüşürse, renk kayboluncaya kadar bir pipet yardımıyla 0,02 N (N/50) sülfirik asit ilave edilir ve bu işlem sırasında numune karıştırılır. Eğer numunenin rengi, renk değişimini örtüyorsa pH kağıdı kullanılarak pH değerinin 8,3 olduğu noktada test sonlandırılır.
4. Harcanan 0,02 N (N/50) sülfirik asitin miktarı çamur alkalinite değeri (P_m) olarak kaydedilir [6,31].

Klor (Cl^-) iyonu miktarının belirlenmesi

Yöntem

1. Filtrasyon kabına 1 mL filtrat alınır. Bu miktar 1 mL'den fazla da olabilmektedir.
2. İndikatör çözeltisi olarak 1 damla fenolfitalein eklenir. Eğer çözeltinin rengi pembeye dönerse bir pipet vasıtasıyla damla damla asit ilave edilir.

3. 25-50 mL saf su ile oluşturulan çözelti seyreltilir.
4. 5-10 damla potasyum kromat indikatörü eklenir.
5. Oluşturulan karışımın rengi sarıdan kiremit kırmızısı renge dönüşüncüye kadar yine bir pipet vasıtasıyla gümüş nitrat çözeltiye eklenir. Renk dönüşümü görüldüğünde en az 30 saniye kadar kalıcı olması beklenir. Kullanılan gümüş nitrat miktarı kaydedilir [6].

Eş 2.15’de klor iyonu miktarı hesaplanırken kullanılan denklem gösterilmiştir.

$$\text{Klor miktarı } \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\text{Gümüş Nitrat Hacmi (mL)} * 1000}{\text{Filtrat Hacmi}} \quad (2.15)$$

Eş 2.15’de kullanılan 1 000 çarpanı 0,0282 N (0,001g) klorit iyonu için kullanılmaktadır.

Toplam sertliğin ölçülmesi

Yöntem

1. Titrasyon kabına 25-50 mL saf su eklenir.
2. İndikatör çözeltisi olarak 4 damla hardness ve 6 damla hardness buffer saf suya eklenir.
3. Yapılan bu işlemlerden sonra karışımın rengi pembe olursa ölçüzsüz olarak versenate çözeltisi ile rengin maviye dönüşmesi sağlanır.
4. Titrasyon kabına 1 mL çamur filtratı alınır.
5. Oluşturulan yeni çözeltinin rengi kırmızıdan maviye dönene kadar versenate çözeltisi eklenir ve eklenen miktar kayıt altına alınır.

Eş 2.16’da toplam sertliğin bulunması için kullanılan eşitlik gösterilmiştir.

$$\text{Toplam Sertlik } \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\text{Versenate Çökeltisi Miktarı (mL)} * C_v}{\text{Filtrat Miktarı (mL)}} \quad (2.16)$$

Eş 2.16 için C_v , harcanan versenate çözeltisine göre kullanılan katsayıdır. 2, 20 ve 200 EPM versenate çözeltisi C_v katsayı değeri sırasıyla; 40,400 ve 4 000 olarak kabul edilmektedir [6].

İki değerlikli katyon miktarının belirlenmesi

Yöntem

1. Titrasyon kabına 50 mL saf su eklenir.
2. 3 mL 1N NaOH ve çeyrek çay kaşığı kadar Ca⁺⁺ indikatörü titrasyon kabına eklenir.
3. Bu aşamada eğer karışımın rengi pembeye dönerse, ölçüsüz olarak versenate çözeltisi ile rengin maviye dönmesi sağlanmalıdır.
4. Titrasyon kabına 1 mL çamur filtratı eklenir.
5. Ca⁺⁺ iyonunun varlığını gösteren pembe renk maviye dönüşünceye kadar versenate çözeltisi kullanılarak titrasyon yapılır. Bu işlem için kullanılan versenate çözeltisi miktarı kayıt altına alınır [6].

Eş 2.17’de söz konusu yöntem ile Ca⁺⁺ iyonunun miktarını belirlemek için kullanılan eşitlik gösterilmiştir.

$$Ca^{++} \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{Versenate \text{ Çökeltisi Miktarı (mL)} * Cv}{Filtrat Miktarı (mL)} \quad (2.17)$$

Eş 2.18’ de söz konusu yöntem ile Mg⁺⁺ iyonunun miktarını belirlemek için kullanılan eşitlik gösterilmiştir.

$$Mg^{++} \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{Versenate \text{ Çökeltisi Miktarı (mL)} * Cv}{Filtrat Miktarı (mL)} \quad (2.18)$$

Metilen mavisi kapasitesinin belirlenmesi

Yöntem

1. Erlenmayer içinde bulunan 10 mL miktarında ki saf suya, 2-10 mL çamur ilave edilir.
2. Hazırlanan karışıma 15 mL miktarında %3’lük hidrojen peroksit ve 0,5 mL miktarında sülfirik asit ilave edilir. Oluşan yeni karışım 10 dakika boyunca düşük ısıda kaynatılır.
3. Daha sonra karışımın hacmi saf su ilave edilmesiyle 50 mL’ye tamamlanır.
4. Çözeltiye pipet yardımı ile metilen mavisi eklenir. Her 0,5 mL ilaveden sonra karışım 15-20 saniye boyunca karıştırılır.
5. Karışımı karıştırırken kullanılan çubuğun ucuyla bir damla alınarak filtre kağıdının üzerine damlatılır.

6. Boyanmış kilin etrafında mavi bir halka belirmediği zaman erlenmayer içinde bulunan karışım yaklaşık iki dakika daha karıştırılır. 2 dakika boyunca karıştırılan karışımdan tekrar bir damla alınarak filtrat kağıdı üzerine damlatılır ve mavi halkanın tekrar oluşup oluşmayacağı test edilir. Mavi halka tekrar oluşuyorsa test bitirilir [6,35].

Eş 2.19 ve Eş 2.20’de gösterilen formüller, kullanılan metilen mavisi miktarı ve buna eşdeğer olan bentonit miktarı belirlenmektedir.

$$\text{Metilen Mavisi Kapasitesi } \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{\text{Metilen Mavisi Miktarı (mL)}}{\text{Çamur Miktarı (mL)}} \quad (2.19)$$

$$\text{Bentonit Miktarı } \left(\frac{lb}{bbl}\right) = 5 * \text{Metilen Mavisi Kapasitesi} \quad (2.20)$$

3.2.3 Sondaj çamurunun fiziksel özelliklerinin ölçülmesi

Çamur ağırlığı

Çamur ağırlığı, çamur terazisi kullanılarak ölçülmektedir. Sondaj sahalarında lb/gal biriminde kullanılmaktadır. Çamur terazisi ile çamur ağırlığı ölçülmeden önce kalibrasyon işlemi yapılmalıdır. Kalibrasyon sıvısı olarak genellikle saf su kullanılır [6,18]. Kalibrasyon işlemi yapıldıktan sonra suyla ölçüm yapıp çamur terazisinin ölçümü doğru yapıp yapmadığı kontrol edilir. Saf suyun 70 °F sıcaklıkta 8,33 lb/gal veya 62,3 lb/ft³’tür. Ölçümü yapılan suyun ağırlığı bu değerlerden farklı çıkması kalibrasyon işleminin hatalı yapıldığının göstergesidir. Çamur terazisi tekrar kalibre edilip saf su ile kontrol işlemi tekrar yapılmalıdır. Saf su için ağırlık değerinin doğru ölçülmesiyle çamur ağırlığı ölçme işlemi için terazi kullanılabilir [6].

Yöntem

1. Terazinin haznesi ağırlığı ölçülecek sondaj çamuru ile doldurulur.
2. Çamurun içinde hava olmaması için hazneye yavaşça birkaç defa vurulur.
3. Kapak hazne üzerine koyulur ve yavaşça kapatılır.
4. Kapağın üstünde bulunan delikten dışarı bir miktar çamur çıkması terazi haznesinin tamamen dolduğunun göstergesidir.
5. Kapaktaki delik kapatılarak haznenin dışı ve eğer çamur bulaşmışsa terazi kolu temizlenir.

6. Terazi dayanma noktasına yerleştirilir. Terazinin kolu üzerinde bulunan ağırlık hareket ettirilerek hazne ve terazi kolu dengelenir.
7. Hazne ve terazi kolunun dengeye geldiği anda hareket ettirilen ağırlığın soluna bakılarak çamur ağırlığı değeri okunur.
8. Okuma sonucu bulunan değer istenilen birime gerekli işlemler ile çevrilerek kayıt altına alınır.
9. Çamur ağırlığı ölçümü bittikten sonra hazne yıkanarak kullanılan ekipmanların bir sonraki ölçümlerde hataya sebebiyet vermemesi sağlanır [6,36].

Viskozite

Sondaj çamurunun viskozitesi, Marsh Hunisi ya da viskometre cihazı ile ölçülmektedir. Marsh hunisi ile ölçülen viskoziteye genelde huni viskozite denilmektedir [32]. Marsh hunisi 1 500 ml çamur ile doldurulur ve 946 mL çamurun kaç saniyede akacağını test eder. Marsh hunisinin kullanımı basit, hızlı ve oldukça pratik olduğu için tercih edilebilirliği fazladır. Bu avantajına karşılık spesifik parametreleri ölçememesi Marsh hunisi için büyük bir dezavantaj olarak bilinmektedir. Marsh hunisi sadece çamurun viskozitesindeki anlık değişimleri ölçmek için kullanılır [6, 32,33].

Yöntem 1- Marsh Hunisi

1. Marsh hunisi kullanılmadan önce mutlaka kalibrasyon işlemi yapılmalıdır.
2. Saf su kullanılarak Mars hunisi doldurulur. 946 mL suyun 70 °F sıcaklıkta 26 saniyede akması Marsh hunisinin kalibrasyonunun doğru bir şekilde yapıldığını gösterir.
3. Kalibre edilen Marsh hunisinin altında yer alan delik parmakla kapatılarak dik konumda tutulur. Üzerinde bulunan elekten çamur dökülerek elek seviyesine kadar çamur doldurulur.
4. Huninin kapatılan kısmından parmak çekildiği an kronometrede sayım başlatılır. Çamurun 946 mL değerindeki kabı doldurması için gereken zaman ölçülür.
5. Ölçülen akış zamanı saniye cinsinden huni viskozite değeri olarak kayıt altına alınır.
6. Test edilen çamur numunesinin sıcaklığı °F olarak kayıt altına alınır [6].

Yöntem 2- Viskometre

Viskometre cihazı, sondaj çamurunun kopma noktası (YP), görünür viskozite (AV) ve plastik viskozite (PV) değerlerini ölçmek için kullanılır. Viskometre cihazı 6 hızlıdır. Çamurun 600, 300, 200, 100, 6 ve 3 rpm okumaları döner viskometre cihazı ile yapılabilmektedir. Söz konusu parametrelerinin ölçülmesinde 600 ve 300 rpm okumalarının yapılması gerekmektedir. 600 ve 300 rpm okumaları ile alınan değerler ile görünür viskozite, plastik viskozite ve kopma noktası değerleri sırasıyla Eş 2.14, Eş 2.15 ve Eş 2.16 kullanılarak bulunmaktadır [6].

$$AV = \Theta_{600} / 2 \quad (2.14)$$

$$PV = \Theta_{600} - \Theta_{300} \quad (2.15)$$

$$YP = \Theta_{300} - PV \quad (2.16)$$

Eşitlikler için;

AV = Görünür viskozite, cP

PV = Plastik viskozite, cP

YP = Kopma noktası, lb/(100ft²)

Eşitliklerde kullanılmak üzere alınan 600 ve 300 rpm okumaları için yapılması gerekenler;

1. Viskometre kabı yeni karıştırılmış olan sondaj çamuru ile işaretli bölgeye kadar doldurulur.
2. Rotor üzerindeki çizgiye kadar çamura batırılır.
3. Rotor 600 rpm'de döndürülmek üzere ayarlanır. Dönüş esnasında kadranda yazan değer takip altına alınır. Kadrandaki ibrenin sabitlendiği değer 600 rpm okuması olarak kaydedilir.
4. Daha sonra viskometre 300 rpm'de döndürülmek üzere ayarlanır ve dönüş işlemi başlatılır. Tıpkı 600 rpm okumasında yapıldığı gibi kadran üzerinde bulunan ibrenin sabitlendiği değer 300 rpm okuması olarak kayıt altına alınır.
5. Test edilen numunenin sıcaklığı °F olarak kaydedilir [6].

600 ve 300 rpm okumalarında ibrenin sabitlenmesi için geçen süre çamur özelliklerine bağlıdır ve viskometre ile yapılan okumalar sırasındaki vites değişimleri yalnızca cihaz çalışırken yapılmalıdır.

Jel mukavemeti

Sondaj çamurunun jel mukavemeti değeri 6 hızlı döner viskometre ile ölçülmektedir. Jel mukavemeti değeri 10 saniye ve 10 dakika için ölçülmektedir.

Yöntem

1. Viskometre kabına doldurulan sondaj çamuru 600 rpm hızda 10 saniye boyunca karıştırılır.
2. 10 saniye sonunda viskometre cihazı durdurulup çamurun 10 saniye hareketsiz beklemesi sağlanır.
3. 10 saniye hareketsiz bırakılan çamur daha sonra 3 rpm değerinde yavaşça karıştırılır ve bu hızda kadranda okunan en yüksek değer lb/(100ft²) cinsinden 10 saniye jel mukavemeti olarak kaydedilir.
4. 10 dakikalık jel mukavemeti değerinin ölçülmesi için sondaj çamuru tekrar 600 rpm'de 10 saniye boyunca karıştırılır. Bu süre sonunda viskometre cihazı durdurulup 10 dakika boyunca sondaj çamurunun hareketsiz kalması sağlanır.
5. Bu süre sonunda viskometre cihazı 3 rpm'de çalıştırılır ve kadranda okunan en yüksek değer 10 dakika jel mukavemeti olarak lb/(100ft²) olarak kaydedilir [6].

Yapılan ölçümler sonrası kullanılan ekipmanlar, yapılacak yeni ölçümlerin doğru olması için düzgün bir şekilde temizlenmelidir.

Sıvı kaybı

Sıvı kaybı özelliği, sondaj operasyonu sırasında oluşan filtre keki içerisinden formasyona geçen çamur miktarı olarak tanımlanmaktadır. Operasyonlarda sıvı kaybı değerinin yüksek olması istenen bir durum olmadığından dolayı dışarıdan çamura ilave edilen katkı maddeleri ile sıvı kaybı değeri düşürülür. Sıvı kaybı değeri, ‘sıvı kaybı kiti’ kullanılarak ölçülmektedir. Sondaj çamuru, belli bir basınç altında ve belirlenen sürede bu alette sıkıştırılır [6,37].

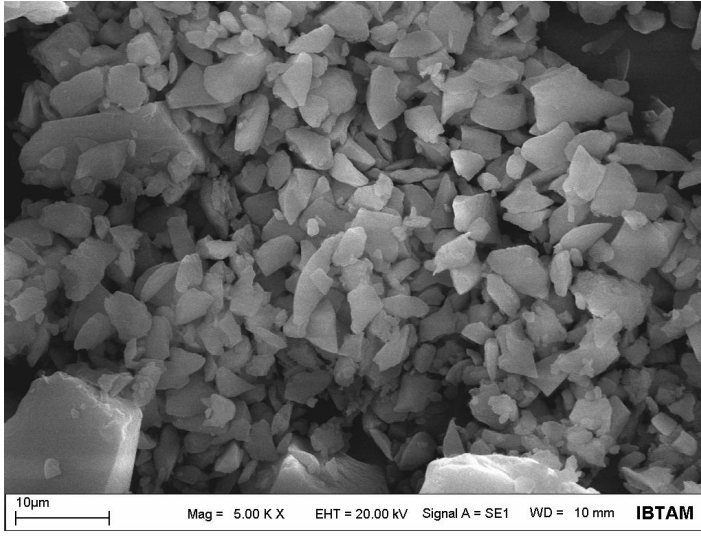
Yöntem

1. Sondaj çamuru haznesi üstten ½ inç boşluk kalacak şekilde doldurulur.
2. Filtratın toplanması için ilgili yere mezür konur. Daha sonra regülatör vasıtasıyla 100 psi basınç uygulanır.
3. 30 dakika sonunda basınç kesilir ve mezürde biriken filtrat sıvı kaybı değeri olarak okunur.
4. Hücrede kalan çamur dikkatli bir biçimde boşaltılır ve filtrat kağıdı üzerinde biriken çamur keki ile birlikte dikkatli şekilde çıkartılır.
5. Yapılmak istenen analizlerin türüne göre kek kalınlığı ölçülebilir. Oluşan çamur kekinin yapısı hakkında yorumlamalar yapılabilmektedir.
6. Yapılacak işlemler bittikten sonra kullanılan ekipmanlar iyi bir şekilde temizlenmeli ve kurulanmalıdır [6].

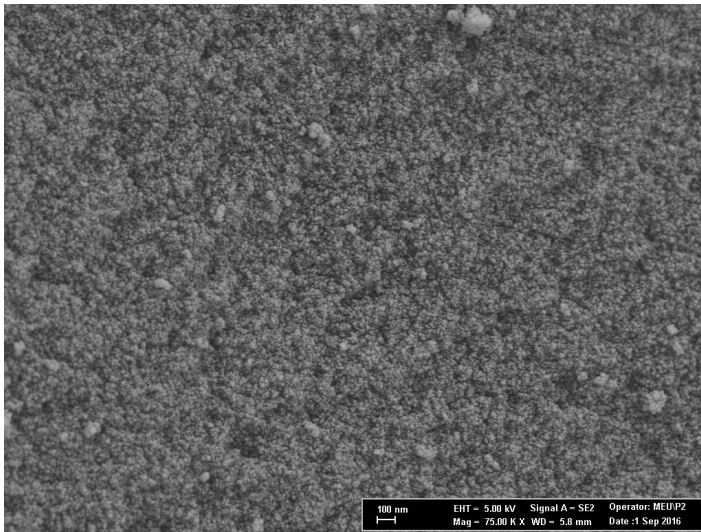
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Yapılan çalışma kapsamında ülkemizde bol miktarda bulunan, kolay temin edilebilen ve maliyet açısından diğer katkı maddelerine göre ucuz olan kuvarsit, pomza, diatomit ve bu endüstriyel ham maddelerden low temperature alkali ekstraksiyon metodu ile elde edilen silika su bazlı sondaj çamuruna katkılanmış ve çamur üzerinde yarattığı etkiler incelenmiştir.

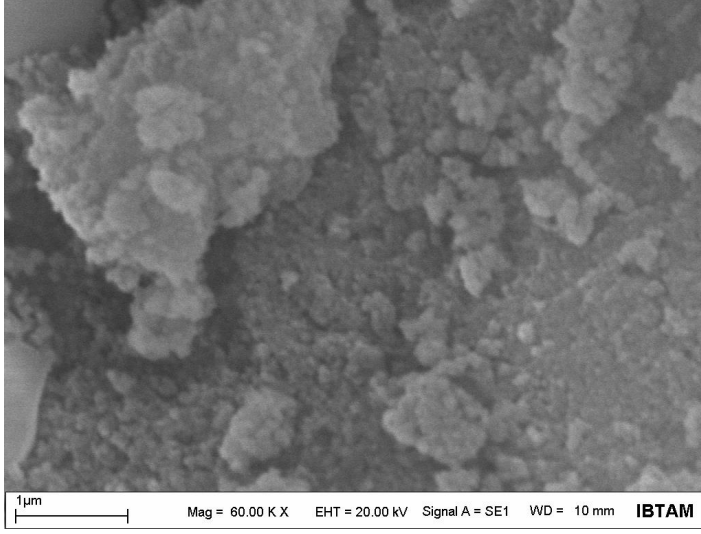
Pomza, diatomit ve kuvarsit kullanılarak üretilen amorf silikaların ayrı ayrı SEM görüntüleri çekilmiştir. Bu görüntüler pomza cevheri için Şekil 4.1’de, diatomit cevheri için Şekil 4.2’de ve kuvarsit cevheri için Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Pomza cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü



Şekil 4.2. Diatomit cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü



Şekil 4.3. Kuvarsit cevherinden üretilen amorf silika için SEM görüntüsü

Üretilen amorf silikaların yapısı elemental analiz ile incelendiğinde en az %98 oranında SiO₂ içerdikleri görülmektedir. Kullanılan cevherlerden üretilen amorf silikaların elemental analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Pomza cevherinden üretilen amorf silika için P- SiO₂, diatomit cevherinden üretilen amorf silika için D- SiO₂ ve kuvarsit cevherinden üretilen amorf silika için K- SiO₂ adlandırılması yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Üretilen amorf silikaların elemental analizi

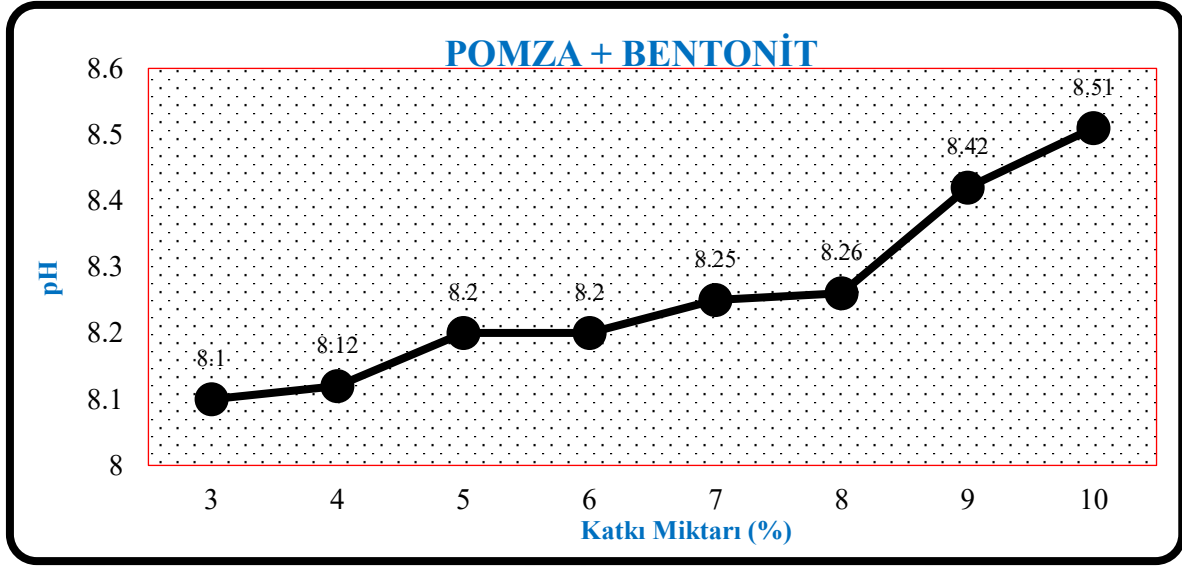
Sample	P-SiO ₂	D-SiO ₂	K-SiO ₂
SiO ₂	98.12	98.74	99.1
TiO ₂	n/a	n/a	n/a
Al ₂ O ₃	0.06	0.23	0.08
Fe ₂ O ₃	n/a	n/a	n/a
MgO	n/a	n/a	n/a
CaO	n/a	n/a	n/a
Na ₂ O	0.35	n/a	n/a
K ₂ O	0.54	n/a	0.22

Üretilen amorf silikanın sondaj çamuru üzerinde yarattığı etkiyi ortaya koyabilmek için amorf silikanın üretildiği maddeler ve üretilen silika ile ayrı ayrı su bazlı sondaj çamuru hazırlanmıştır. Pomza, diatomit, kuvarsit ve amorf silika ile önce %3-%10 ağırlık oranlarında su bazlı sondaj çamuru hazırlanmış ve daha sonra bu maddeler ile bentonitin eşit ağırlık oranlarında katkılındığı su bazlı sondaj çamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan çamur numunelerinin tüm katkı oranları için 187 gr pomza, 187 gr kuvarsit ve 187 gr diatomit numunesi kullanılırken 561,05 gr bentonit numunesi kullanılmıştır. Katkılanan endüstriyel ham maddelerin ve üretilen silikanın sondaj çamuru özellikleri üzerinde yarattığı etkiler incelenmiştir. Deney sonuçlarında ki hata payını en aza indirmek için işlemler 3 defa tekrarlanmıştır. Sondaj çamurunun incelenen parametreleri şunlardır;

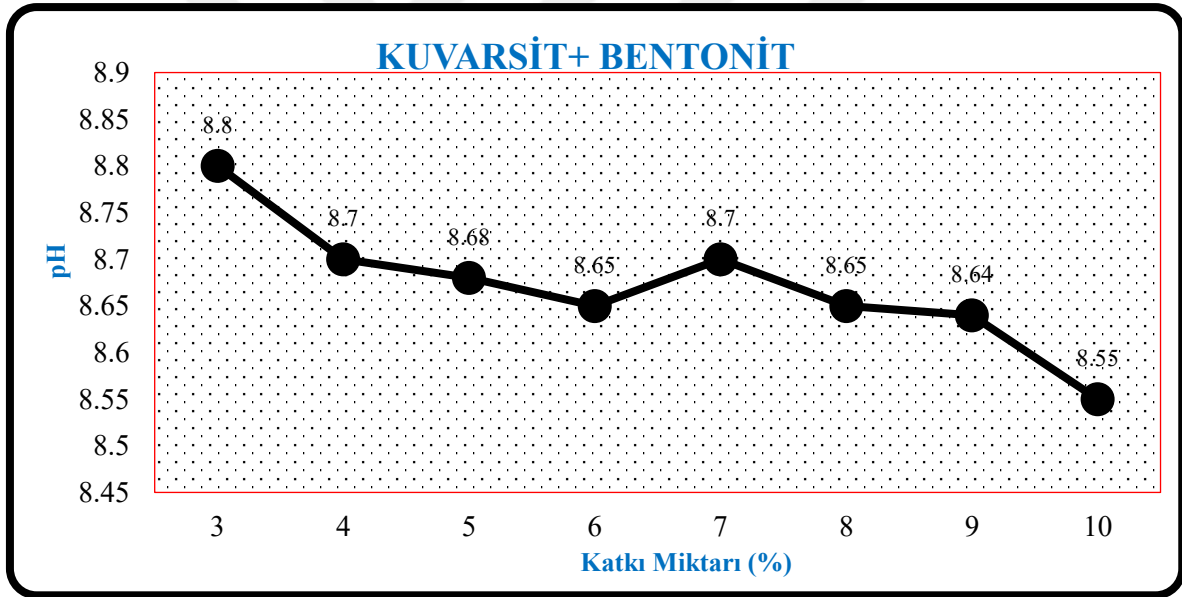
- pH
- Çamur Ağırlığı
- Görünür Viskozite
- Plastik Viskozite
- Kopma Noktası
- 10 saniye ve 10 dakika için Jel Kuvveti
- Sıvı Kaybı miktarı (Filtrasyon)

4.1 pH parametresi için analiz sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen amorf silikanın ve amorf silika üretiminde kullanılan endüstriyel ham maddelerin su bazlı sondaj çamurunun pH parametresi üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir. %3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin pH parametresi üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.4'te, Kuvarsit için Şekil 4.5'de, Diatomit için Şekil 4.6'da ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekil 4.8'de tüm numunelerin pH değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.



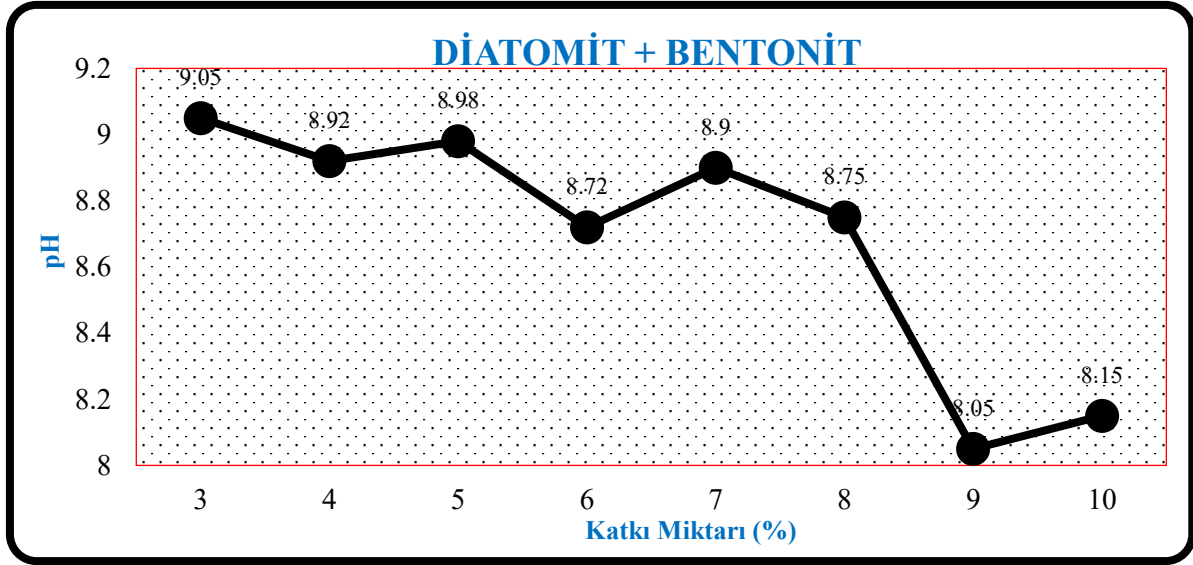
Şekil 4.4. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi



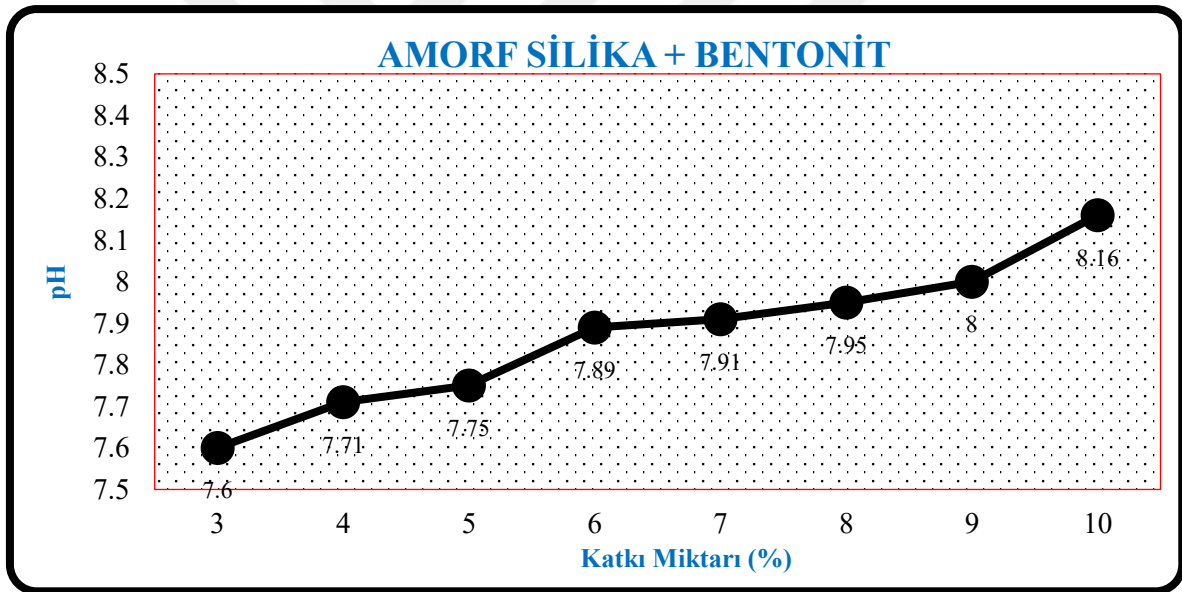
Şekil 4.5. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun pH üzerine etkisi

Şekil 4.4 incelendiğinde pomza ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek pH değerinin 8.51 ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerin ise 8.1 ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın çamurun pH değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir.

Şekil 4.5 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek pH değerinin 8.8 ile ağırlıkça %3 katkılı numunede, en düşük değerin ise 8.55 ile ağırlıkça %10 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsitin çamurun pH değerini azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir.



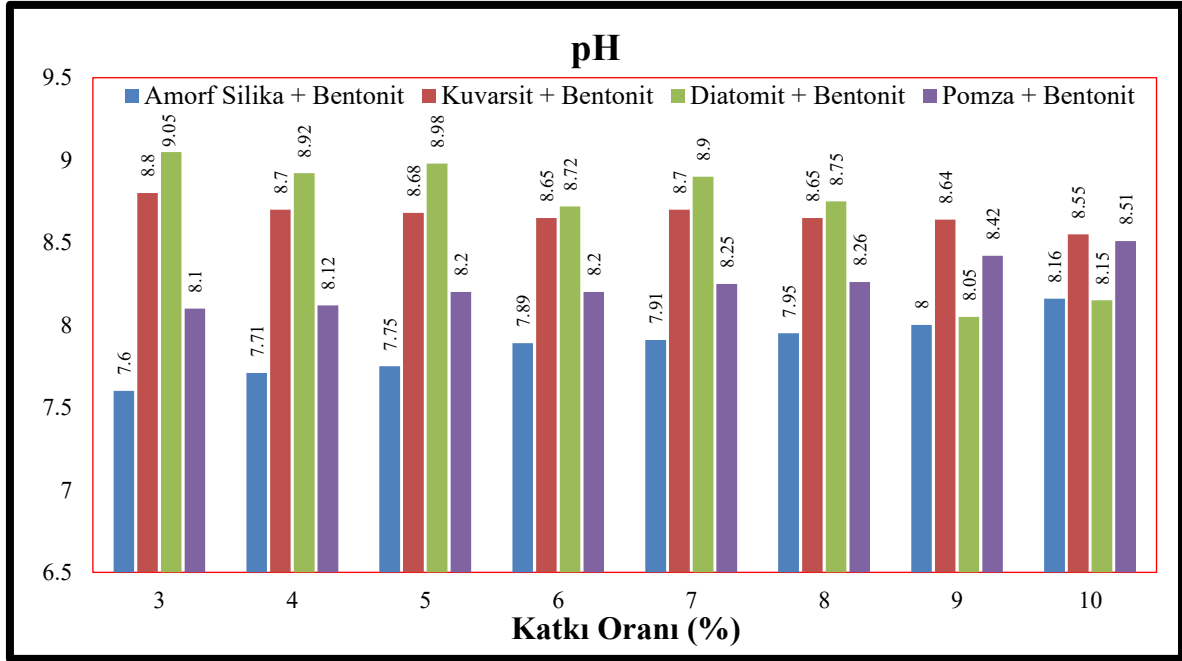
Şekil 4.6. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun ph üzerine etkisi



Şekil 4.7. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun ph üzerine etkisi

Şekil 4.6 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek pH değerinin 9.05 ile ağırlıkça %3 katkılı numunede, en düşük değerin ise 8.05 ile ağırlıkça %9 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin çamurun pH değerini büyük oranda azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir.

Şekil 4.7 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek pH değerinin 8.16 ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerin ise 7.6 ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın çamurun pH değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir.

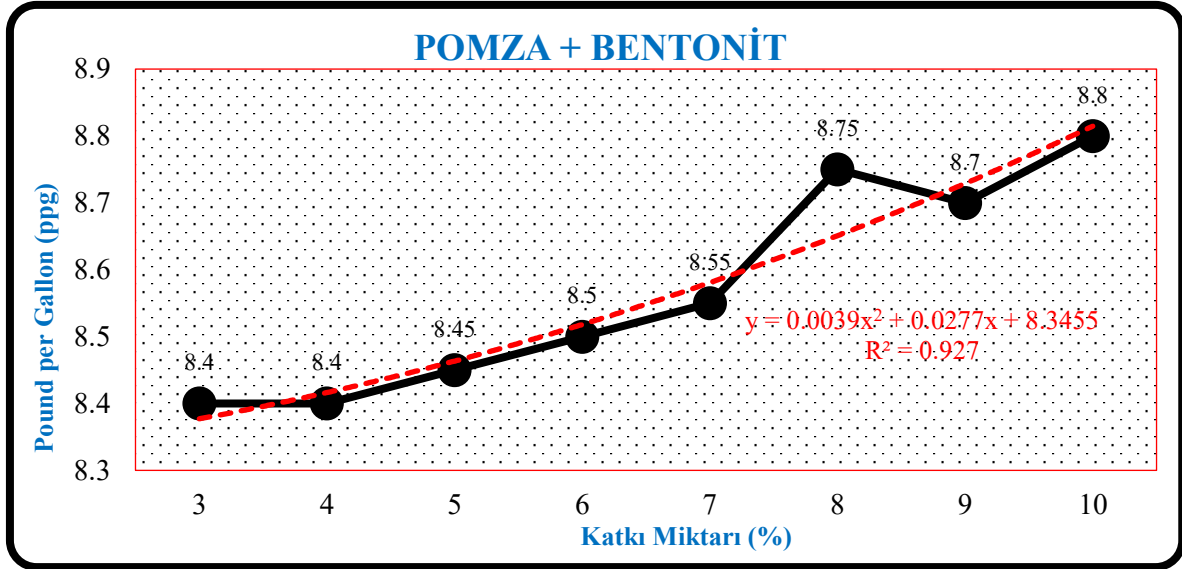


Şekil 4.8. Çamur numunelerinin pH değerlerinin karşılaştırılması

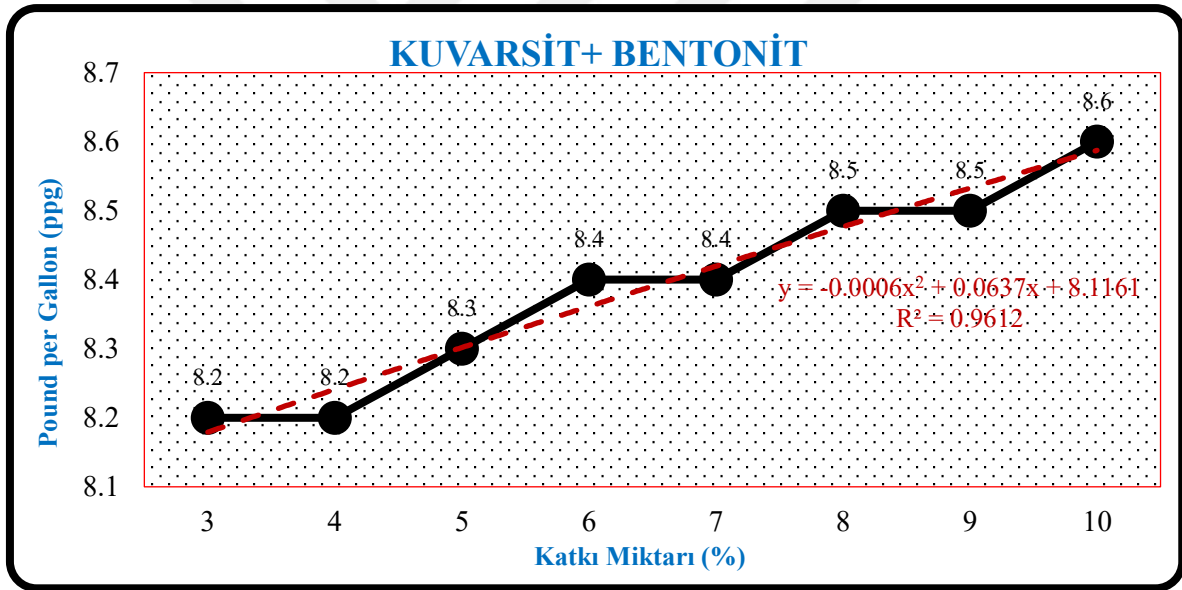
Şekil 4.8’de belirtildiği üzere amorf silika katkılı sondaj çamurlarının tüm katkı oranlarında en düşük pH değerlerini verdiği saptanmıştır. Katkı oranlarına göre ise pH değerlerinde düzenli artış olduğu belirlenmiştir. Kuvarsit katkılı çamurlarda ise amorf silika ve pomza katkılı çamurlara kıyasla daha yüksek pH değerleri ölçülmüştür. Diatomit katkılı sondaj çamurunda ise katkı oranı arttıkça pH değerinin azaldığı belirlenmiştir. Pomza katkılı çamurlarda ise ağırlık oranı arttıkça pH değerinin de arttığı belirlenmiştir.

4.2 Çamur ağırlığı için analiz sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen amorf silikanın ve amorf silika üretiminde kullanılan endüstriyel ham maddelerin su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı parametresi üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir. %3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin çamur ağırlığı parametresi üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.9’da, Kuvarsit için Şekil 4.10’da, Diatomit için Şekil 4.11’de ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Şekil 4.13’de tüm numunelerin çamur ağırlığı değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.



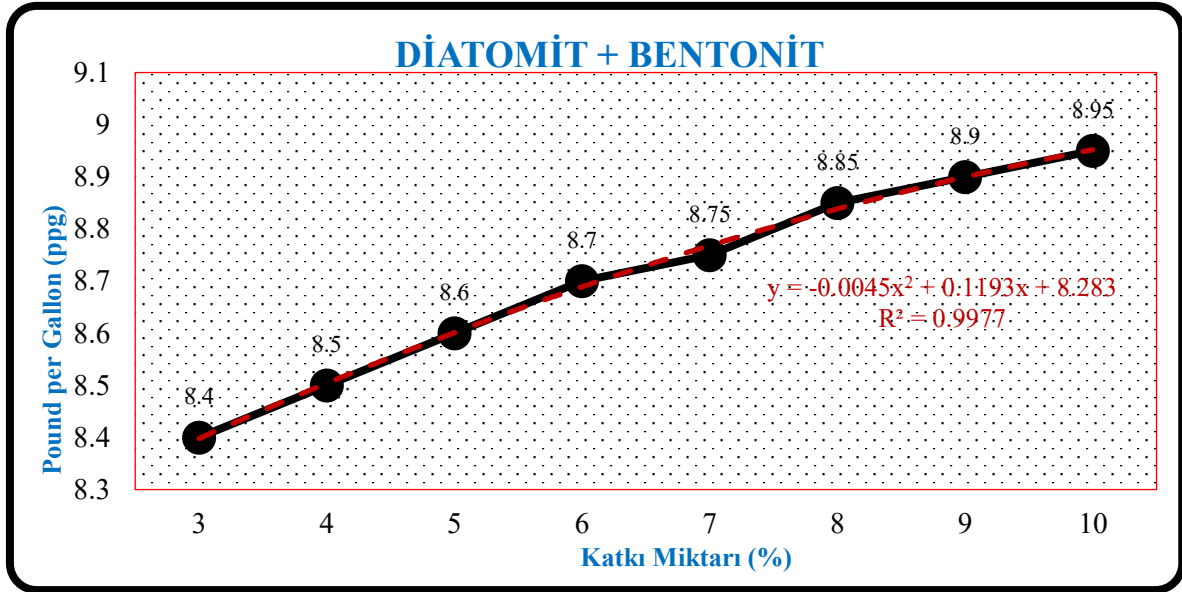
Şekil 4.9. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi



Şekil 4.10. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi

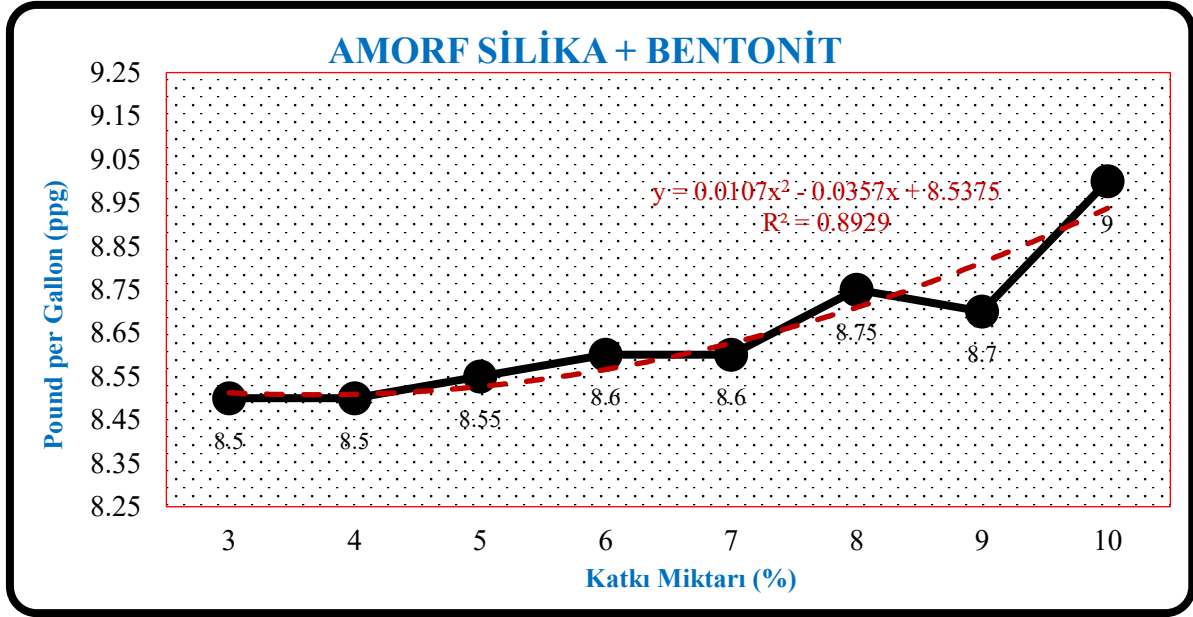
Şekil 4.9 incelendiğinde pomza ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek çamur ağırlığı değerinin 8.8ppg ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 8.4ppg ile ağırlıkça %3 ve %4 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın çamur ağırlığı değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0039x^2 + 0.0277x + 8.3455$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9270 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.10 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek çamur ağırlığı değerinin 8.6ppg ile ağırlıkça %10 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 8.2ppg ile ağırlıkça %3 ve %4 katkıli numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsitin çamur ağırlığı değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = -0.0006x^2 + 0.0637x + 8.1161$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9612 olarak belirlenmiştir.



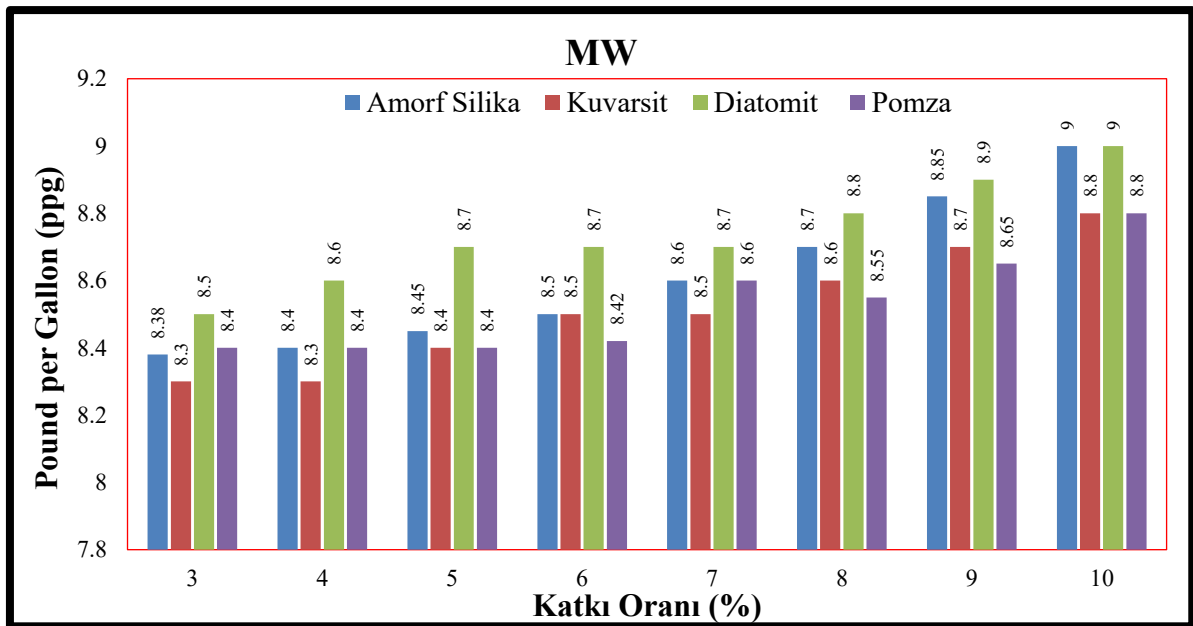
Şekil 4.11. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi

Şekil 4.11 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek çamur ağırlığı değerinin 8.95ppg ile ağırlıkça %10 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 8.4ppg ile ağırlıkça %3 katkıli numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin çamur ağırlığı değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = -0.0045x^2 + 0.1193x + 8.283$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9977 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.12. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun çamur ağırlığı üzerine etkisi

Şekil 4.12 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek çamur ağırlığı değerinin 9ppg ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 8.5ppg ile ağırlıkça %3 ve %4 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın çamur ağırlığı değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0107x^2 - 0.0357x + 8.5375$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.8929 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Çamur numunelerinin çamur ağırlığı değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.13'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin çamur ağırlığını düzenli olarak artırdığı belirlenmiştir. En yüksek çamur ağırlığı değerlerinin diatomit ve amorf silikada olduğu saptanmıştır. Pomza ve kuvarsit katkılı sondaj çamurlarının ise çamur ağırlıklarının tüm katkı oranlarında birbirine benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

4.3 Görünür Viskozite, Plastik Viskozite ve Kopma Noktası için Analiz Sonuçları

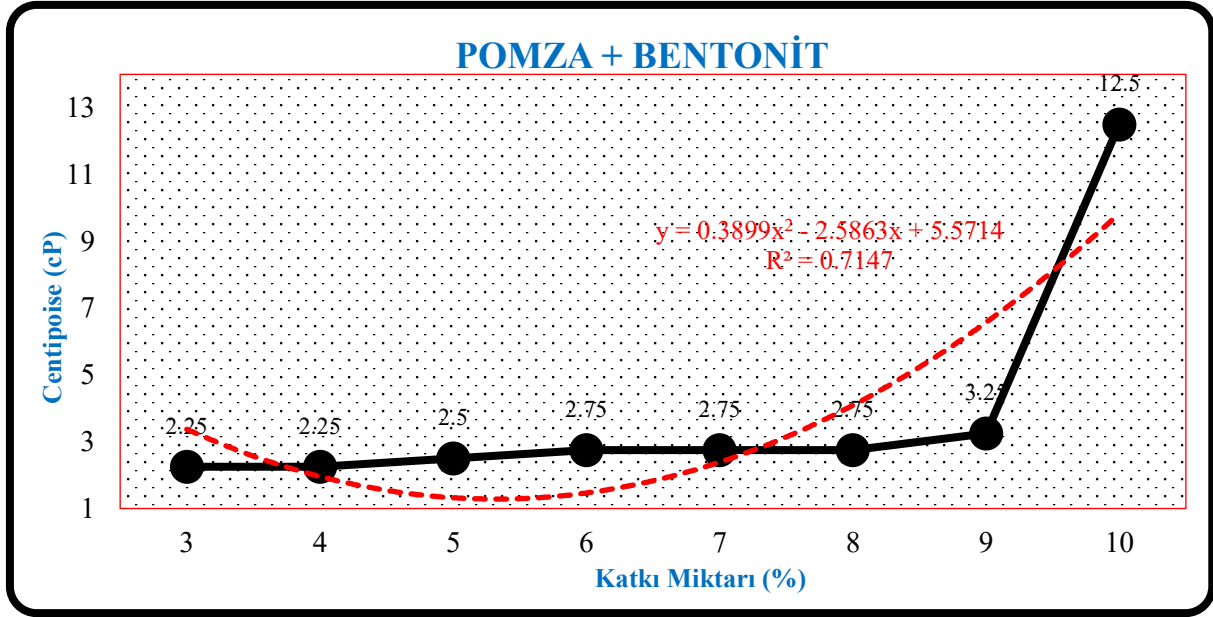
Çalışma kapsamında üretilen amorf silikanın ve amorf silika üretiminde kullanılan endüstriyel ham maddelerin su bazlı sondaj çamurunun görünür viskozite, plastik viskozite ve kopma noktası parametreleri üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir.

%3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin görünür viskozite parametresi üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.14'de, Kuvarsit için Şekil 4.15'de, Diatomit için Şekil 4.16'da ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Şekil 4.18'de tüm numunelerin görünür viskozite değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

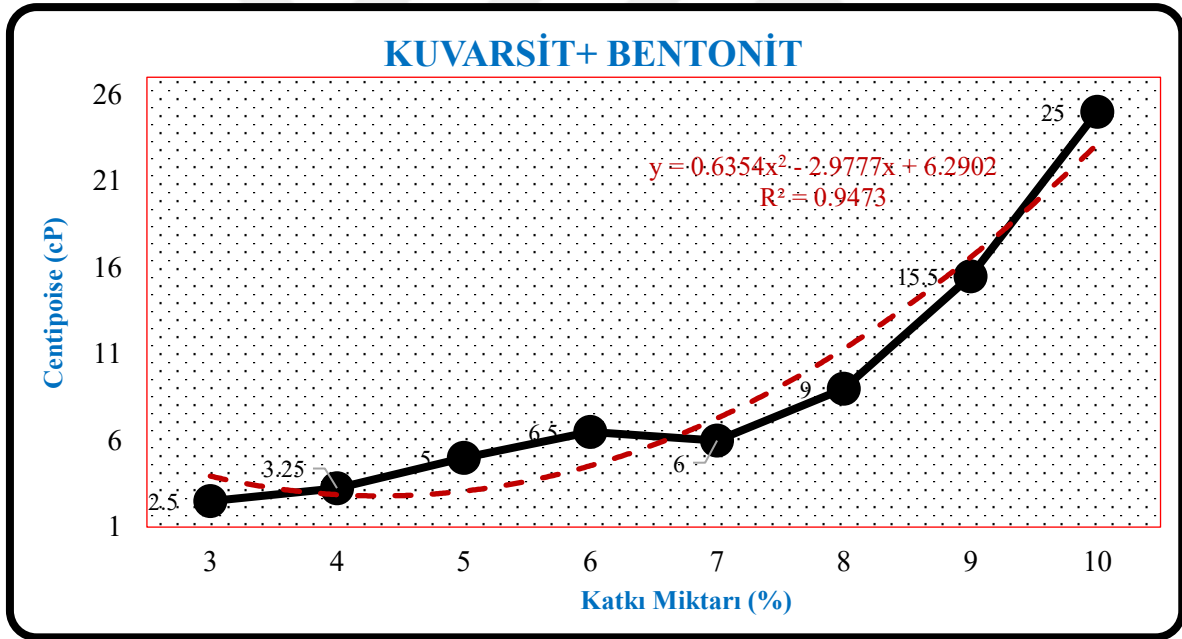
%3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin plastik viskozite parametresi üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 5.19'da, Kuvarsit için Şekil 4.20'de, Diatomit için Şekil 4.21'de ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 4.23'de tüm numunelerin plastik viskozite değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

%3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin kopma noktası parametresi üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.19'da, Kuvarsit için Şekil 4.20'de, Diatomit için Şekil 4.21'de ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Şekil 5.23'de tüm numunelerin plastik viskozite değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

Şekil 4.14 incelendiğinde pomza ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek görünür viskozite değerinin 12.5cP ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 2.25cP ile ağırlıkça %3 ve %4 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın görünür viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.3899x^2 - 2.5863x + 5.5714$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7147 olarak belirlenmiştir.

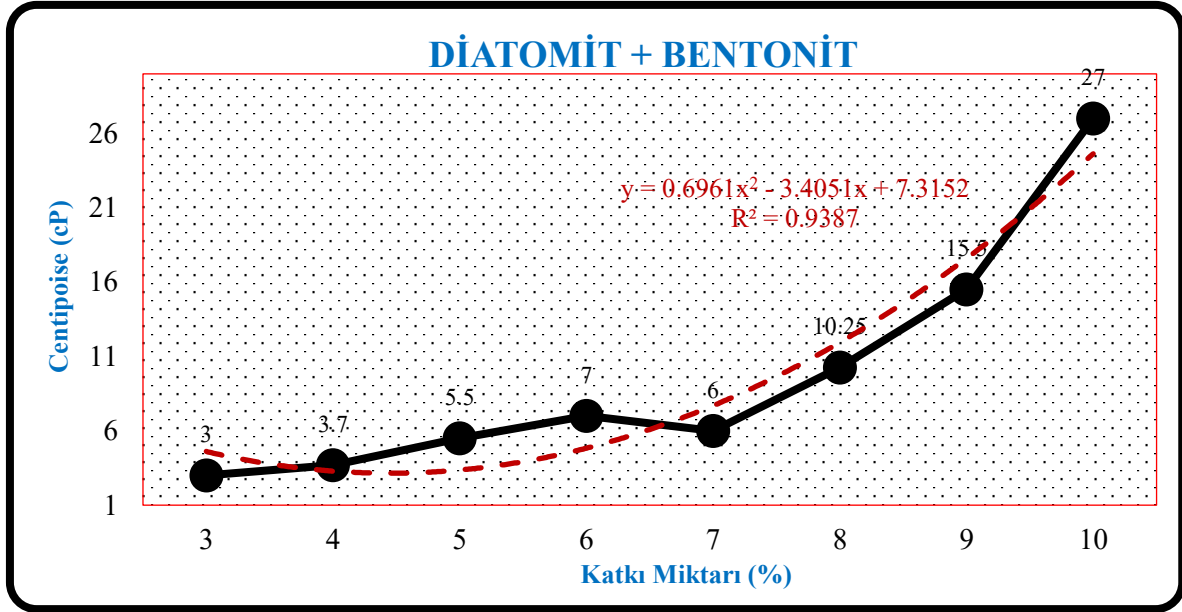


Şekil 4.14. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri



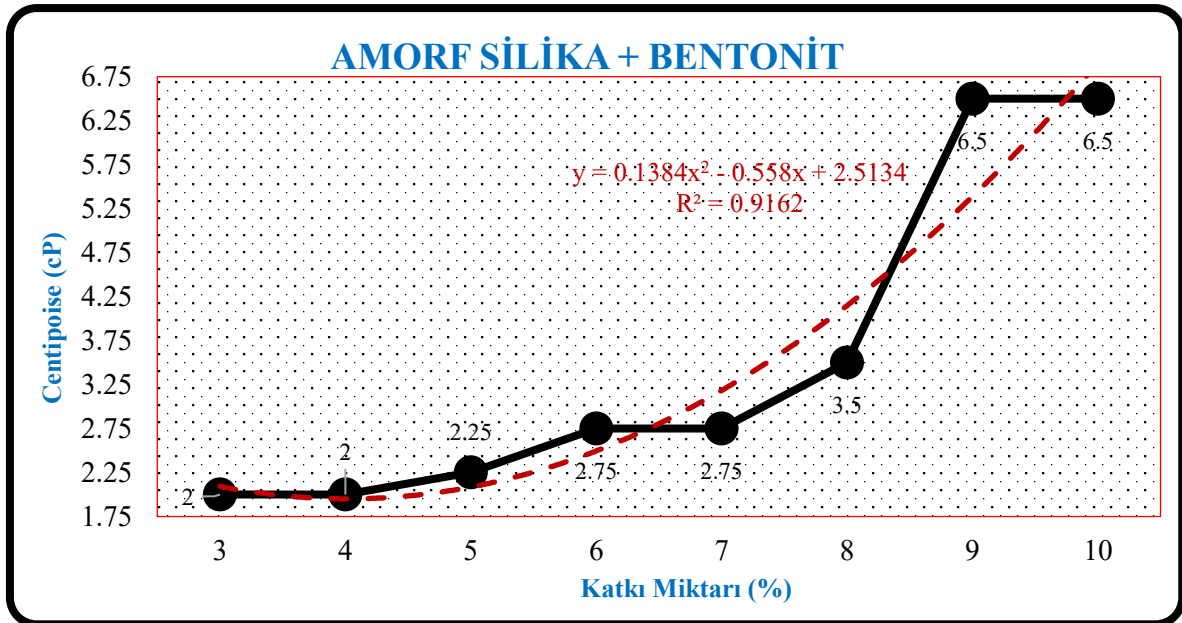
Şekil 4.15. Kuarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri

Şekil 4.15 incelendiğinde kuarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek görünür viskozite değerinin 25cP ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 2.5cP ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuarsitin görünür viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.6354x^2 - 2.9777x + 6.2902$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9473 olarak belirlenmiştir.



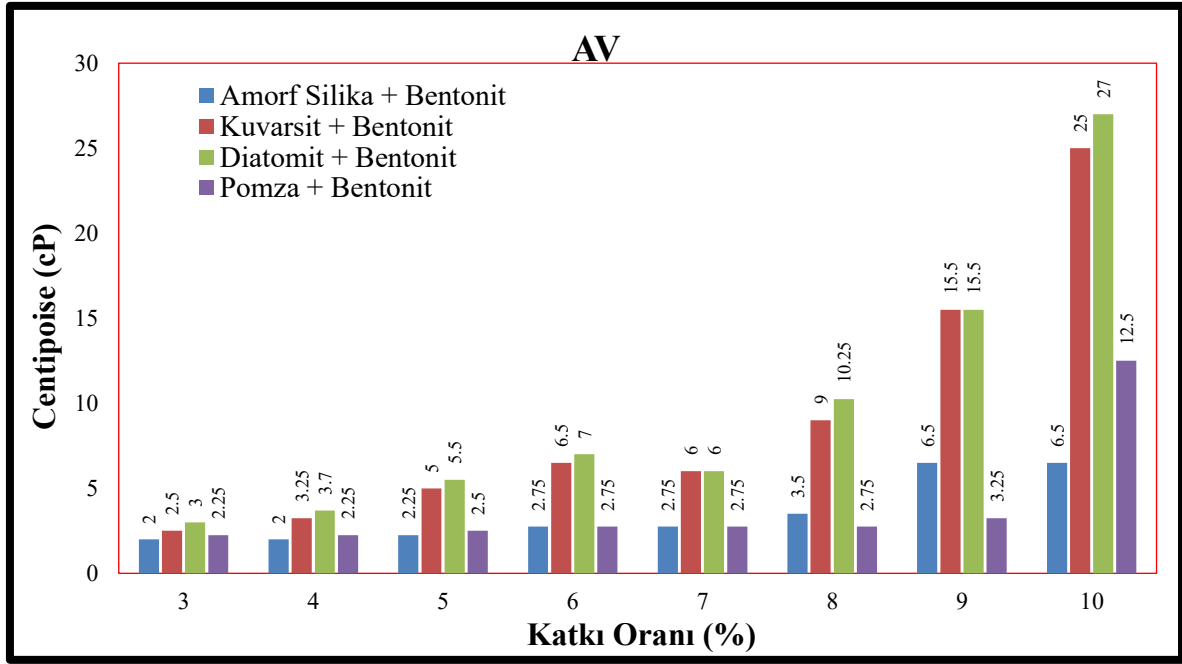
Şekil 4.16. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri

Şekil 4.16 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek görünür viskozite değerinin 27cP ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 3cP ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin görünür viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.6961x^2 - 3.4051x + 7.3152$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9387 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.17. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun AV değerleri

Şekil 4.17 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek görünür viskozite değerlerinin 6.5cP ile ağırlıkça %9 ve %10 katkıli numunelerde, en düşük değerin ise 2cP ile ağırlıkça %3 katkıli numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın görünür viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.1384x^2 - 0.558x + 2.5134$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9162 olarak belirlenmiştir.

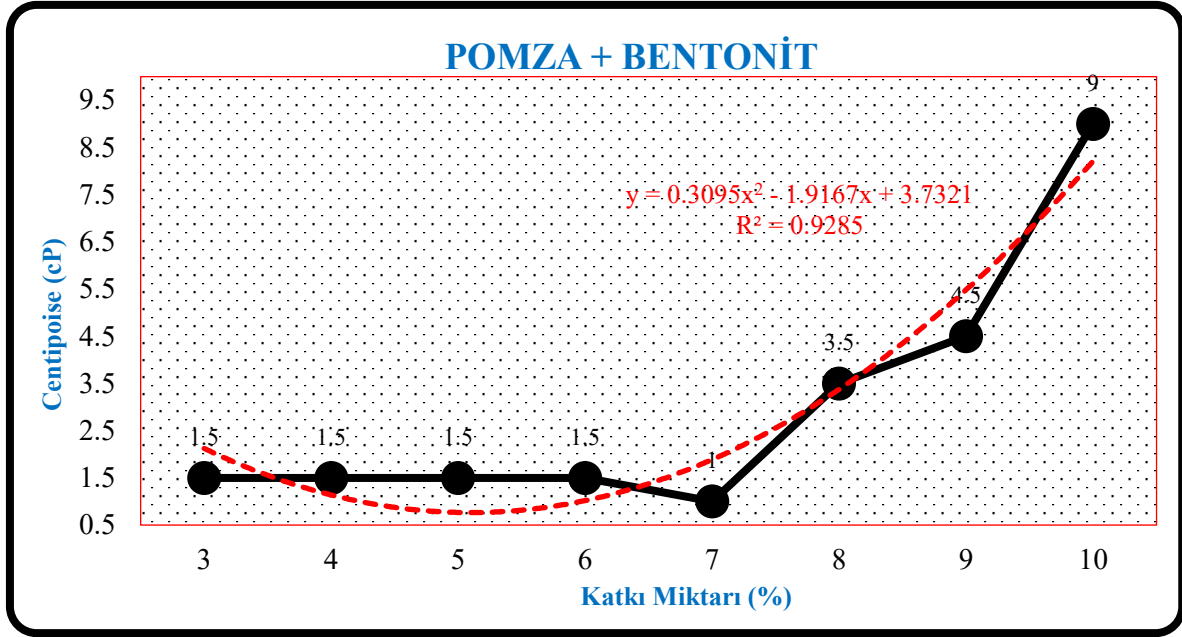


Şekil 4.18. Çamur numunelerinin AV değerlerinin karşılaştırılması

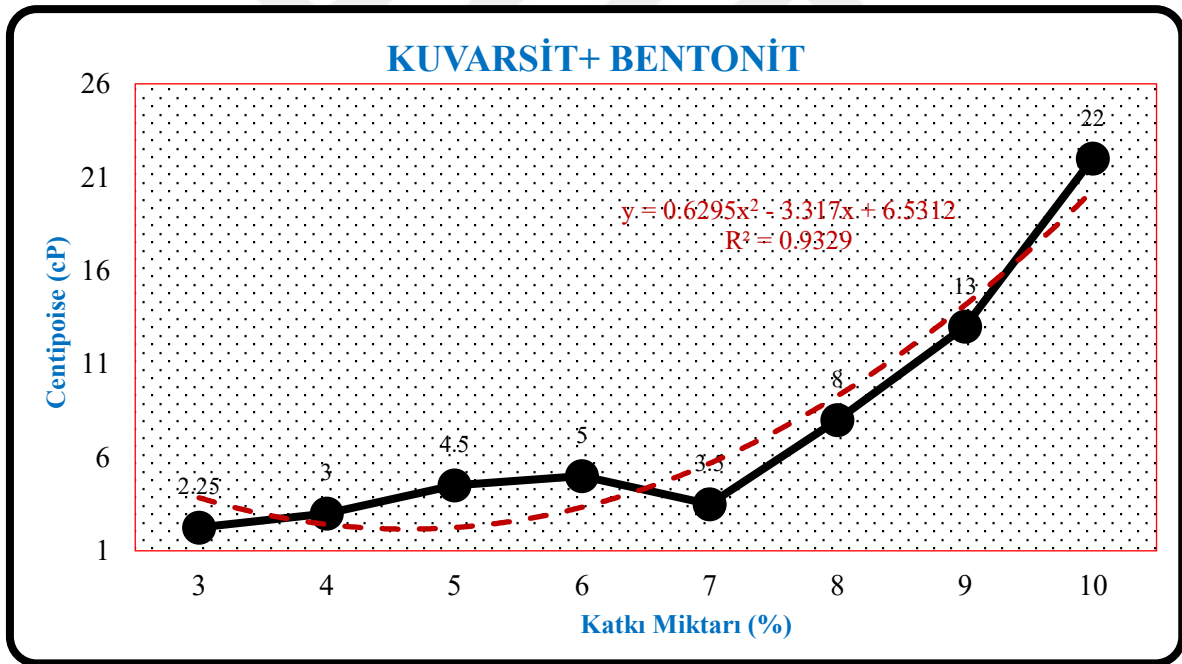
Şekil 4.18'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin görünür viskozite değerini artırdığı belirlenmiştir. En yüksek görünür viskozite değerlerinin diatomit ve kuvarsitte olduğu saptanmıştır. Amorf silika ve pomza katkıli sondaj çamurlarının ise görünür viskozite değerlerinin tüm katkı oranlarında birbirine benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Üretilen amorf silikanın katkılanmasıyla hazırlanan su bazlı sondaj çamurlarının tüm katkı oranlarında AV değerinin standardı (minimum 15) karşılamadığı belirlenmiştir.

Şekil 4.19 incelendiğinde pomza ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek plastik viskozite değerinin 9cP ile ağırlıkça %10 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 1.5cP ile ağırlıkça %3-%6 katkıli numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın plastik viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.3095x^2 - 1.9167x + 3.7321$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9285 olarak belirlenmiştir.

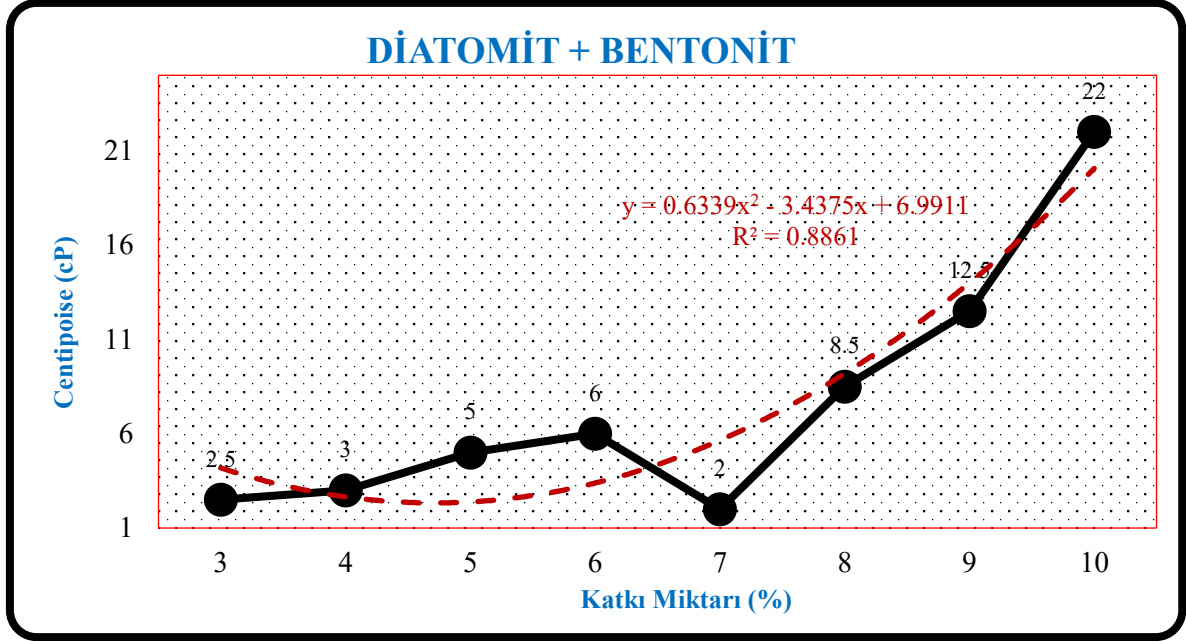


Şekil 4.19. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri



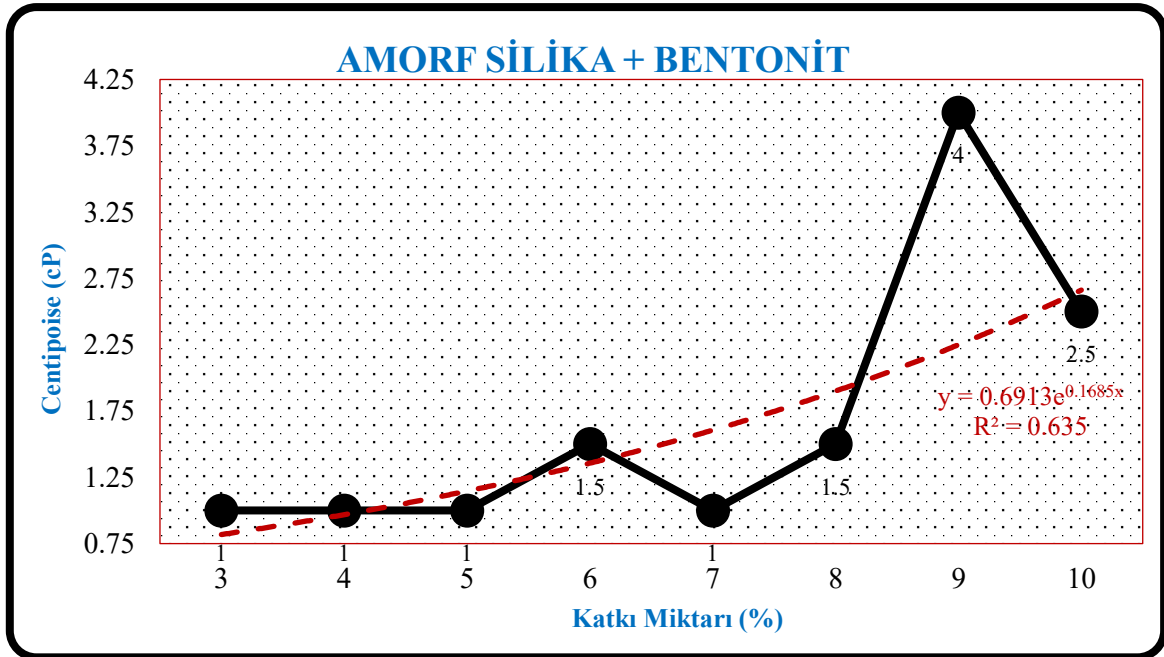
Şekil 4.20. Kuarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri

Şekil 4.20 incelendiğinde kuarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek plastik viskozite değerinin 22cP ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 2.25cP ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuarsitin plastik viskozite değerini artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.6295x^2 - 3.317x + 6.5312$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9329 olarak belirlenmiştir.



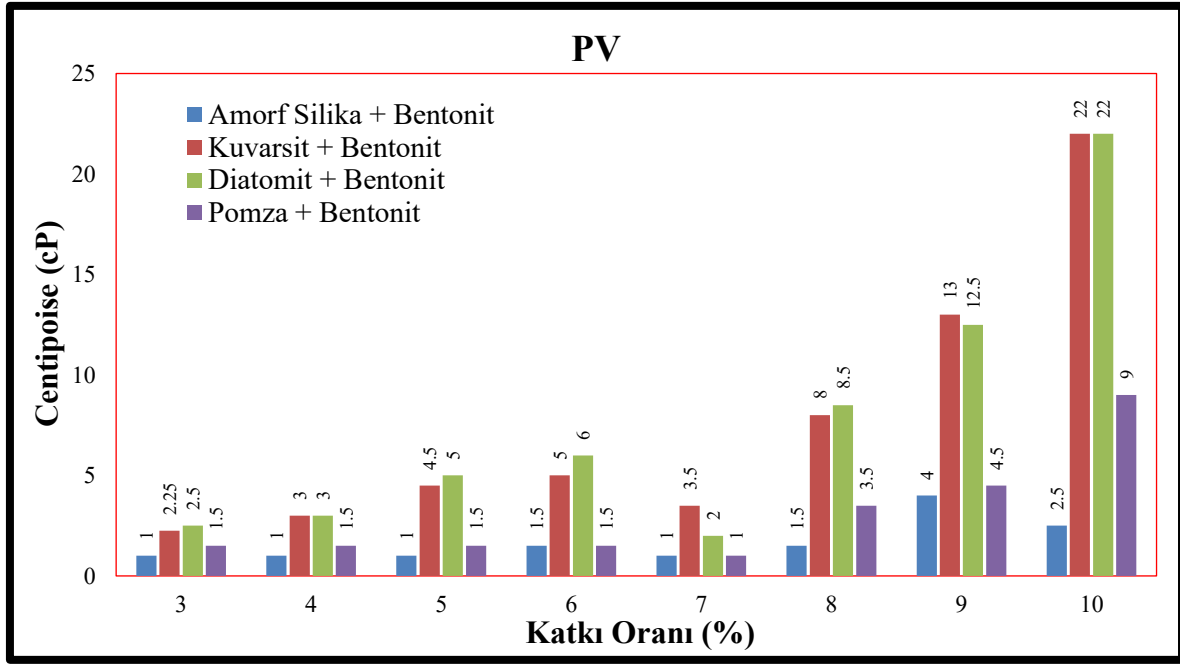
Şekil 4.21. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri

Şekil 4.21 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek plastik viskozite değerinin 22cP ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 2cP ile ağırlıkça %7 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin plastik viskozite değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.6339x^2 - 3.4375x + 6.9911$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.8861 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.22. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun PV değerleri

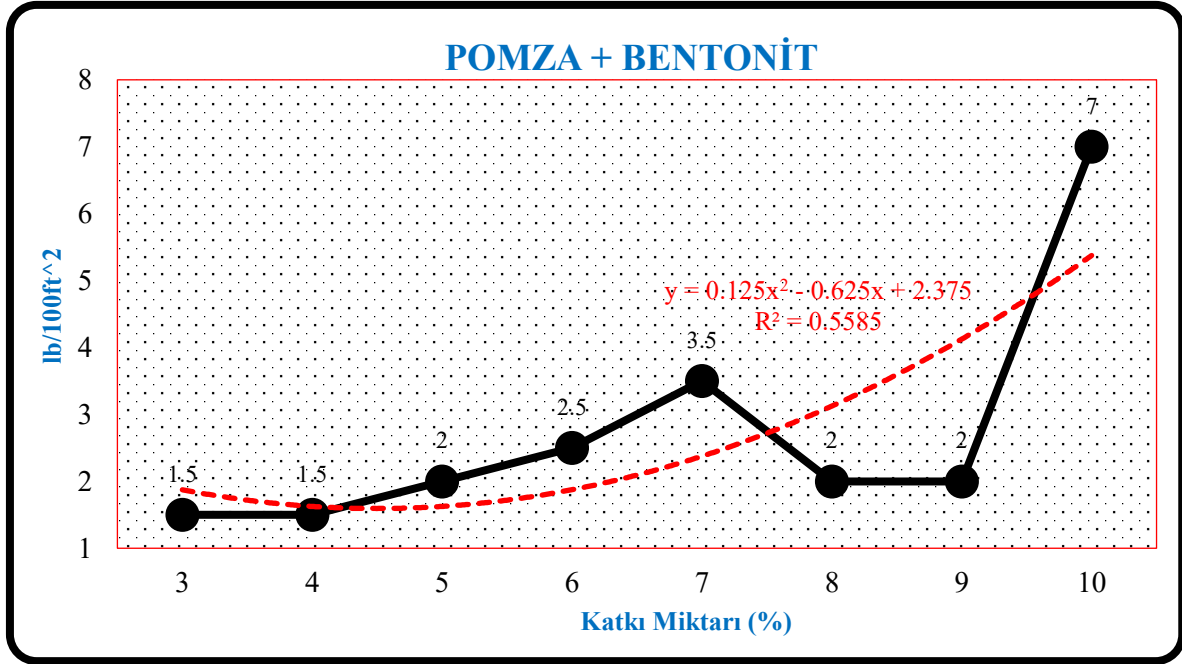
Şekil 4.22 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek plastik viskozite değerinin 4cP ile ağırlıkça %9 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 1cP ile ağırlıkça %3-%5 katkıli numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın plastik viskozite değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.6913e^{0.1685x}$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.635 olarak belirlenmiştir.



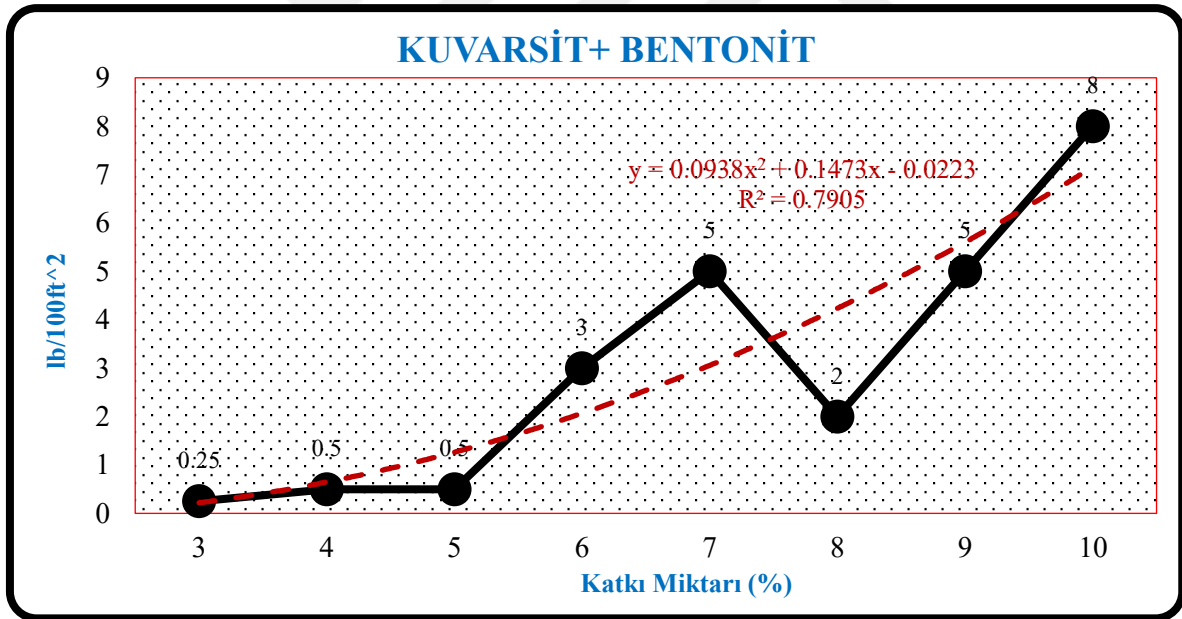
Şekil 4.23. Çamur numunelerinin PV değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.23'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin plastik viskozite değerini artırdığı belirlenmiştir. En yüksek plastik viskozite değerlerinin diatomit ve kuvarsitte olduğu saptanmıştır. Amorf silika ve pomza katkıli sondaj çamurlarının ise plastik viskozite değerlerinin tüm katkı oranlarında birbirine benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Şekil 4.24 incelendiğinde pomza ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek kopma noktası değerinin 7 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 1.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %3 ve %4 katkıli numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın kopma noktası değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.125x^2 - 0.625x + 2.375$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.5585 olarak belirlenmiştir.

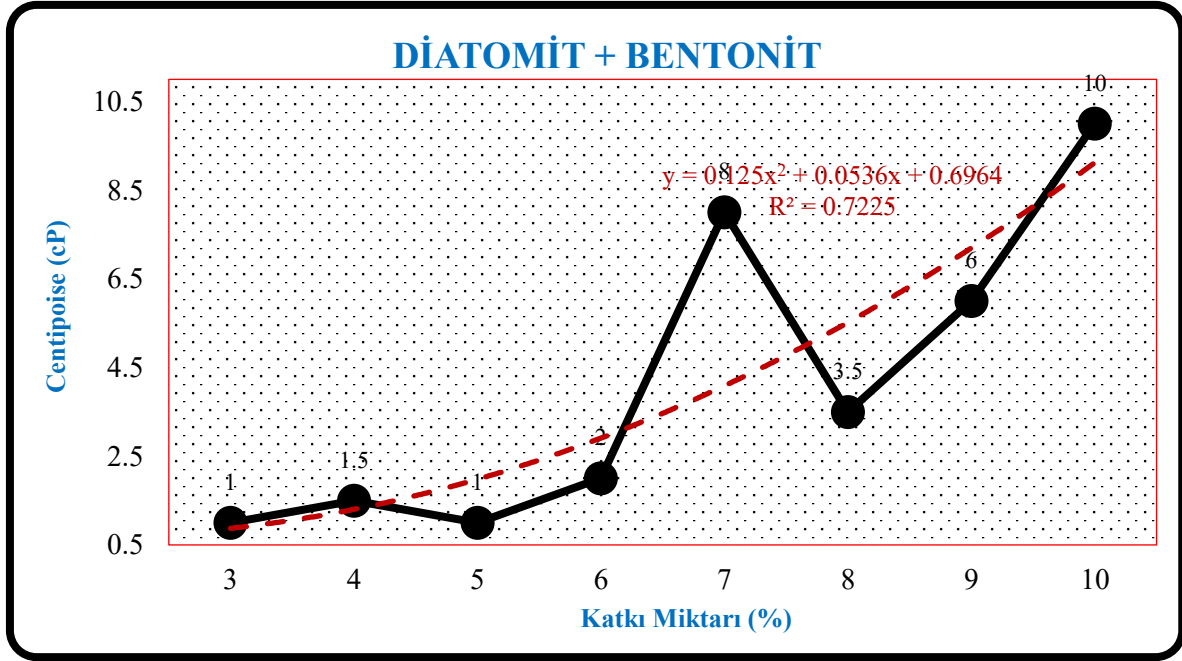


Şekil 4.24. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri

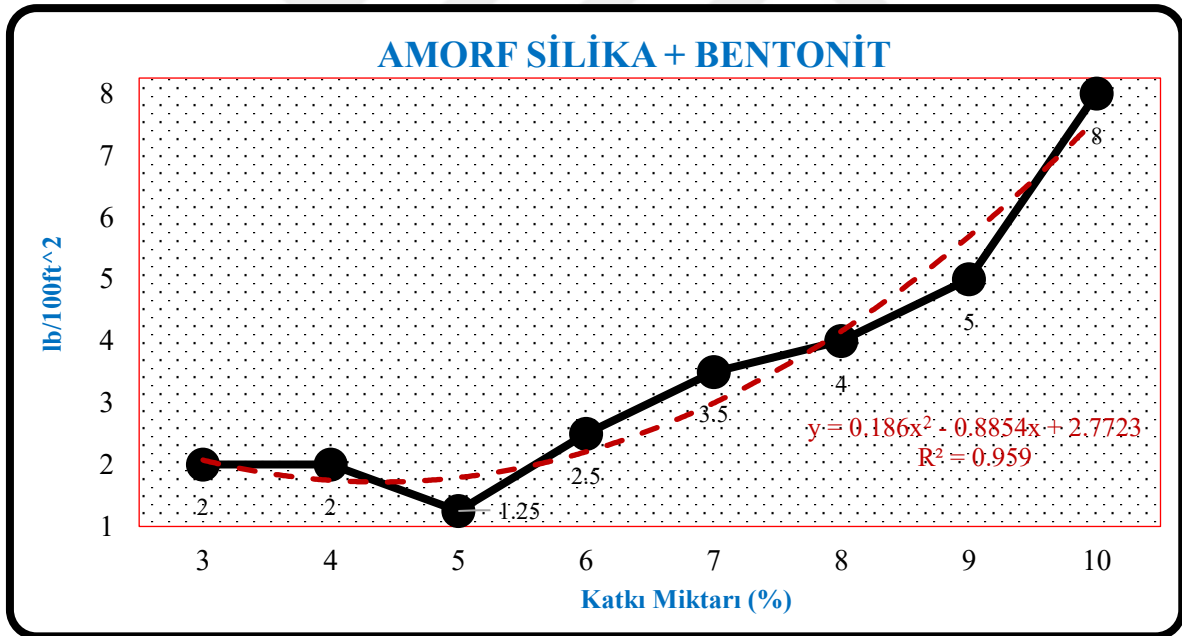


Şekil 4.25. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri

Şekil 5.25 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek kopma noktası değerinin 8 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 0.25 lb/100ft² ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsit kopma noktası değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0938x^2 + 0.1473x - 0.0223$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7905 olarak belirlenmiştir.



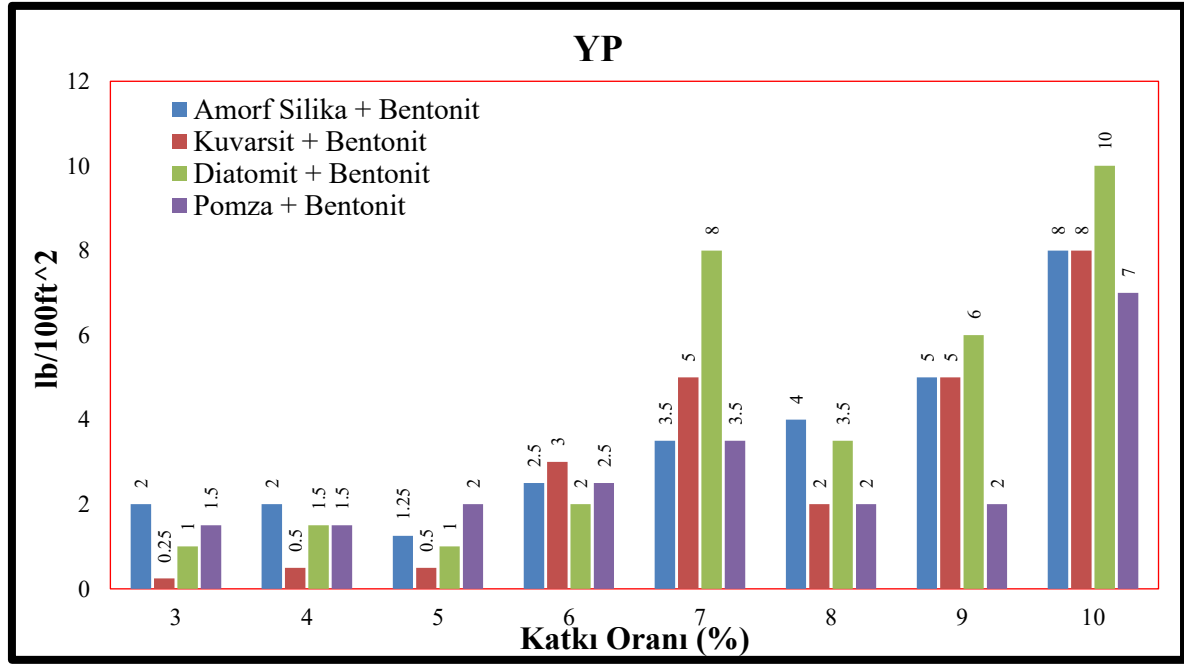
Şekil 4.26. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri



Şekil 4.27. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun YP değerleri

Şekil 4.26 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek kopma noktası değerinin 10 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 1 lb/100ft² ile ağırlıkça %3 ve %5 katkılı numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin kopma noktası değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.125x^2 + 0.0536x + 0.6964$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7225 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.27 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek kopma noktası değerinin 8 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkıli numunede, en düşük değerlerin ise 1.25 lb/100ft² ile ağırlıkça %5 katkıli numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın kopma noktası değerini genellikle artıran bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.186x^2 - 0.8854x + 2.7723$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.959 olarak belirlenmiştir.



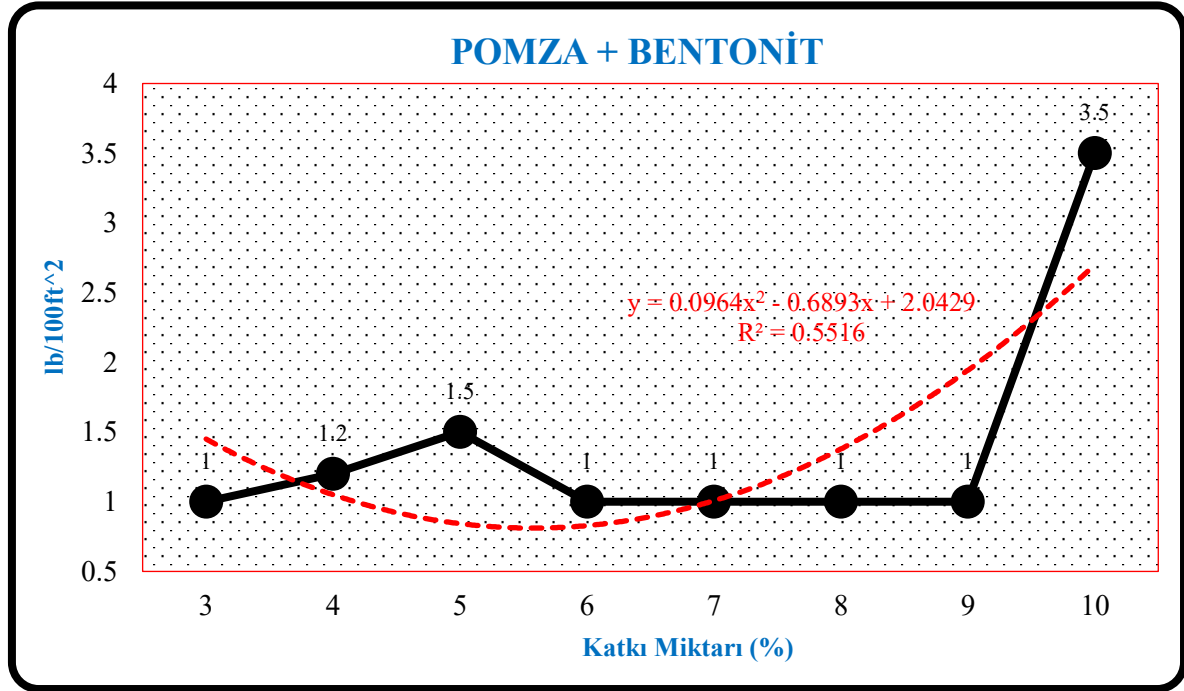
Şekil 4.28. Çamur numunelerinin YP değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.28'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin kopma noktası değerini artırdığı belirlenmiştir. En yüksek kopma noktası değerlerinin diatomit numunelerinde olduğu saptanmıştır. Amorf silika, kuvarsit ve pomza katkıli sondaj çamurlarının ise kopma noktası değerlerinin tüm katkı oranlarında birbirine benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

4.4 10 Saniye ve 10 Dakika Jel Mukavemeti için Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen amorf silikanın ve amorf silika üretiminde kullanılan endüstriyel hammaddelerin su bazlı sondaj çamurunun 10 saniye ve 10 dakika jel mukavemeti parametreleri üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir. %3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin 10 saniye jel mukavemeti üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.29'da, Kuvarsit için Şekil 4.30'da, Diatomit için Şekil 4.31'de ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Şekil 4.33'de de tüm numunelerin 10 saniye jel mukavemeti değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

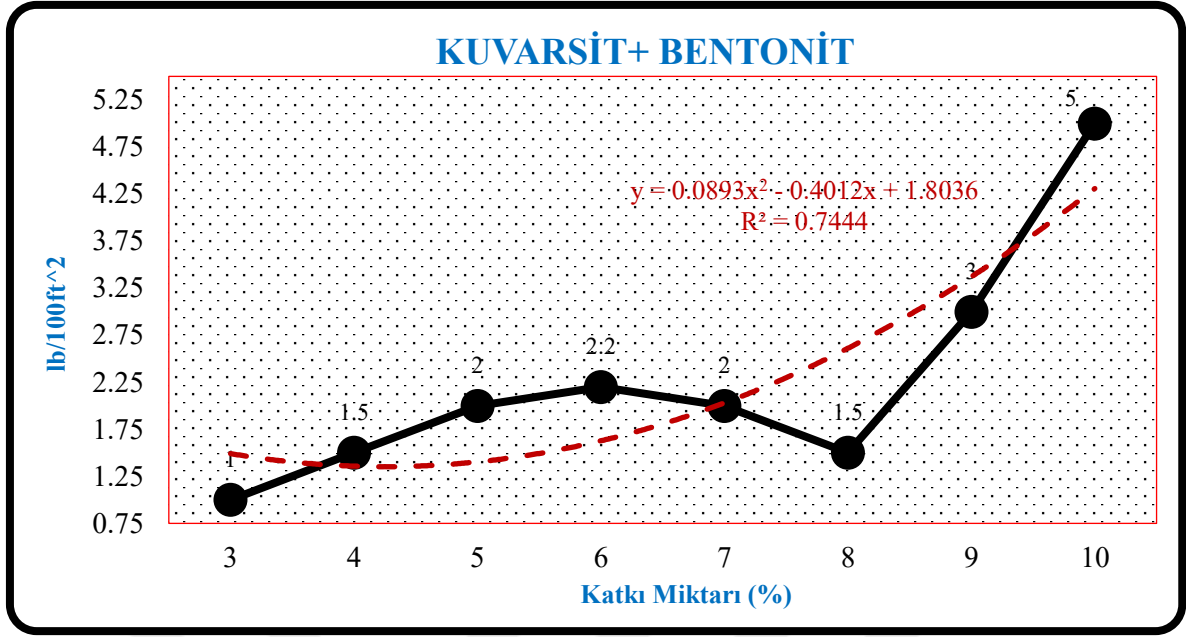
10 dakika jel mukavemeti üzerine yaptığı etkiler ise Pomza için Şekil 4.34’de, Kuvarsit için Şekil 4.35’de, Diatomit için Şekil 4.36’da ve bu maddelerden üretilen amorf silika için Şekil 4.37’de gösterilmiştir. Şekil 4.38’de de tüm numunelerin 10 dakika jel mukavemeti değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.



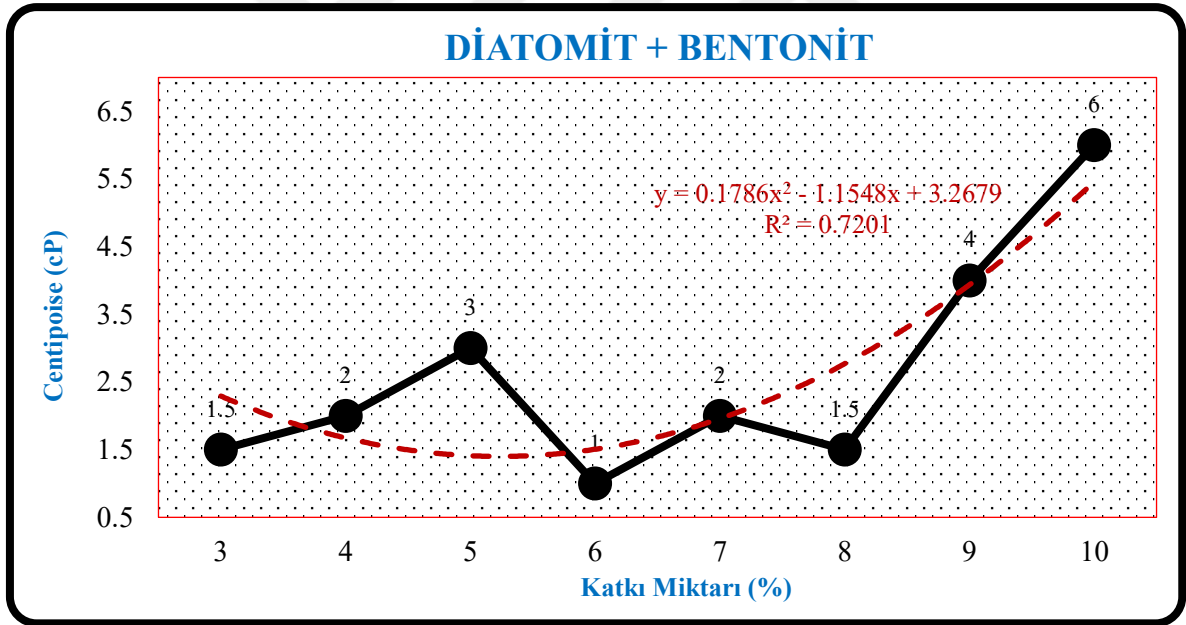
Şekil 4.29. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 sn. jel mukavemeti değerleri

Şekil 4.29 incelendiğinde pomza ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 saniye jel mukavemeti değerinin 3.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 1 lb/100ft² ile ağırlıkça %3, %6, %7, %8 ve %9 katkılı numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın 10 saniye jel mukavemeti değerini genellikle değiştirmeyen bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0964x^2 - 0.6893x + 2.0429$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.5516 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.30 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 saniye jel mukavemeti değerinin 5 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değerlerin ise 1 lb/100ft² ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsitin 10 saniye jel mukavemeti değerini düşük katkı oranlarında belli bir noktaya kadar artırdıktan sonra düşürdüğünü, yüksek katkı oranlarında ise tekrar artırdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0893x^2 - 0.4012x + 1.8036$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7444 olarak belirlenmiştir.

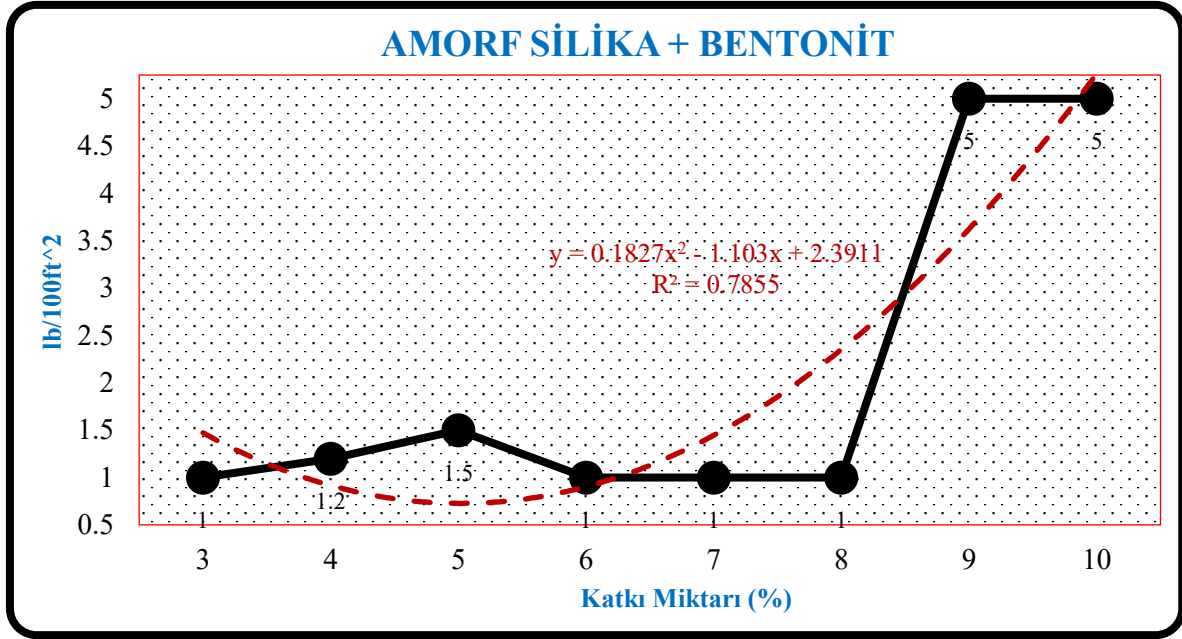


Şekil 4.30. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 sn. jel mukavemeti değerleri



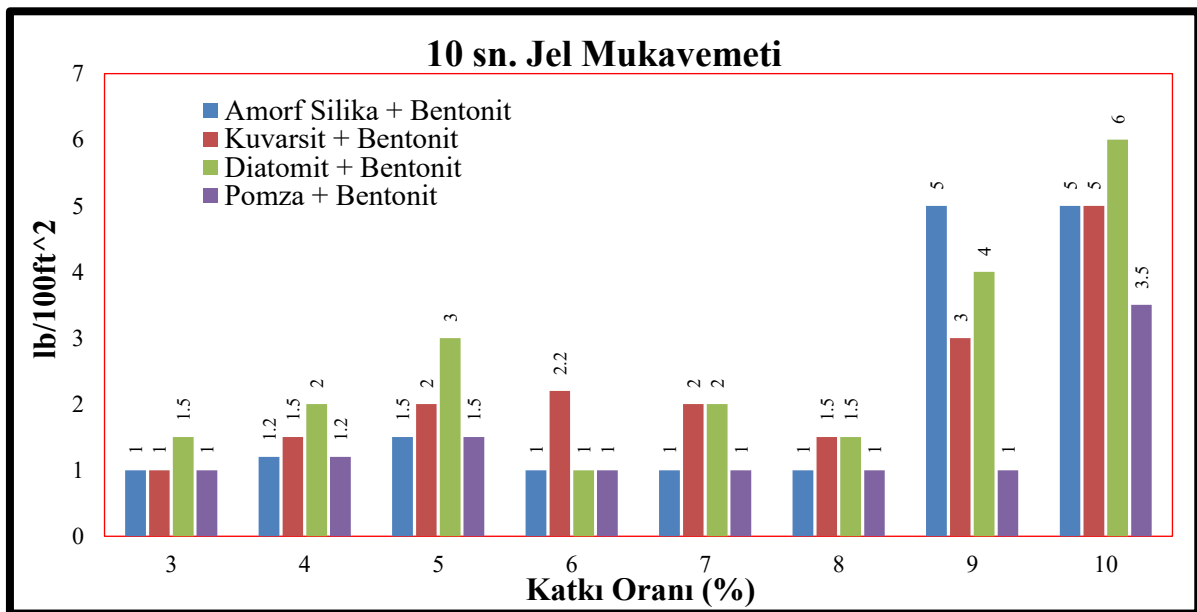
Şekil 4.31. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 sn. jel mukavemeti değerleri

Şekil 4.31 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 saniye jel mukavemeti değerinin 6 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 1 lb/100ft² ile ağırlıkça %6 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin 10 saniye jel mukavemeti değerini farklı katkı oranlarında düzensiz etki gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.1786x^2 - 1.1548x + 3.2679$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7201 olarak belirlenmiştir.



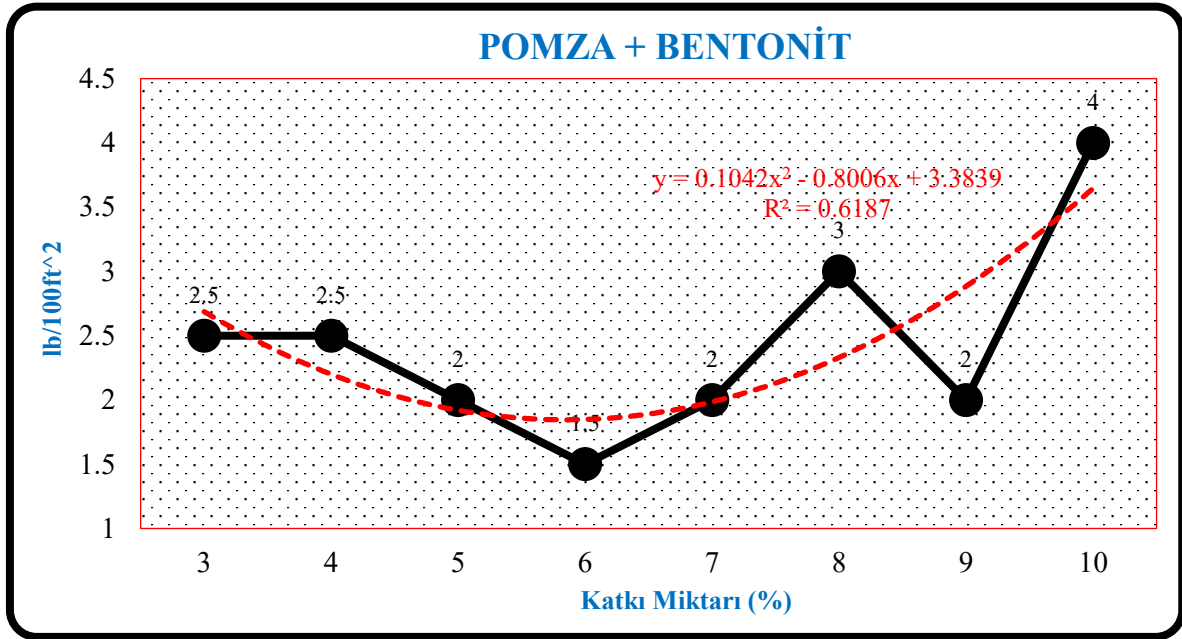
Şekil 4.32. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 sn. jel muk. değerleri

Şekil 4.32 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek 10 saniye jel mukavemeti değerinin 5 lb/100ft² ile ağırlıkça %9 ve %10 katkıli numunelerde, en düşük değer ise 1 lb/100ft² ile ağırlıkça %3, %6, %7, %8 katkıli numunelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın 10 saniye jel mukavemeti değerine farklı katkı oranlarında etkisinin az olduğu saptanmıştır. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.1827x^2 - 1.103x + 2.3911$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7855 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.33. Çamur numunelerinin 10 sn. jel muk. değerlerinin karşılaştırılması

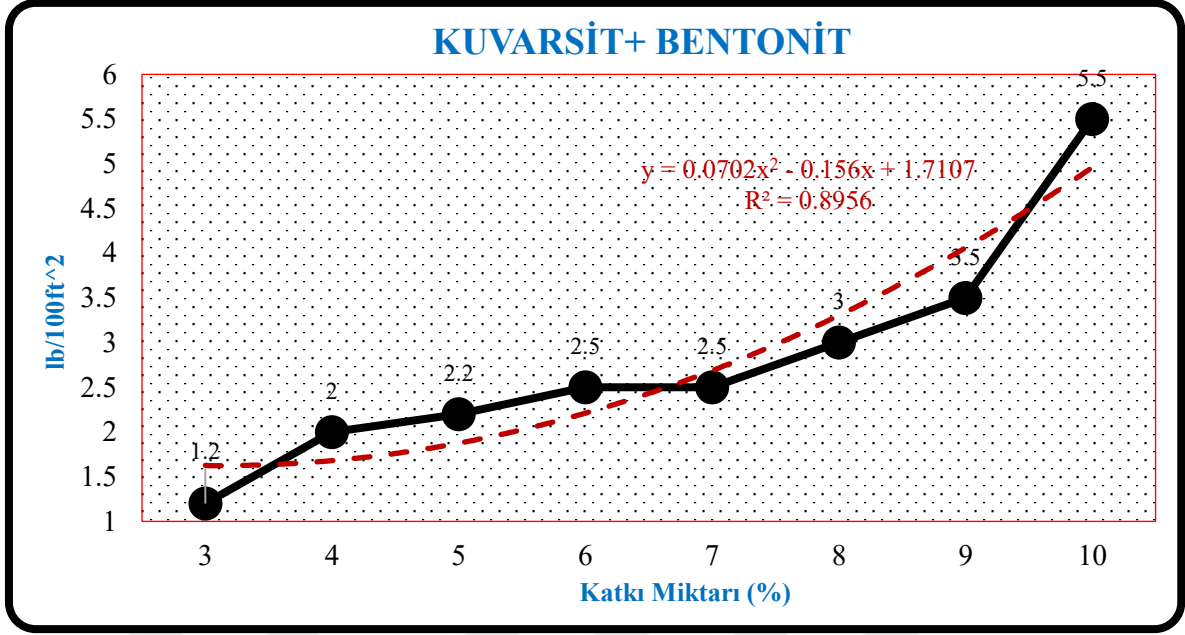
Şekil 4.33'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin 10 saniye jel mukavemeti değerini artırdığı belirlenmiştir. Düşük katkı oranlarında numunelerin 10 saniye jel mukavemeti değerlerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır. Numunelerin en yüksek katkı oranları olan %9 ve %10 oranlarında en düşük değeri veren numunenin pomza olduğu, amorf silika ve kuvarsitin aynı değerlerde olduğu ve diatomitin en yüksek değeri verdiği belirlenmiştir.



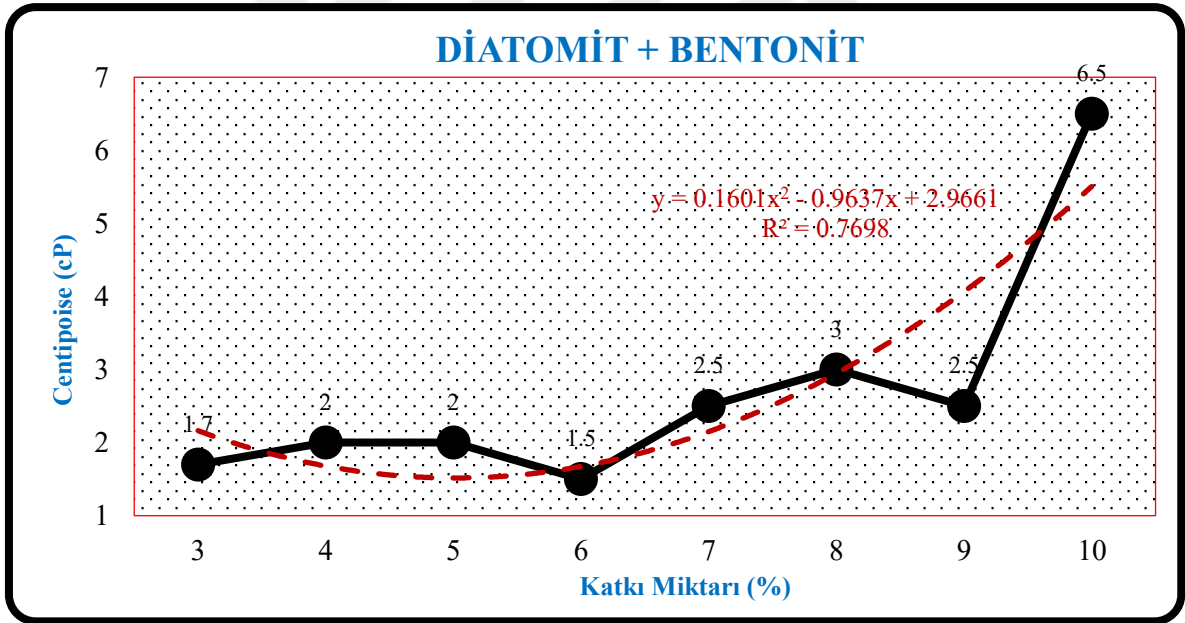
Şekil 4.34. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dk. jel mukavemeti değerleri

Şekil 4.34 incelendiğinde pomza ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 dakika jel mukavemeti değerinin 4 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 1.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %6 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın 10 dakika jel mukavemeti değeri üzerinde değişen ağırlık oranlarına göre küçük değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.1042x^2 - 0.8006x + 3.3839$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.6187 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.35 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 dakika jel mukavemeti değerinin 5.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 1.2 lb/100ft² ile ağırlıkça %3 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsitin 10 dakika jel mukavemeti değerini artıran özellikte olduğunu göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.0702x^2 - 0.156x + 1.7107$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.8956 olarak belirlenmiştir.

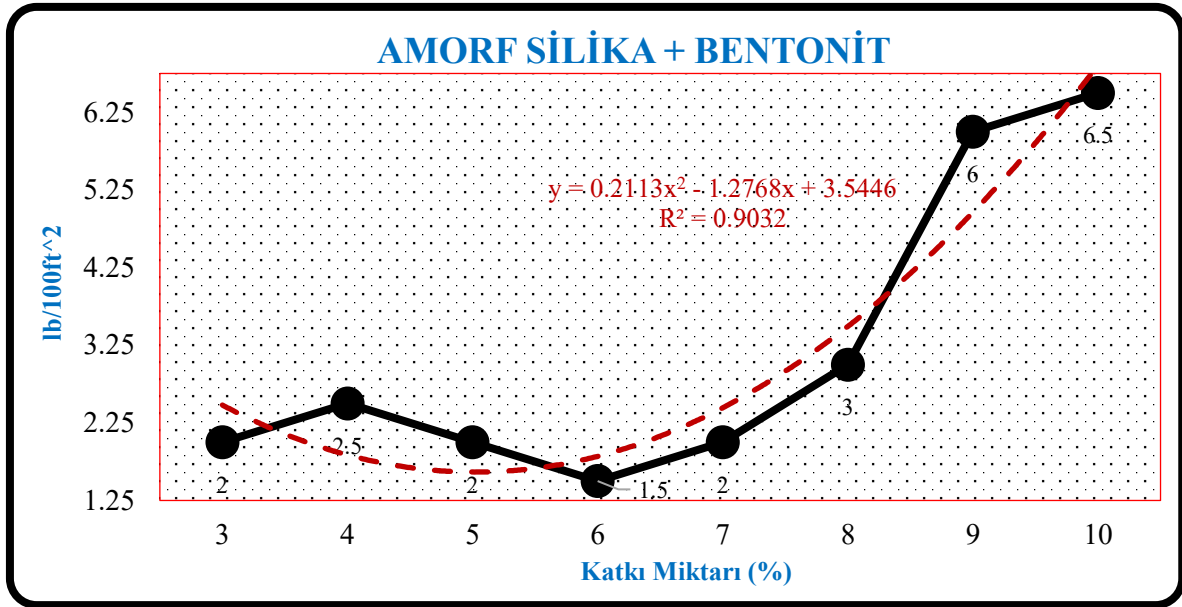


Şekil 4.35. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dk. jel mukavemeti değerleri



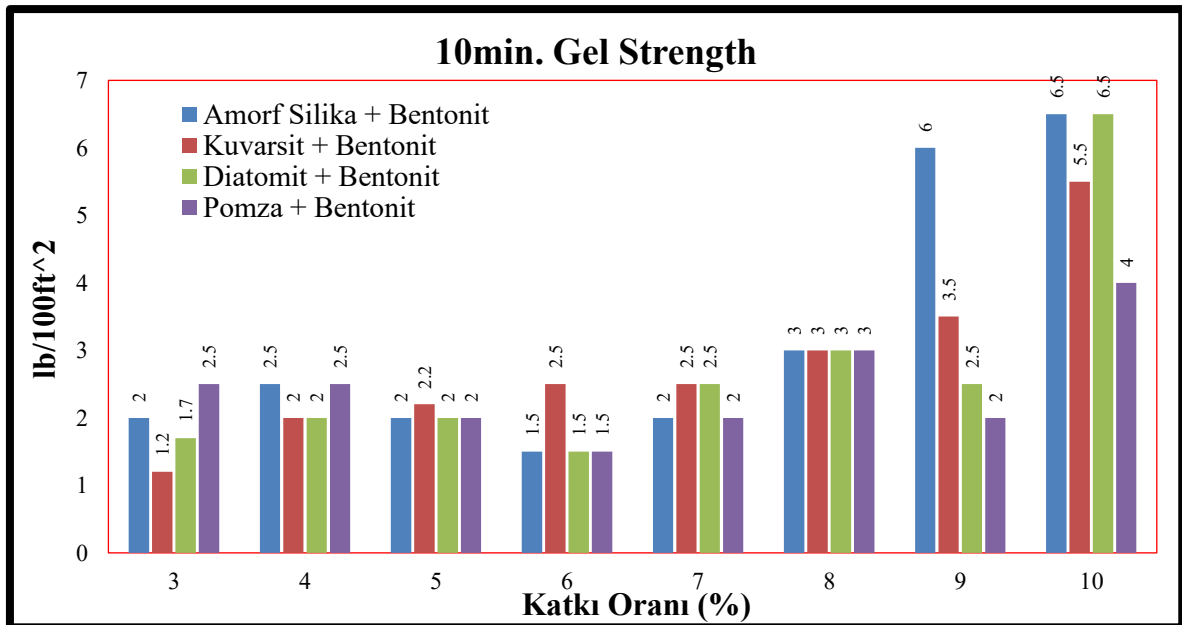
Şekil 4.36. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dk. jel mukavemeti değerleri

Şekil 4.36 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 dakika jel mukavemeti değerinin 6.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 1.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %6 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin 10 dakika jel mukavemeti değerini genellikle artıran özellikte olduğunu göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.1601x^2 - 0.9637x + 2.9661$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7698 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.37. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun 10 dk. jel mukavemeti değerleri

Şekil 4.37 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek 10 dakika jel mukavemeti değerinin 6.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %10 katkılı numunede, en düşük değer ise 1.5 lb/100ft² ile ağırlıkça %6 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın 10 dakika jel mukavemeti değerini genellikle artıran bir özelliğinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.2113x^2 - 1.2768x + 3.5446$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9032 olarak belirlenmiştir.

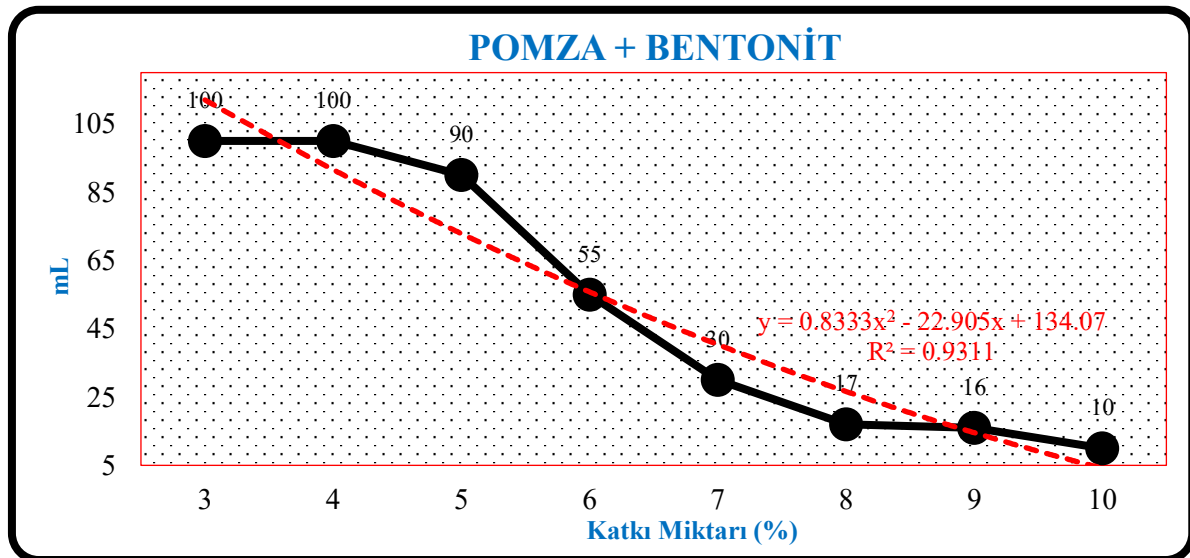


Şekil 4.38. Çamur numunelerinin 10 dk. jel muk. değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.38'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin 10 dakika jel mukavemeti değerini genellikle artırdığı belirlenmiştir. Düşük katkı oranlarında numunelerin 10 dakika jel mukavemeti değerlerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır. Numunelerin en yüksek katkı oranları olan %9 ve %10 oranlarında en düşük değeri veren numunenin pomza olduğu, diatomit ve kuvarsitin hemen hemen aynı değerlerde olduğu ve amorf silikanın en yüksek değeri verdiği belirlenmiştir. Üretilen amorf silika katkılanmasıyla hazırlanan su bazlı sondaj çamuru numunesinin diğer endüstriyel hammaddeler ile hazırlanan çamur numunelerine kıyasla %9 ve %10 katkı oranlı numunelerde daha yüksek jel kuvveti değeri gösterdiği belirlenmiştir. Dolayısıyla çamurun tiksotropi özelliği ile doğrudan ilişkili olan 10 dakika jel mukavemeti değerinin %9 ve daha fazla katkı oranlarında önem arz ettiği düşünülmektedir. Çünkü sondaj çamuru sirkülasyonunun durduğu esnalarda (tij ilavesi, matkap değişimi, fishing operasyonları vb.) yeniden sirkülasyonun başlaması için yüksek oranda pompa gücü ve buna bağlı olarak enerji gereksiniminin artacağı öngörülmüştür.

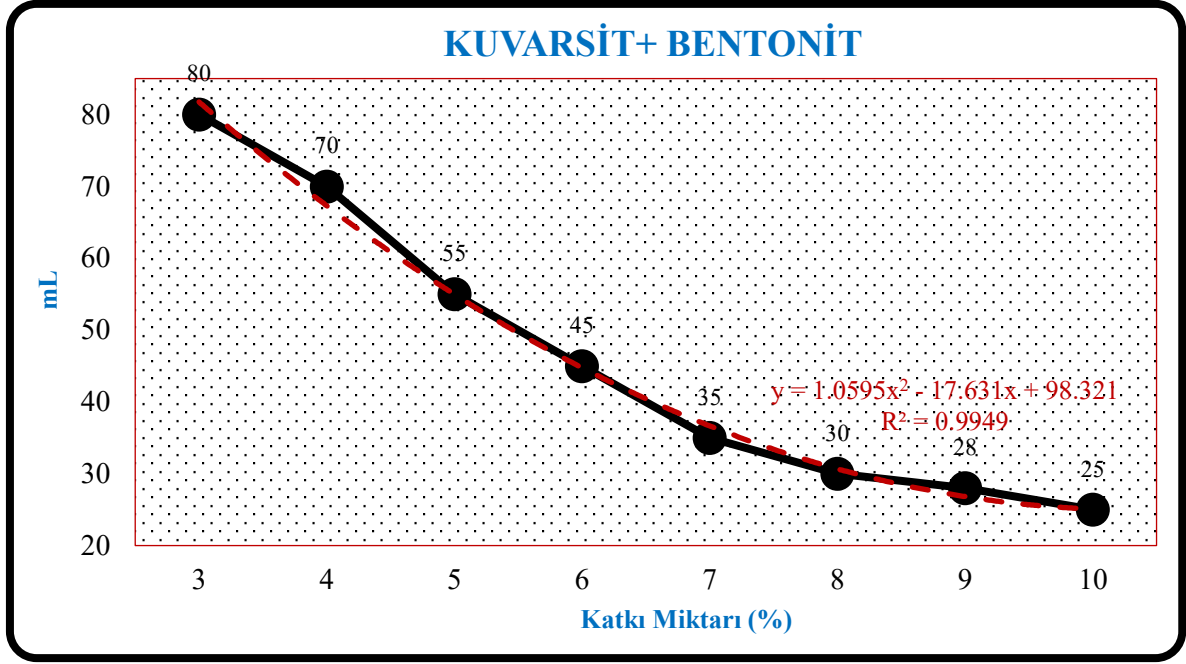
4.5 Filtrasyon için Analiz Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen amorf silikanın ve amorf silika üretiminde kullanılan endüstriyel hammaddelerin su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon (sıvı kaybı) parametresi üzerine yaptığı etkiler incelenmiştir. %3-%10 ağırlık oranlarında katkılanan maddelerin filtrasyon üzerine yaptığı etkiler, Pomza için Şekil 4.39'da, Kuvarsit için Şekil 4.40'da, Diatomit için Şekil 4.41'de ve bu maddelerden üretilen Amorf Silika için Şekil 4.42'de gösterilmiştir. Şekil 4.43'de de tüm numunelerin filtrasyon değerlerinin karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

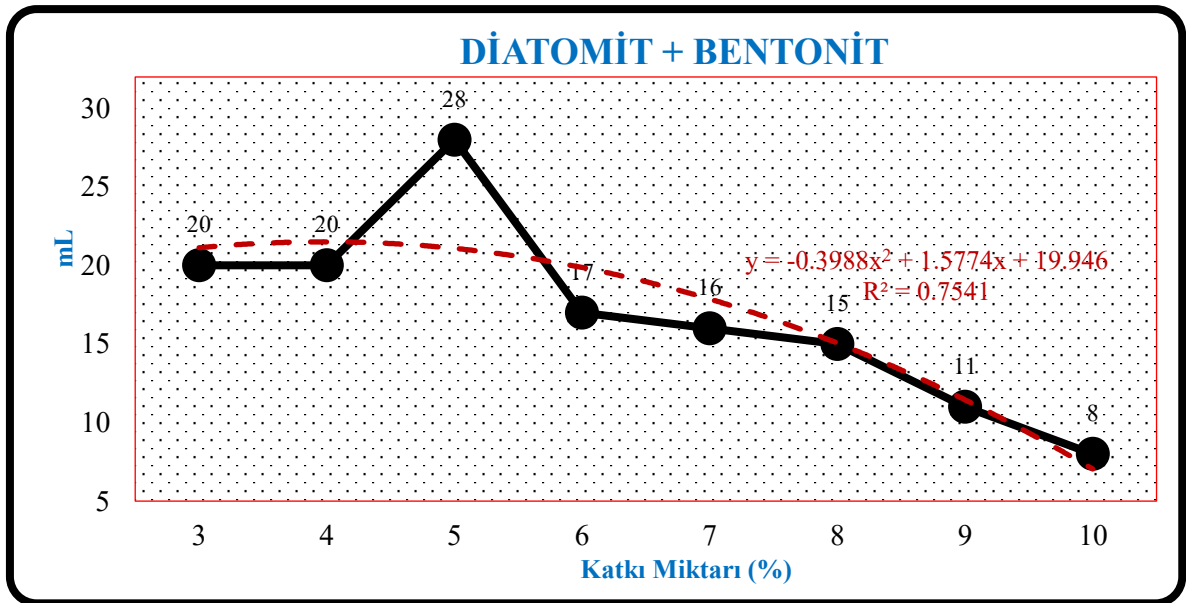


Şekil 4.39. Pomza içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri

Şekil 4.39 incelendiğinde pomza ve bentonit katkıli sondaj çamurlarında en yüksek filtrasyon değerlerinin 100mL ile ağırlıkça %3 ve %4 katkıli numunelerde, en düşük değerin ise 10mL ile ağırlıkça %10 katkıli numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum pomzanın sondaj çamurunun filtrasyon değerini düzenli olarak azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.8333x^2 - 22.905x + 134.07$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9311 olarak belirlenmiştir.



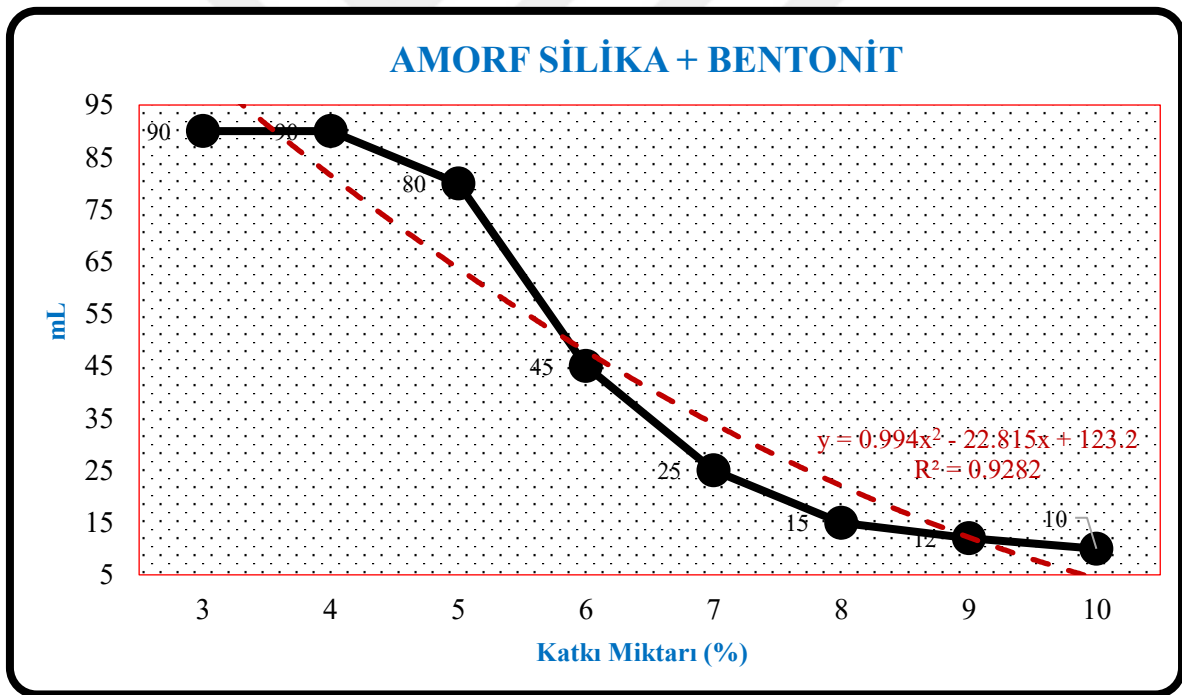
Şekil 4.40. Kuvarsit içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri



Şekil 4.41. Diatomit içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri

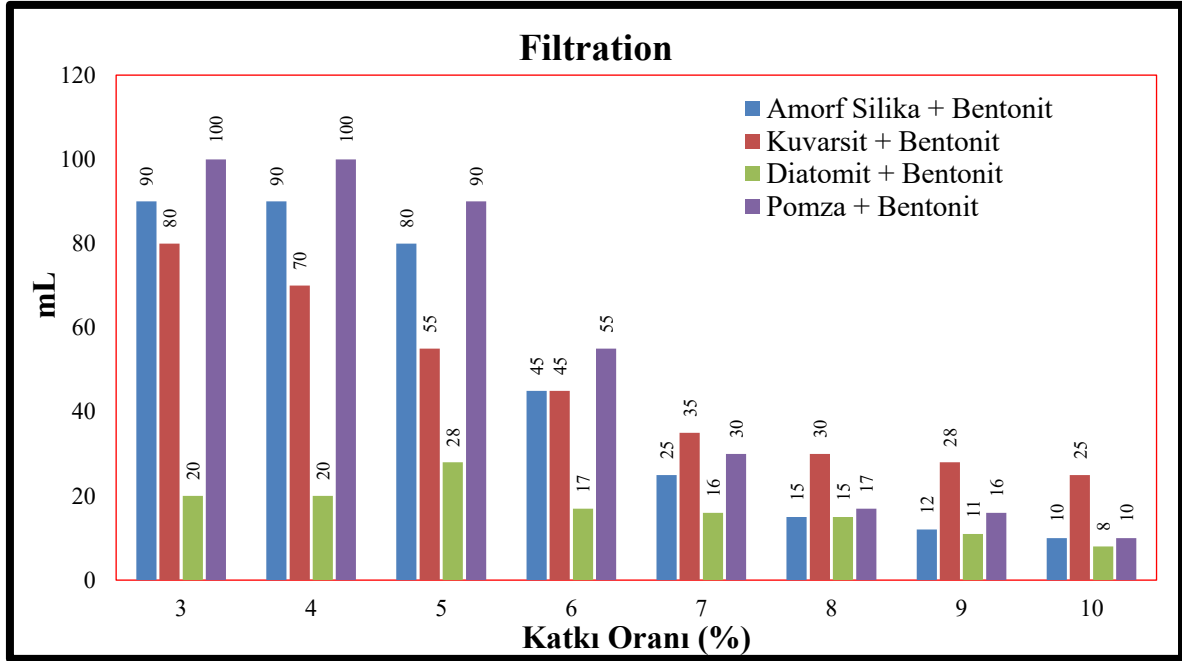
Şekil 4.40 incelendiğinde kuvarsit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek filtrasyon değerinin 80mL ile ağırlıkça %3 katkılı numunede, en düşük değer ise 25mL ile ağırlıkça %10 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum kuvarsitin sondaj çamurunun filtrasyon değerini düzenli olarak azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 1.0595x^2 - 17.631x + 98.321$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9949 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.41 incelendiğinde diatomit ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek filtrasyon değerinin 28mL ile ağırlıkça %5 katkılı numunede, en düşük değer ise 8mL ile ağırlıkça %10 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum diatomitin sondaj çamurunun filtrasyon değerini düzenli olarak azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = -0.3988x^2 + 1.5774x + 19.946$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.7541 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.42. A. silika içerikli su bazlı sondaj çamurunun filtrasyon değerleri

Şekil 4.42 incelendiğinde amorf silika ve bentonit katkılı sondaj çamurlarında en yüksek filtrasyon değerlerinin 90mL ile ağırlıkça %3 ve %4 katkılı numunelerde, en düşük değer ise 10mL ile ağırlıkça %10 katkılı numunede olduğu belirlenmiştir. Bu durum amorf silikanın sondaj çamurunun filtrasyon değerini düzenli olarak azaltan bir özellik taşıdığını göstermektedir. Ayrıca eğim çizgisi incelendiğinde denklem $y = 0.994x^2 - 22.815x + 123.2$ olarak, korelasyon katsayısı (R^2) 0.9282 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.43. Çamur numunelerinin filtrasyon değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.43'e göre hazırlanan tüm çamur numunelerinin filtrasyon değerini ağırlıkça katkılanma oranı arttıkça azalttığı belirlenmiştir. En yüksek filtrasyon değerlerinin tüm numuneler için %3, %4, %5 katkı olduğu saptanmıştır. Amorf silika, diatomit ve pomza katkılı sondaj çamurlarının %8, %9 ve %10 oranlarındaki filtrasyon değerlerinin birbirlerine yakın olduğu belirlenmiştir. Kuvarsit katkılı su bazlı sondaj çamurunun bu katkı oranlarında filtrasyon değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Amorf silika katkılı çamur numuneleri filtrasyon bakımından incelendiğinde %7 ve daha düşük katkı oranlarında kullanımının sondaj operasyonu için risk oluşturacağı düşünülmektedir. %8 ve daha yüksek katkı oranlarının filtrasyon değeri için standardı karşıladığı belirlenmiştir. %7 ve daha düşük katkı oranlarının olduğu durumlarda kuyu içindeki yüksek basınç koşullarında formasyon tahribatına (yüksek kil içeriğine sahip formasyonlarda genleşmeye bağlı takım sıkışması, ani viskozite artışları ve buna bağlı olarak yüksek pompa gücü gereksinimi vb.) sebep olacağı ve bu nedenle operasyonunu engelleyeceği öngörülmektedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ülkemizde rezervi bol miktarda bulunan, temini kolay ve ucuz endüstriyel hammaddelerin ve bu endüstriyel hammaddelerden elde edilen amorf silikanın su bazlı sondaj çamurunda katkı malzemesi olarak kullanılması ve çamur üzerinde yarattığı etkiler incelenmiştir. Çalışmada sondaj operasyonları için maliyeti arttıran sondaj çamuru katkı malzemelerine ucuz, kolay temin edilebilen ve ülkemizde bol miktarda bulunan hammaddelerden üretilebilen amorf silikanın yüksek maliyetli sondaj çamuru katkı malzemelerine alternatif ucuz bir sondaj çamuru katkı malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Amorf silika üretiminde düşük sıcaklıkta alkali ekstraksiyon metodu kullanılmıştır.

Üretilen amorf silika ve amorf silikanın üretiminde kullanılan yüksek silis içerikli endüstriyel hammaddeler olan pomza, kuvarsit ve diatomit %3-%10 arasındaki katkı oranlarında hazırlanan su bazlı sondaj çamuruna katkılanıp çamur üzerinde yaptığı etkiler karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda pomza, kuvarsit ve diatomitin su bazlı sondaj çamuru için %8-%10 katkı oranlarında bazı standartları sağladıkları görülmüştür. Ancak bu maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı sondaj çamurunda doğrudan kullanılması sondaj operasyonunun sağlıklı bir şekilde ilerlemesine engel oluşturacağından bu maddelerin doğrudan su bazlı sondaj çamurunda kullanılmalarının uygun olmadığı saptanmıştır.

Söz konusu üç maddeden elde edilen amorf silika aynı şartlar altında aynı ağırlık oranlarında su bazlı sondaj çamuruna katkılандığında %8, %9 ve %10 katkı oranlarında API 13-A standardını büyük ölçüde sağladığı belirlenmiştir. Bu standardın önemli parametrelerinden biri olan YP/PV oranını tüm katkı oranlarında sağladığı belirlenmiştir. Bir diğer önemli parametre olan filtrasyon için elde edilen değerler incelendiğinde %8, %9 ve %10 katkı oranlarında standart referans değerini karşıladığı görülmüştür. Üretilen amorf silikanın bu ağırlık oranlarında sondaj çamurunun çamur keki geçirgenliğini azalttığı ve dolayısıyla sondaj operasyonlarında istenmeyen yüksek sıvı kaybını azalttığı tespit edilmiştir. Amorf silikanın sondaj operasyonlarında pahalı katkı malzemelerine alternatif bir çamur katkı malzemesi olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Keskin, R. (2017). Yapısal Kırılmalar Altında Türkiye’de Ekonomik Büyüme ve Petrol Tüketimi Arasındaki İlişki. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 877-892.
2. Solak, A. O. (2012). Petrol Fiyatlarını Belirleyici Faktörler. *Journal Of Alanya Faculty Of Business/Alanya Isletme Fakültesi Dergisi*, 4(2).
3. TPAO. Eylül 2019 tarihinde erişildi. <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=30>
4. Furuncu, Y. (2016). Türkiye’nin Enerji Bağımlılığı ve Akkuyu Nükleer Enerji Santrali. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 37, 198-207.
5. Onat, N. (1971). Bentonitin Petrol Sondajlarına Kullanılması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 10(5), 30-36.
6. Türkiye Petrolleri [TP] (2007). Sondaj akışkanları teknolojisi (lignosülfonat çamuru). *Araştırma Merkezi Daire Başkanlığı Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü*, Ankara.
7. AKSAY, E. K., Ali, A. K. A. R., & Cöcen, İ. (2016). Pomza cevherinin hazırlanması ve zenginleştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 384-390.
8. ELMASTAŞ, N. (2012). TÜRKİYE EKONOMİSİ İÇİN ÖNEMİ GİDEREK ARTAN BİR MADEN: POMZA (SÜNGER TAŞI). *Journal of International Social Research*, 5(23).
9. Fan, W., Gao, L. Synthesis of silica hollow spheres assisted by ultrasound. *J. Colloid Interf. Sci*, 2006, 297: 157–160.
10. Monshizadeh, M., Rajabi, M., Ahmadi, M.H., Mohammadi, V. Synthesis and characterization of nano SiO₂ from rice husk ash by Precipitation method. 3rd National Conference on Modern Researches in Chemistry and Chemical Engineering, 2015.

11. Sarikaya, M., Deniz Turan, M., Aydogmus, R., Yucel, A., Kizilkaya, N., & Depci, T. (2017). Extraction of meso-pores amorphous SiO₂ from van pumice. *Current Physical Chemistry*, 7(4), 301-304.
12. TPAO. Kasım 2019 tarihinde erişildi. <http://www.tpao.gov.tr/?mod=sektore-dair&contID=30>
13. Barrett, M. L. (2011). *Drilling Mud: A 20th Century History*.
14. Nwaiche, J. (2015). *Selection and application of drilling fluids*. Teesside University. <https://www.researchgate.net/publication/275334398>
15. Caenn, R., & Chillingar, G. V. (1996). Drilling fluids: State of the art. *Journal of petroleum science and engineering*, 14(3-4), 221-230.
16. Chemwotei, S. C. (2011). Geothermal drilling fluids. *Report*, 10, 149-177.
17. Aboulrous, A. A., Mahmoud, T., Alsabagh, A. M., & Abdou, M. I. (2016). Application of natural polymers in engineering. In *Natural Polymers* (pp. 185-218). Springer, Cham.
18. Dhiman, A. S. (2012). Rheological properties & corrosion characteristics of drilling mud additives. *M. Sc, Dalhousie University*.
19. Khodja, M., Khodja-Saber, M., Canselier, J. P., Cohaut, N., & Bergaya, F. (2010). Drilling fluid technology: performances and environmental considerations. *Products and services; from R&D to final solutions*, 227-256.
20. Altun, g., osgouei, a. e., & serpen, u. (2013). su bazlı sepiolit çamur özelliklerinin zorlu sondaj koşullarında deneysel olarak incelenmesi.
21. Alyasiri, M., Antony, J., & Wen, D. (2017). Enhancement of Drilling Fluid Rheology by Nanoparticles. *Annu. Trans. Nord. Rheol. Soc.*, 25, 349-351.
22. Barnes, H.A., J.F. Hutton, and K. Walters (1989) "An introduction to rheology", Elsevier.
23. Macosko, C.W. and R.G. Larson (1994) *Rheology: principles, measurements, and applications*", VCH Wiley.

24. Skalle, P. (2012). *Drilling Fluid Engineering*. 3. Edition, ISBN 978-87-403-0253-0.
bookboon.com
25. Chilingarian, G.V., & Vorabutr, P. (1983). *Drilling and drilling fluids*. United States.
26. American Petroleum Institute (2009) Recommended practice for field testing water based drilling fluids, 4th ed. API 13B-1
27. Mahmoud, M., Abdulraheem, A., Al-Mutairi, S. H., Elkatatny, S. M., & Shawabkeh, R. A. (2017). Single stage filter cake removal of barite weighted water based drilling fluid. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 149, 476-484.
28. Cerasi P, Soga K (2001) Failure modes of drilling fluid filter cake. *Geotechnique* 51(9):777–785
29. Oil Field Testing Equipment Incorporated [OFITE Inc.] (2017). Alkalinity of drilling fluids. <http://www.ofite.com/news/alkalinity-of-drilling-fluids>.
30. Amani, M., & Hassiba, K. J. (2012, January). Salinity Effect on the Rheological Properties of Water Based Mud under High Pressures and High Temperatures of Deep Wells. In *SPE Kuwait International Petroleum Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
31. Awele, N. (2014). Investigation of additives on drilling mud performance with “tønder geothermal drilling” as a case study. *Master. Aalborg University Esbjerg*.
32. Fann Instrument Company [FIC] (2014). Fann product catalog, drilling fluids testing - oil well cement testing - industrial products.
33. Baker Hughes (2006). *Drilling fluids reference manual revised edition*.
34. Finger, J., & Blankenship, D. (2010). Handbook of best practices for geothermal drilling. *Sandia National Laboratories, Albuquerque*.
35. Fann Instrument Company [FIC] (2013). Methylene Blue Kit Instruction Manual.
Manual No. 209860, Revision E, Instrument No. 209679 & 209694
36. Oil Field Testing Equipment Incorporated [OFITE Inc.] (2014). Metal mud balance

- (machined balance) instruction manual. Ver. 1.5, part no. 115 - 00. www.ofite.com
37. Khodja, M., Saber, M.K., Canselier, J.P., Cohaut, N., Bergaya, F. (2010). Drilling fluid technology: performances and environmental considerations. www.intechopen.com.
38. Erdoğan, Y., Kök, O. E., & TANRIVERDİ, İ. (2017). Tuzla Jeotermal Sondaj Sahası Çamur Maliyetinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 11-20.
39. American Petroleum Institute (API), 2010, Specification for Drilling Fluids– Specifications and Testing, USA.
40. Türk Standardı 13500, 2006. Petrol ve Doğalgaz Sanayii-Sondaj Çamuru Maddeleri– Özellikleri ve Deneyle, Ankara, Türkiye.
41. TPAO, 2004. Araştırma Merkezi Sondaj Teknolojisi Müdürlüğü, Ankara.
42. TPAO, 2007. Sondaj Akışkanları Teknolojisi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Araştırma Merkezi Daire Başkanlığı, Ankara.
43. Çetin, M., & Taş, B. (2012). Biyolojik orijinli tek doğal mineral: Diyatomit. *Tübbav (Türk Bilim Araştırma Vakfı) Dergi sı*, 5(2), 28-46.
44. MTA. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/diatomit> Erişim tarihi: Ocak 2020
45. MTA. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kuvarsit> Erişim tarihi: Ocak 2020
46. Planı, S. B. Y. K. (2001). Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III (Kuvars Kumu- Kuvarsit- Kuvars) Çalışma Grubu Raporu.
47. Kök, O. E., (2017). Nanobentonit Eldesi ve Karakterizasyonu. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
48. Öztekin, M., (2019). PİRİNA BAZLI ÇEŞİTLİ KATKILARIN SU BAZLI SONDAJ ÇAMURUNUN REOLOJİK VE FİLTRASYONÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ. İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Mustafa Göktan AYDIN

Uyruğu: T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 21/12/1994, Bodrum

Medeni hali: Bekâr

Telefon: 0 (531) 717 67 66

e-mail : goktan.aydin@iste.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği	Halen Devam Ediyor
Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi / Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği	2017
Lise	Mehmet Tuncer Anadolu Lisesi	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	İskenderun Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yayımlar

-AYDIN, M. G., DEPCİ, T., MERT, S. O., & BAHÇECİ, E. (2019). EXTRACTED OF AMORPHOUS SILICA FROM INDUSTRIAL RAWMATERIALS TO USE AS AN ADDITIVE FOR THE DRILLING MUD. Presented at the 4th INTERNATIONAL ENERGY ENGINEERING CONGRESS 2019PROCEEDINGS BOOK, Gaziantep.

-AYDIN, M. G., DEPCİ, T., & AYLIKCI, V. (2019). Usability of Diatomite as Additive Material in Water Based Drilling Muds. Presented at the 4th INTERNATIONAL ENERGY ENGINEERING CONGRESS, Gaziantep.

DİZİN

- A**
Alkali extraction, 15, 17,
42, 83
Alkalinite, 32, 33, 39
- B**
bentonit, 18, 21, 23, 32, 35,
36, 40, 48, 55, 57, 58,
60, 61, 62, 63, 64, 65,
66, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 76, 77,
78, 80, 81
Bingham Plastik Modeli, 27
- Ç**
Çamur Ağırlığı, 24, 39, 48,
55, 59, 60, 61, 62
- D**
Delme hızı, 15, 20
- F**
Filtrasyon, 15, 16, 17, 24,
25, 79, 80, 81, 82, 83
Fiziksel özellikler, 39
Formasyon basıncı, 14, 18,
19, 24
- G**
Görünür viskozite, 28, 30,
50, 63, 64, 65, 66
- H**
Herschel-Bulkley Modeli,
27, 28
- J**
Jel Mukavemeti, I, V, IX,
X, 30, 39, 51, 72, 73, 74,
76, 77, 78
- K**
Kimyasal Özellikler, V, 31
Kopma noktası, 27, 33, 34,
50, 63, 69, 70, 71, 72
Korozyon, 21
- M**
Metilen Mavisi Kapasitesi,
34, 39, 48
- N**
non-Newtoniyen, 26, 28
- O**
Organik Bazlı Sondaj
Çamurları, 23
- P**
pH, 15, 24, 32, 33, 35, 39,
42, 44, 45, 46, 55, 56,
57, 58, 59
- Plastik Viskozite, 27, 39,
55, 63
Power Law Modeli, 27, 28
- R**
Reolojik Özellikler, V, 25
Robertson-Stiff Modeli, 27,
29
- S**
Sıvı kaybı, 18, 20, 23, 25,
32, 33, 34, 35, 36, 52, 79
Sondaj çamuru, I, 14, 15,
18, 19, 22, 23, 24, 25,
26, 33, 35, 40, 49, 51,
55, 79, 83
Su bazlı sondaj çamurları,
23
- T**
Tikzotropik davranış, 26
- V**
Viskozite, 15, 27, 28, 29,
30, 34, 35, 38, 49, 50,
63, 64, 65, 66, 67, 68,
69, 82



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

