



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**JEOLJİK FORMASYONLARDA
MATKAP SEÇİMİ**

Mehmet Uğur TÜY

**PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

OCAK 2021



JEOLojİK FORMASYONLARDA MATKAP SEÇİMİ

Mehmet Uğur TÜY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
PETROL VE DOĞALGAZ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OCAK 2021

Mehmet Uğur TÜY tarafından hazırlanan “**JEOLOJİK FORMASYONLARDA MATKAP SEÇİMİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Başkan: Prof. Dr. Ergül YAŞAR

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Üye: Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 22/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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.

Mehmet Uğur TÜY

22/01/2021

JEOLOJİK FORMASYONLARDA MATKAP SEÇİMİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Uğur TÜY

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2021

ÖZET

Sondaj matkapları, dönme hareketinin ve yukarıdan aşağı uygulanan ağırlığın gücüyle kayaları kırarak ya da sıyrarak kuyu kazmak için kullanılır. Sondaj dizisinin en altına bağlanarak, diziyile birlikte yüzeyden rotary table, top drive veya sondaj çamurunun hidrolik gücüyle dönme hareketi sağlayan bir motorla döndürülür. Genel olarak bir sondaj matkabı, sondaj dizisine bağlantıyı sağlayan shank, ana gövde ve sondaj işini yapan kazıcı yapı olmak üzere üç ana kısımdan meydana gelmektedir. Sondaj sahasına ulaşmadan önce, matkabı oluşturan bu kısımlarının üretimi ve birleşim prosesleri maliyet olarak, astronomik seviyelere ulaşmaktadır. Bu sebeple, sondaj faaliyeti esnasında bir matkaptan üstün performans göstermesi beklenir. Bu koşulun sağlanabilmesi için de litolojiye uygun matkap seçimi büyük önem taşımaktadır.

Oluşumu itibariyle, litoloji bantları açısından heterojen yapıya sahip ardalı-karmaşık formasyonların sondajında, formasyona uygun matkap seçimi ve bu doğrultuda öngörü sunabilmekte zorlaşmaktadır. Bu tez çalışmasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan, içerisinde karmaşık litolojileri barındıran ve hangi metrajdan ne tür litoloji geleceği tahmin edilemeyen alloktan yapılardan oluşmuş Karadut Karmaşığı ele alınmıştır. Çalışmada, Karadut Karmaşığı'nın bulunduğu 2 kuyunun, 12 ¼" kuyu sondajında kullanılan 3 adet PDC, 6 adet Döner Konlu (Roller Cone) ve 3 adet Hibrit matkabın sondaj parametreleri grafikler haline getirilmiştir. 12 adet matkabın saha verileri, İlerleme Hızı (ROP) temelinde değerlendirilerek Karadut Karmaşığına uygun, optimum matkap seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda ise, sertliği ve aşındırma kabiliyeti açısından karmaşık litolojiye sahip Karadut Karmaşığı gibi formasyonlarda, sondaj faaliyetleri için Hibrit (Melez) matkapların kullanılması ilerleme hızı yönünden daha uygun olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Matkap seçimi, Sondaj, Formasyon, Karadut Karmaşığı

Sayfa Adedi : 87

Danışman : Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN

BIT SELECTION IN GEOLOGICAL FORMATIONS
(M. Sc. Thesis)

Mehmet Uğur TÜY

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

January 2021

ABSTRACT

Drill Bits are used to dig wells by breaking or scraping rocks with the power of rotational motion and weight applied from top to bottom. Connected to the bottom of the drill string, it is rotated from the surface together with a rotary table, top drive, or a motor that provides the rotational movement with the hydraulic power of the drilling mud. Generally, a drilling bit consists of three main parts, the shank that provides the connection to the drilling string, the main body, and the excavator structure that does the drilling work. Before reaching the drilling site, the production and joining processes of these parts of the drill bit, reach astronomical levels in terms of cost. For this reason, a drilling bit is expected to show superior performance during drilling activity. To achieve this condition, it is of great importance to choose the appropriate drill bit for lithology.

In the drilling of alternating-complex formations with a heterogeneous structure in terms of lithology bands, it can be difficult to choose the suitable drill bit for the formation and to provide predictions in this direction. In this thesis study, the Karadut Complex, which is located in the Southeastern Anatolia Region, contains complex lithologies and consists of allochthonous structures that cannot be predicted from which quantity and what kind of lithology is discussed. In the study, the drilling parameters of 3 PDC's, 6 Roller Cones, and 3 Hybrid drill bits used in 12 ¼" well drilling of 2 wells where the Karadut Complex is located have been graphed. The oil field data of 12 drill bits were evaluated based on ROP (Rate of penetration) and the optimum drill bit selection was tried to be made under/by the Karadut Complex. As a result of the study, it was understood that the use of Hybrid bits for drilling activities in formations such as Karadut Complex, which has complex lithology in terms of hardness and abrasion capability, is more suitable in terms of ROP.

Key Words : Bit selection, drilling, formation, Karadut Complex
Page Number : 87
Supervisor : Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN

TEŞEKKÜR

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlamış olduğumuz bu çalışma, sektöre yeni başlayan ve sondaj mühendisliği alanında çalışmakta olan meslektaşlarımıza jeoloji disiplini yaklaşımı ile Karadut ve Koçali gibi karmaşık litolojiye sahip formasyonlarda sondaj yapılırken matkap seçiminde başvurulabilecekleri bilgiler barındırmaktadır. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana öncülük eden, tez danışmanım Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN'a, tezin literatür çalışmasında ve kayaların litolojik değerlendirilmesi aşamalarında görüş ve önerilerini benimle paylaşan ve desteğini eksik etmeyen TPAO Jeoloji Mühendisi Mahmut UTMANOĞULLARI, Jeoloji Mühendisi Mustafa Serdar AYHAN, Jeoloji Mühendisi Muhammed Fatih AYYILDIZ ve Jeoloji Mühendisi Aziz MENNAN'a, TPAO Adıyaman Bölge Müdürlüğünde Sondaj Mühendisi olarak çalışmakta olan Halil DÜNDAR, Safa BİLMEN, İbrahim TIZLAK ve mesleğe başladığım yıllarda bana sondaj tekniği temelini oluşturmasında yardımlarda bulunan Sondaj Mühendisi Rıdvan ARİK abime, ayrıca eğitim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen kıymetli aileme şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	2
2.1. Sondaj ile İlgili Genel Bilgiler	2
2.1.1. Sondaj ve işleyiş mekanizması	2
2.1.2. İlerleme hızına etki eden sondaj parametreleri	4
2.1.3. Sondajın maliyetine genel bakış	4
2.1.4. Sondaj dizisi.....	6
2.1.5. Matkap çalışma parametreleri.....	7
2.1.6. Matkaba verilen ağırlık (WOB)	8
2.1.7. Dönme hızı (RPM)	11
2.1.8. İlerleme hızı (ROP)	12
2.1.9. Sondaj öncesi matkap seçim kriterleri	14
2.1.10. Daha önce kazılmış referans kuyuların (offset) değerlendirilmesi	14
2.1.11. Formasyon sertliği-matkap uyumu	14
2.2. Matkap Teknolojisine Genel Bir Bakış.....	16

	Sayfa
2.3. Döner Konlu (Roller Cone) Matkaplar	17
2.3.1. Matkabın tasarımı	20
2.3.2. Üç konlu (tricone) matkapların IADC kodlaması	22
2.3.3. Üç konlu (tricone) sondaj matkaplarının IADC değerlendirilmesi	25
2.4. Sabit Başlı (Fixed Cutter) Matkaplar	27
2.4.1. Doğal elmas matkabı	31
2.4.2. Emprenye elmas matkaplar	32
2.4.3. Isıya karşı dayanıklı (TSP) matkaplar	33
2.4.4. Polikristalin elmas kompakt matkap (PDC)	34
2.4.5. İki merkezli (bi-center) matkaplar	36
2.4.6. Sabit başlı matkapların IADC sınıflandırılması	37
2.4.7. Sabit başlı (fixed cutter) matkapların IADC değerlendirilmesi	39
2.5. Hibrit (Melez) Matkaplar	41
2.6. Sondaj Çalışmalarında Kullanılan Matkap Seçim Yöntemleri	43
2.6.1. Matkabın IADC koduna göre seçimi	43
2.6.2. Matkabı imal eden şirketlerin tavsiye ve kataloğuna göre seçim	43
2.6.3. Sondaj laboratuvarı deneylerine göre matkap seçimi	43
2.6.4. Döner sondajda optimum matkap seçimine örnek bir yöntem	44
2.6.5. Örnek bir test çalışması	46
3. MATERYAL VE METOD	48
3.1. Karadut Karmaşığı	48
3.2. Matkap Seçiminde Uygulanan İş/işlemler	49
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	51
4.1. H ₁ Kuyusu 437 Tricone Insert Matkap	51

Sayfa

4.2. H ₁ Kuyusu PDC 616 Matkap.....	53
4.3. H ₁ Kuyusu KM533X Hibrit (Melez) Matkap.....	56
4.4. H ₁ Kuyusu KMX524T Hibrit (Melez) Matkap.....	58
4.5. H ₁ Kuyusu 517 Tricone Insert Matkap.....	60
4.6. H ₁ Kuyusu 713 PDC Matkap.....	62
4.7. H ₁ Kuyusu 537X Tricone Insert Matkap.....	64
4.8. H ₁ Kuyusu 437Y Tricone Insert Matkap.....	66
4.9. H ₁ Kuyusu 716 PDC Matkap.....	68
4.10. H ₁ Kuyusu 517X Tricone Insert Matkap.....	70
4.11. H ₂ Kuyusu 517 Tricone Insert Matkap.....	72
4.12. H ₂ Kuyusu KMX525T Hibrit (Melez) Matkap.....	74
4.13. Karadut Karmaşığında kullanılan Matkapların Performans Kıyaslamaları...	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	86

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 2014'te Amerika Kıtası'nda Onshore Projelerde kazılan petrol kuyularının metraj bazında Petrol Bilimi ve Mühendisliği Dergisi'nden alınan birim maliyetleri.....	6
Çizelge 2.2. Basınç dayanımlarına göre kayaç tipleri ve sertlik derecelerine uygun matkap karşılıkları	15
Çizelge 2.3. Döner konlu (roller cone) matkapların IADC kodlaması	24
Çizelge 2.4. Döner konlu (roller cone) matkapların IADC kodlamasının 1. karakteri.	24
Çizelge 2.5. IADC değerlendirme kodlaması	25
Çizelge 2.6. Üç konlu matkabın deformasyon tipleri ve bunların adlandırmaları.....	26
Çizelge 2.7. Matkabın kuyudan çıkarılma nedenleri ve adlandırmaları	27
Çizelge 2.8. PDC tip matkaplar için IADC kodlaması	38
Çizelge 2.9. PDC matkaplara ait IADC değerlendirme çizelgesi	40
Çizelge 2.10. Seçilen matkapların özellikleri	46
Çizelge 3.1. Saatlik sondaj parametreleri takip formu.....	50
Çizelge 4.1. PDC matkapların bıçak sayısına göre performans kıyaslaması.....	76
Çizelge 4.2. PDC matkapların kesici uç ölçülerine göre performans kıyaslaması	76
Çizelge 4.3. Matkapların tüm performans değerlerinin kıyaslanması	78

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Haziran 2012-Ekim 2017 Tarihleri arasındaki sondaj kulelerinin Türkiye geneli sayısı.....	5
Şekil 2.2. 2006-2018 Yılları arasında ham petrol fiyatları ile günlük kule kira miktarı	5
Şekil 2.3. Sondaj dizi elemanları	7
Şekil 2.4. Açılı kuyuda kuyudibi ekipmanına etki eden kuvvet vektörler.....	8
Şekil 2.5. Matkap batma noktası (floundering point)	10
Şekil 2.6. İlerleme hızı- matkaba verilen ağırlık arasındaki ilişki	11
Şekil 2.7. a) Yanal vibrasyon, b) Eksenel vibrasyon, c) Formasyonel vibrasyon	12
Şekil 2.8. İlerleme hızı (ROP) ve matkap devri (Rotary) arasındaki ilişki.....	13
Şekil 2.9. Basınç dayanımına göre diş şekilleri	16
Şekil 2.10. Matkabın ana kısımları.	16
Şekil 2.11. Matkapların süreç içindeki gelişimi.....	17
Şekil 2.12. Döner konlu (roller cone) matkaplar ve yapısı.	18
Şekil 2.13. Döner konlu matkapların kon yapısı.....	19
Şekil 2.14. Baskı kuvveti ile çatlatma ve kazıma işlemi.....	19
Şekil 2.15. a) Standart matkabın kesici diş tipi, b) insert matkabın kesici diş tipi	20
Şekil 2.16. Tricone matkaplarda şaft yatağı açılarının litoloji sertliğine oranla değişimi.....	21
Şekil 2.17. Şaft yatağının açısı (journal angle)	21
Şekil 2.18. Tricone matkap offset	22
Şekil 2.19. Döner konlu (a) ve sabit başlı (b) matkaplar için çap aşınması ölçümü ve hesabı.....	26
Şekil 2.20. a) Dıştan aşınma, b) Aşınmış diş, c) Çentik diş, d) Diş sökülmesi, e) Dişlerin düzleşmesi, f) Diş sivrilmesi.....	27

Şekil	Sayfa
Şekil 2.21. Sabit başlı (fixed cutter) matkap yapısı	28
Şekil 2.22. Polikristalin elmas kesici (PDC) yapısı	29
Şekil 2.23. Polikristalin elmas (PDC) matkabın yapısı.....	29
Şekil 2.24. Sabit başlı (fixed cutter) sondaj matkaplarının tıraşlama ve sıyırma işlemi.....	30
Şekil 2.25. a) Elmas tipi matkaplar b) PDC matkaplar.....	31
Şekil 2.26. Doğal elmas tipi matkap	32
Şekil 2.27. Emprenye elmas matkap.....	33
Şekil 2.28. Isıya karşı dayanıklı (TSP, Thermally stable PDC) matkap.....	34
Şekil 2.29. PDC Matkap	35
Şekil 2.30. PDC kesicileri.....	36
Şekil 2.31. İki merkezli (bi-center) matkap ve çalışma prensibi	37
Şekil 2.32. Sabit başlı (fixed cutter) matkabın profili.....	38
Şekil 2.33. PDC tip matkaplar için kullanılan sistem	40
Şekil 2.34. a) Diş düşmesi (Lost Teeth), b)Diş Kırılması, c) Matrix Deformasyonu d) Nozul Tıkanması (Plugged Nozzle), e) Matkabın Ring out olması, f) Bağ hasarı (Bond Failure)	41
Şekil 2.35. Yatay sondaj makinesi.....	45
Şekil 2.36. Yatay sondaj makinesinin veri edinme sistemi	46
Şekil 2.37. Yatay sondaj makinasında farklı değerler için ilerleme hızları	47
Şekil 2.38. Test edilen 4 matkabın ilerleme hızları	47
Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi allokton sıfır hattı.....	48
Şekil 3.2. Adıyaman sahaları jeoloji haritası	49
Şekil 4.1. H ₁ kuyusunda 437 Tricone Insert Matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	52

Şekil	Sayfa
Şekil 4.2. H ₁ kuyusunda PDC 616 matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji.....	54
Şekil 4.3. H ₁ kuyusunda KM533X Hibrit matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	57
Şekil 4.4. H ₁ kuyusunda KMX524T Hibrit matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji.....	59
Şekil 4.5. H ₁ kuyusunda 517 Tricone Insert matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	61
Şekil 4.6 H ₁ kuyusunda 713 PDC matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	63
Şekil 4.7. H ₁ kuyusunda 537X Tricone Insert matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	65
Şekil 4.8. H ₁ kuyusunda 437Y Tricone Insert matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	67
Şekil 4.9. H ₁ kuyusunda 716 PDC matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	69
Şekil 4.10. H ₁ kuyusunda 517X Tricone Insert matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	71
Şekil 4.11. H ₂ kuyusunda 517 Tricone Insert matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji.....	73
Şekil 4.12 H ₂ kuyusunda KMX525T Hibrit matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji	75
Şekil 4.13. Kullanılan üç konlu matkapların hız kıyaslamaları	77
Şekil 4.14. Kullanılan PDC ve hibrit matkapların hız kıyaslamaları.....	77

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Mekanik sondaj kulesi rotary table sistemi.....	2
Resim 2.2. Sondaj kulesi elektrikli top drive sistemi.....	3
Resim 2.3. 12 ¼” Hibrit (melez) matkap.....	42



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

Bbl	Varil, barrel
Gal	Galon
lbs.	Libre, Pounds
in	İnç, Inch
psi	İnç basınç birimi, Pounds per square inch

Kısaltmalar

Açıklamalar

API	Amerikan Petrol Enstitüsü
BHA	Sondaj dizisi dizilimi, Bottom hole assembly
BPD	Matkaptaki basınç kaybı, Bit pressure drop, psi
DC	Sondaj dizisinde kullanılan ağırlık boruları
DP	Sondaj borusu, Drill pipe, Tij
DST	Formasyon basınç testi, Drill stem test
HHP	Matkaptaki hidrolik güç, Hydraulic horsepower
MTA	Maden Tetkik Arama
MW	Çamur ağırlığı, Mud weight
IADC	Uluslararası Sondaj Mütahhitler Birliği
PDC	Polikristalin Elmas Kompakt Matkabı
RPM	Matkabın devir sayısı
ROP	Sondajın ilerleme hızı, Rate of penetration, m/saat
SPP	Sondaj Dizisi içindeki ve anülüs basınç kayıplarının toplamı, Stand pipe pressure, psi
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TSP	Isıya karşı dayanıklı PDC, Thermally stable PDC
WOB	Matkap üzerine verilen ağırlık, Weight on bit, ton

1.GİRİŞ

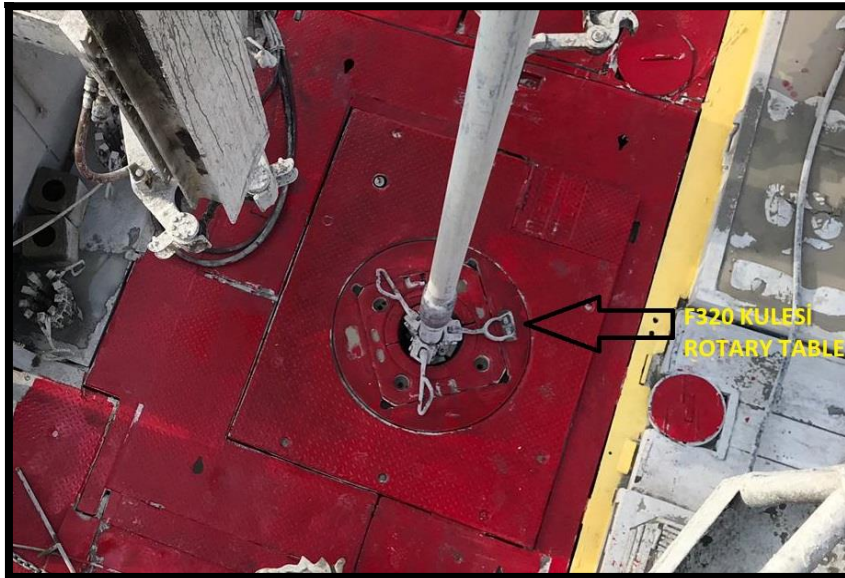
İnsanoğlu var olduğu günden bu yana gelişim, üretim ve bunun yanı sıra tüketim halindedir. Bu safhaların tamamında enerji ve yapısal mühendislik araç gereçleri vazgeçilmez bir unsur olarak kendisine yer edinmiştir. Bu mühendislik araç ve gereçlerinden birisi de matkaptır. Matkapların kullanım alanlarına, daha spesifik olarak bakacak olursak, yerkabuğunda bulunan değerli maddelerin (petrol, doğalgaz, maden, sıcak su vb.) aranması, değerlendirilmesi ve işletilmesinde; zemin sağlamlaştırma ve enjeksiyon, baraj, drenaj, tünel gibi inşaat projeleri yanında açık ocak maden işletmelerinde delme-patlatma işlerinin yapılmasında ve daha bir çok alanda kullanılmaktadır. Bu derece yaygın kullanılmalarına rağmen, matkaplar üretim aşamalarında çok maliyetli proseslerden geçmektedir. Sondaj faaliyetleri yapılırken matkabın deformasyona uğraması ya da zarar görmesi, zorlu doğa koşullarında sadece matkap değişimi yapılarak sorunun giderilmesi şeklinde algılanmamalıdır. Sondaj sırasında kuyuda hidrolik açıdan problem yaşanması durumunda çamur ağırlığı (MW) ve debi (flow rate) parametrelerinin değişimi yapılarak uygun değerler yakalanabilir. Fakat, uygun olmayan bir matkap seçiminde, manevra ile tüm dizinin kuyudan çıkarılarak matkabın değiştirilmesi gerekecektir. Sondaj şirketleri bu sebeple, maliyet hesapları kapsamında sondajın yapılacağı litolojiye/formasyona uygun matkap seçimi yapmak zorunda kalmaktadır. Çalışma prensiplerine göre, dönen konlu (Roller Cone), sabit başlı, darbeli çalışan matkaplar olmak üzere temelde üç tür matkap vardır [1]. Son zamanlarda daha çok sabit başlı ve döner konlu matkaplar tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında bu çeşit matkap tiplerine ek olarak, hibrit matkapların Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Karadut Karmaşığındaki performansı incelenmiştir. Ayrıca bu çalışma, sektörde çalışmakta olan petrol ve doğalgaz mühendislerine, özellikle de sondaj mühendislerine litolojik olarak kayaların mekanik özelliklerine jeoloji disipliniyle yaklaşarak matkap seçmelerinde pratik bilgiler sunmayı amaçlamıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Sondaj ile ilgili Genel Bilgiler

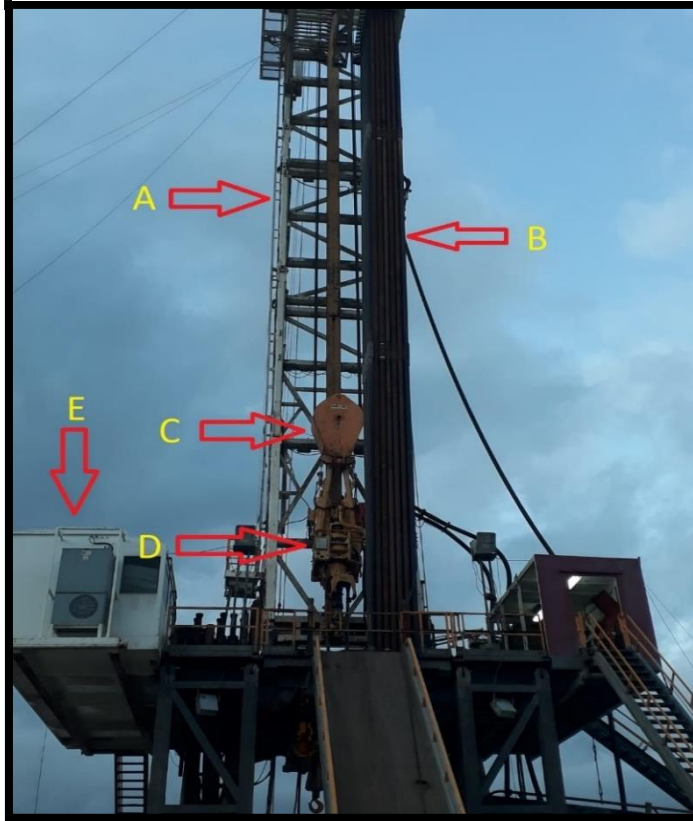
2.1.1. Sondaj ve işleyiş mekanizması

Sondaj, değerli madenlerin arama faaliyetlerinde, rezervi belirlenmiş madenlerin üretiminin yapılması ve esas olarak bir işletmenin sürdürülebilmesi açısından lazım olan verilerin elde edilmesinde hayati önem taşımaktadır. Sondaj genel anlamıyla, yerin derinliklerinde var olan, belirli bölgelerin belirlenen hedefler doğrultusunda belirlenmiş metotlar kullanılarak yüzey ile kontak kurulması için, bir nevi boşluk açma işidir. Bu işlem vasıtasıyla, yeraltında bulunan zenginlikler ile ilgili kayda değer ve maddi verilere ulaşmamızı sağlar. Sondaj faaliyeti birbirlerine silsile yoluyla bağlı çalışan birden fazla sistemin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Sondaj kulesi (Drilling Rig) olarak adlandırılan makine ile yapılır [2]. İstenilen çapta delik delme işleri, tarih boyunca çeşitli şekillerde yapılagelmiştir. Fakat, günümüzde sıklıkla döner masa (Rotary Table) Sistemi (Resim 2.1) ve Top Drive (Resim 2.2) ile yapılmaktadır. Döner masa sisteminde güç/çevirme etkisi, grup motorları denilen içten yanmalı dizel motorlarından sağlanan gücün transmisyon aracılığıyla iletimi sayesinde sağlanılmaktadır.



Resim 2.1. Mekanik sondaj kulesi rotary table sistemi

Top Drive sisteminde ise, bu durum hidrolik ve elektrikli sistem olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Top Drive, bu sistemler arasında pack off, back reaming, dönme hızı (RPM) ayarlama kolaylığı ve manevralarda stand şeklinde ilaveye müsaade edebiliyor olması sebebiyle rotary table sistemine nazaran daha çok tercih edilmektedir.



Resim 2.2. Sondaj kulesi elektrikli top drive sistemi

Top Drive mekanizmasında, döndürme etkisini oluşturan ana motor ve soğutma özelliğine sahip 2 adet blower motorlar mevcuttur. Bu nedenle hem hacim hem de ağırlık olarak yüksek tonajlarda olabilmektedir. Resim 2.2.'de; A : Kulenin TD'yi üzerinde tuttuğu kızakların bağlı olduğu mastı (Çelik Konstrüksiyon), B : DP Stand'lerini, C : Hareketli Makara (Traveling Block), D : Top Drive Sistemini, E : TD ve Platformdaki bütün işlemlerin kontrol edildiği Sondör Barakasını (Dog House) göstermektedir. Top drive kullanılması ile diziye ilave yapılması diğer mekanik kelly ve swivelli sistemlere göre zamandan tasarruf sağlanması açısından daha pratik çözüm sunmaktadır [3]. Sondajın yapılması için matkap, kuyu dibi ekipmanının (Bottom Hole Assembly) ucuna uygun geçiş elemanları (Crossover Sub) ile bağlanarak yerin derinliklerine kadar dairesel hareket ile indirilir. TD veya döner masa (rotary table) sistemi ile matkaba verilen bu dairesel hareket

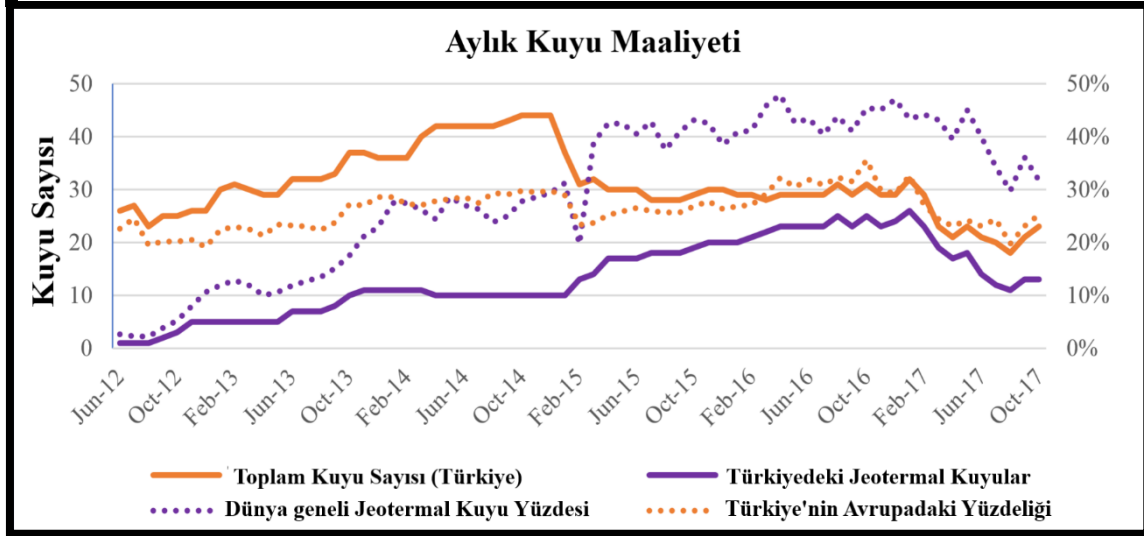
ve dizinin ağırlığı ile matkaba verilen yükün (WOB) etkisiyle kayaçlar parçalanır. Parçalanan kayalardan çıkan kırıntı ve kesintiler, sondaj dizisini ve matkabı sıkıştırmaması için, dizi içerisinden basılan çamur veya hava/köpük ile yer yüzeyine pompalar vasıtası ile iletilir. Sirkülasyon sistemi vasıtasıyla yeryüzüne iletilen çamur, katı madde kontrol ekipmanları ile temizlenerek çamur tanklarına alınır. Devinim şeklinde çalışan bu sistem sayesinde sondaj faaliyetine ara verilmeden devam edilmiş olur [4].

2.1.2. İlerleme hızına etki eden sondaj parametreleri

Sondaj faaliyetleri sırasında derinlik arttıkça, formasyonların içerisinde bulunan fazla yük sebebi ile sıkışmış ve sertleşmiş kayaçların sondaj yapılabilme kabiliyeti de zorlaşmaktadır [5]. Bu zorluğun aşılabilmesi için kuyuya uygun matkabın indirilmesi gerekir. Bu matkap değişim zamanı, toplam sondaj sürecini göz önünde bulundurduğumuzda ilerleme hızında (ROP) düşüşe sebep olmaktadır. Sondaj ilerleme hızını etkileyen birden fazla bağımlı veya bağımsız değişken bulunmaktadır. Bu bağımlı ve bağımsız değişkenlerden en önemlilerinden bazıları, formasyon tipi, litolojik içeriği, matkap tipi, sondaj çamur özelliği, sondaj parametreleri (WOB, RPM), matkap diş körelmesi ve hidrolik değerlerdir [6]. Örneğin, çamurun cinsi, özellikleri ve kimyasal olarak matematiksel değerleri, hidrolik program ve en önemlisi de kullanılacak matkap sondajın bağımsız yani kontrolü yapılabilen değişkenleridir. Fakat matkap, sondaj sırasında anlık olarak isteğe bağlı şekilde değişimi yapılamayacağından, bağımlı değişkenler grubunda yer alabilir. Bu sebeple, sondaja başlamadan önce formasyona ve litolojiye uygun matkap ile sondaja başlamak maliyet ve manevraların en asgariye düşürülmesi açısından önem arz etmektedir.

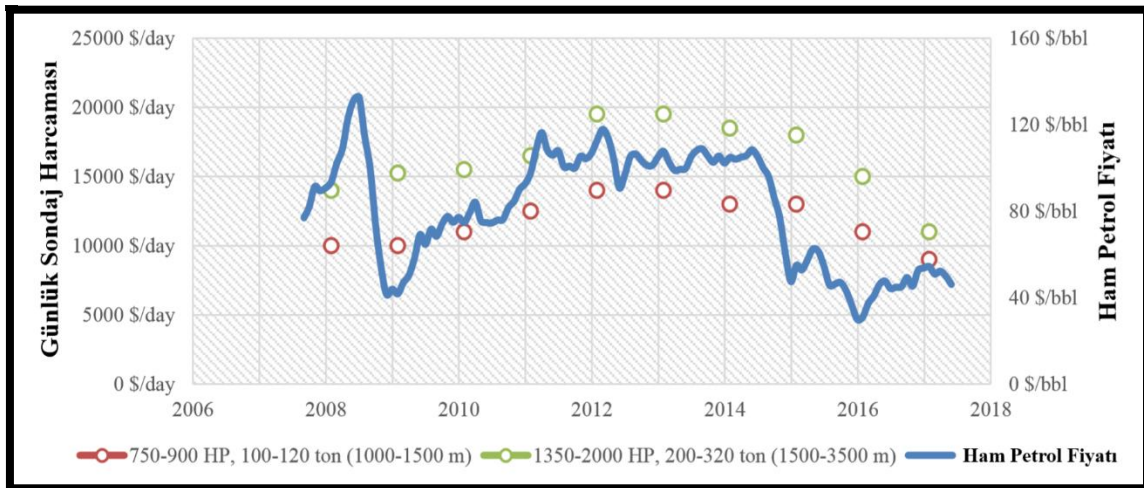
2.1.3. Sondajın maliyetine genel bakış

Sondaj, dünya genelinde oldukça maliyetli işler arasında ilk sıralarda gelmektedir. Bu sebeple yeni arama kuyularının sondajı ve üretim kuyularındaki tamamlama (yeniden yapma) faaliyetleri petrol fiyatlarına paralel olarak artıp azalma gösterebilmektedir. Bu duruma bağlı olarak uzun vadeli projelerin iptali söz konusu olabilmektedir.



Şekil 2.1. Haziran 2012-Ekim 2017 Tarihleri arasındaki sondaj kulelerinin Türkiye geneli sayısı [7]

Şekil 2.1'deki grafikten anlaşılacağı üzere, petrol fiyatlarına bağlı olarak şirketler bazında maliyet-kazanç kıyaslaması yapılmıştır. 2015 yılına kadar ki süreçte faaliyette olan kuleler, bu tarihten sonra yatırılmıştır. Projelerin büyük çoğunluğu ya ertelenmiş ya da iptal edilmiştir. Grafikte, Türkiye ve Dünya geneli jeotermal ve petrol kule sayıları birlikte verilmiştir. Grafikte, 2015 yılındaki petrol fiyatlarının azalması ile jeotermal sondajlarına talebin arttığıda açıkça görülmektedir.



Şekil 2.2. 2006-2018 Yılları arasında ham petrol fiyatları ile günlük kule kira miktarı [8]

2015 yılına kadarki süreçte, Türkiye'de kule günlük fiyatları ham petrol fiyatları ile paralel ilerlerken, 2015 yılı sonrası ham petrol fiyatlarının kule günlük fiyatlarının altında kaldığından yüksek maliyet sebebi ile projelerin iptaline sebep olmuştur. Bu durum, Şekil

2.2.'deki grafikte açıkça görülebilmektedir. Bu durumdan, küresel krizler petrol piyasasını ve dolayısıyla da sondaj sektörünü olumsuz etkileyebildiği çıkarılmaktadır.

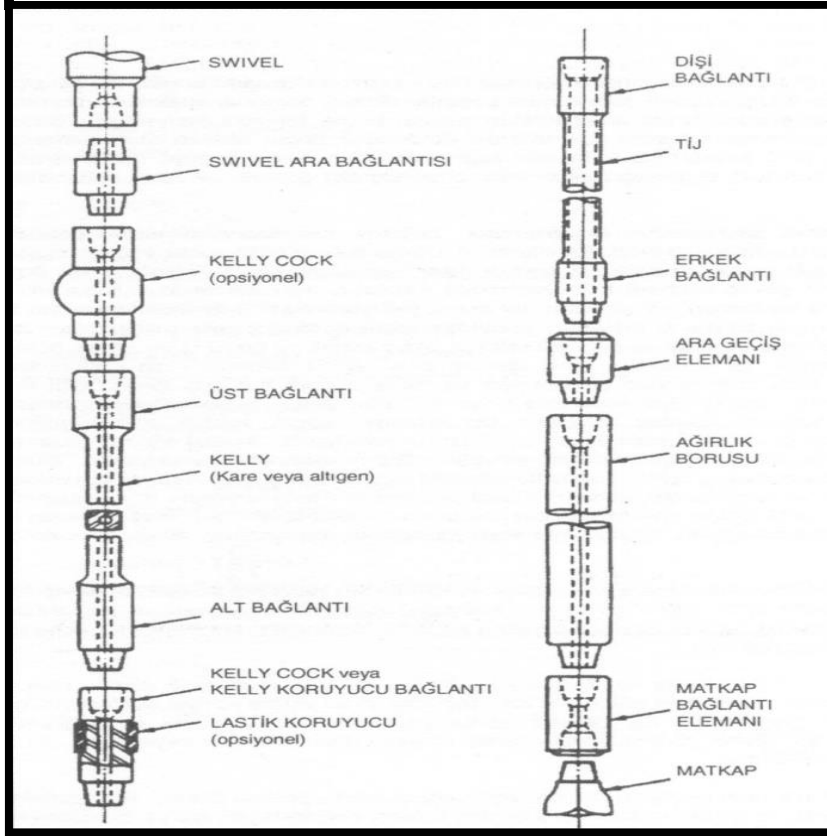
Dünya genelinde petrolün fiyat dalgalanmasının sondaj maliyetlerini etkilemesinin yanı sıra teknik olarak saha operasyonlarının da maliyetler üzerinde büyük etkisinin olduğu unutulmamalıdır. Pratikte genel olarak sondaj ilerleme hızının artması; optimize edilerek seçimi yapılmış olan matkap, eğitim almış dalında uzman personel çalıştırılması, sondaj yapılacak formasyonun iyi bilinmesi ve daha önceden yapılmış yanlışların bertaraf edilmesinin sonucu olarak değerlendirilebilir [9]. Tüm bu deneyim ve tecrübeler sondajın birim maliyetini minimize eden ana etmenlerdir.

Çizelge 2.1. 2014'te Amerika Kıtası'nda Onshore Projelerde kazılan petrol kuyularının metraj bazında Petrol Bilimi ve Mühendisliği Dergisi'nden alınan birim maliyetleri [9]

Derinlik (m)	Toplam Maliyet (USD)	Birim Maliyet (USD/m)
555	\$548.107	988
945	\$772.036	817
1339	\$1.173.000	876
1940	\$2.768.836	1.427
2643	\$4.682.709	1.772
3361	\$6.848.041	2.038
4146	\$12.936.478	3.120
4911	\$16.999.206	3.461

2.1.4. Sondaj dizisi

Sondajın yapıldığı en alt ekipman olan matkap ile platformda bulunan dönme etkisini matkaba kadar ileten ara bağlantıların tamamına sondaj dizisi denir.



Şekil 2.3. Sondaj dizi elemanları [10]

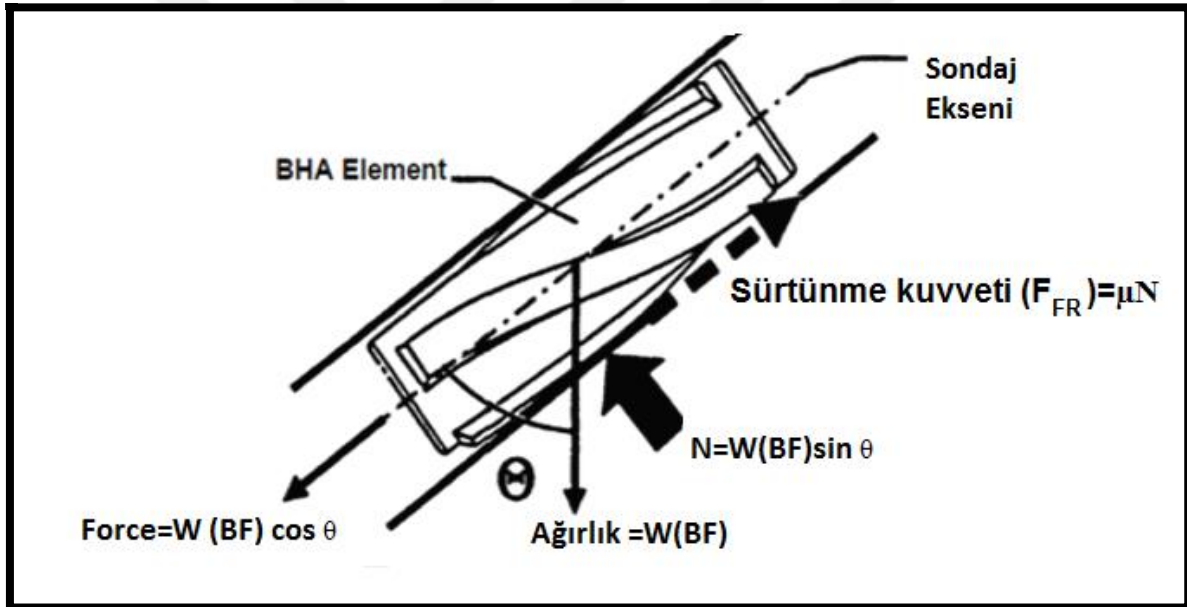
2.1.5. Matkap çalışma parametreleri

Sondaj işlemi sırasında birim zamanda kazılan metrajı belirleyen ekipmanlar arasında en kritik noktada matkap bulunmaktadır. İçerisinden sondaj sıvısı geçecek şekilde tasarlanmış olan sondaj matkapları, BHA (Bottom Hole Assembly) denilen kuyu dibi ekipmanına bağlanırlar. Matkaplar kayaçlar üzerinde dairesel hareket yaptırılarak işlev görür. Bu işlem sırasında matkap üzerine yük (Weight on Bit) verilir. Verilen yükün ve dönmenin etkisiyle temas ettiği kayaç ve formasyonu ezerek veya sıyrarak öğütür. Matkabın delme işlemini yaparken çalıştırıldığı parametrelerin doğru belirlenmesi, efektif verim alma noktasında önem arz etmektedir. Bu parametreler, sondaj sırasında her ne kadar doğru seçilseler de, matkap tipi formasyon litolojisine IADC (Uluslararası Sondaj Mütahhitler Birliği) kodlarına uygun seçilmemiş ise yapılan sondajın optimum verimle yapılması beklenmemelidir. Sondaj işleminin tam verime yakın sonuçlar verebilmesi için matkabın optimum çalışma parametrelerinde çalıştırılması gerekir. Saha ortamında platformdan ayarlanabilen, matkaba verilen ağırlık (Weight On Bit), devir (RPM) ve Matkap Hidroliği çalışma parametreleri optimum değerlerde seçilmelidir. Bu sebeple sondaj

operasyonlarının takibini yapacak olan baş sondör ve sondaj mühendisinin alanında tecrübeli olmaları, sondaj testleri (Drill of Test) ile yük ve devir ayarlamasında optimum değerlerin belirlenmesinde olumlu etkilemektedir.

2.1.6. Matkaba verilen ağırlık (WOB)

Sondaj sırasında, kullanılan dizinin ağırlığının belirli bir oranı matkap üzerine yük olarak verilir. Bu yük oranına, matkaba verilen ağırlık (weight on bit) denir. Genel olarak matkaba kuyu dibi ekipmanı içerisindeki ağırlık borularının (drill collar) sondaj çamuru içerisindeki ağırlığının yatay ile yapmış olduğu açısız bileşeni etki eder. Bu durumda sürtünme kuvveti matkap yüküne (WOB) azaltıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.4. Açılı kuyuda kuyu dibi ekipmanına etki eden kuvvet vektörleri [10]

Sondaj sırasında, Matkaba verilen ağırlığı (WOB) hesaplamak için aşağıda verilmiş olan Eş. 3.1 kullanılabilir.

$$WOB_{Max} = WBHA_{Min} * (BF) * \cos(a) * Emniyet Faktörü \quad (2.1)$$

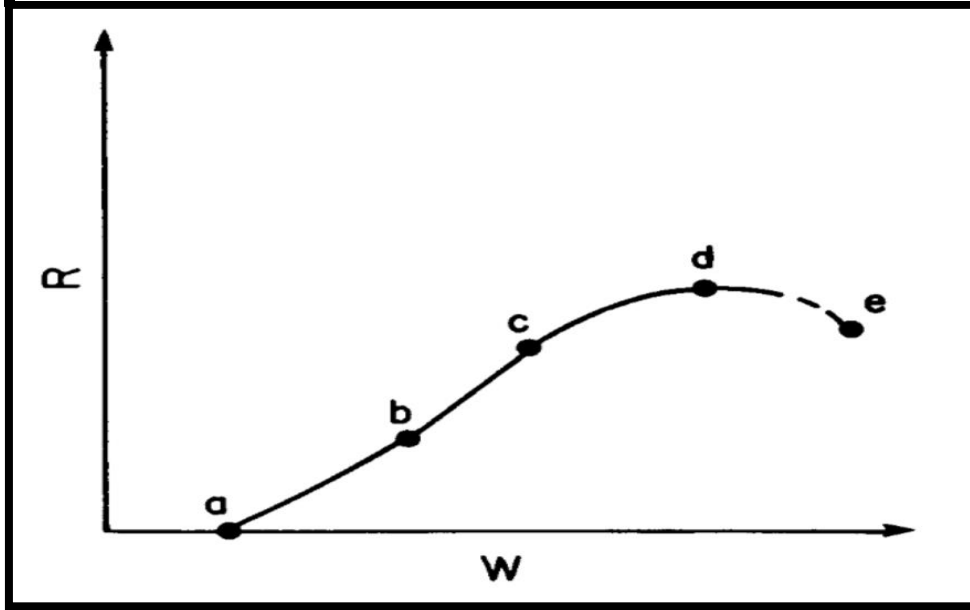
$$BF = \frac{\zeta A}{65,5} \quad (2.2)$$

“Eş. 2.1”, Sondaj yapılacak matkap belirlendikten sonraki aşamada matkabın üzerine verilebilecek maksimum yük miktarı bilinerek uygulanabilmektedir. Matkabın maksimum

taşıyacağı yük miktarını ($WOB_{(Max)}$) formülde değerleri yerlerine koyduğumuzda bulabilmekteyiz. Kuyu şartları göz önünde bulundurulduğunda, gerekli olan minimum BHA (Bottom Hole Assembly) miktarı lb cinsinden bulunabilmektedir. “Eşitlik 2.1” de BF, Kuyu Dibi Ekipmanının (BHA) kuyunun içerisinde, sondaj çamurunun içerisinde, yüzer durumda iken işlev gören *yüzdürme faktörünü*, a ise kuyunun eğimini (derece) temsil etmektedir. “Eş. 2.2” deki ÇA ise, ppg (lb/gal) cinsinden çamur ağırlığını göstermektedir [10]. 1995 yılında Mitchell ve Miska, açılı bir kuyuda sondaj borularının burkulabileceği ağırlığı hesaplamak için aşağıdaki bağıntıyı yazmıştır. Bu denklemde ana fikir, yerçekimi ivmesinin sondaj borularını kuyunun alt kısmına doğru çekmesi şeklindedir. Sondaj borularının sertliği sayesinde dizi düz durma çabasında olmasına rağmen, sondaj borusu (drill pipe) üzerine gelen yüklenme dolayısıyla burkulma eğilimine geçmektedir. “Eş. 2.3” den, burkulma durumuyla karşılaşılması için hangi değerde çalışılması gerektiği çıkarılmaktadır [11].

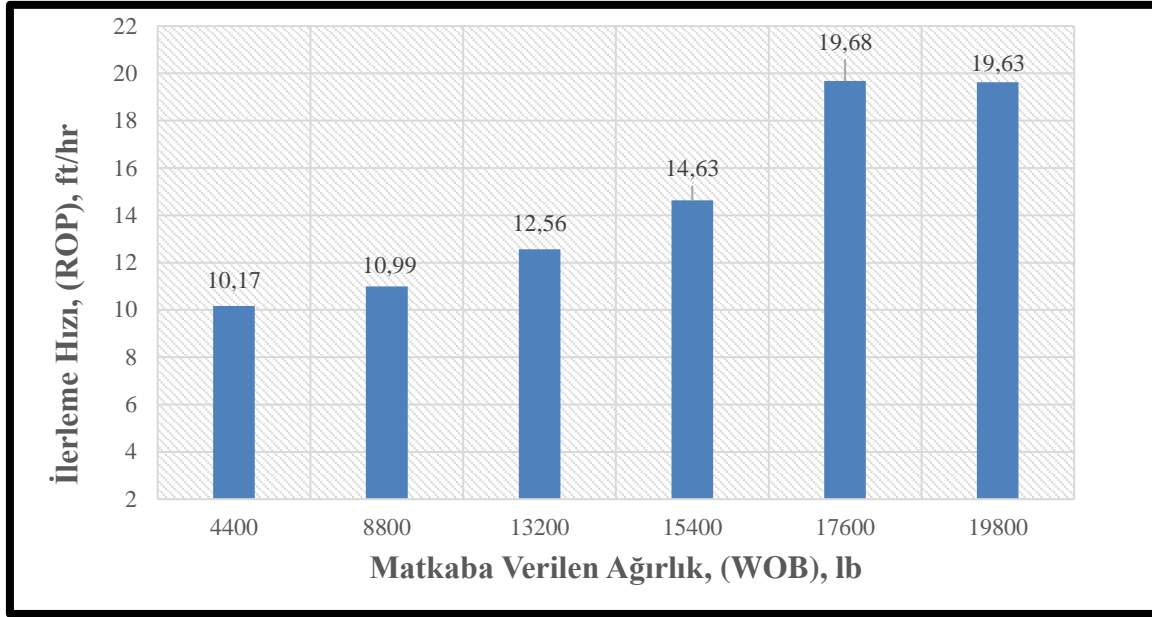
$$BL = 1,617 * \left[\frac{Bf * (D^2 - d^2) * (D^4 - d^4) * \sin(\beta)}{H - D} \right]^5 \quad (2.3)$$

“Eş. 2.3” te BL, Sondaj boruları üzerinde burkulmanın olmasına sebep olabilecek minimum ağırlığı; Bf , yüzdürme faktörünü; D, Sondaj borusunun (Drill pipe) dış çapını (inç); d, Sondaj borusunun (Drill pipe) iç çapını (inç); H, Kuyu çapını (inç) ve β ise kuyunun açısını derece cinsinden belirtmektedir. Matkaba verilen ağırlık (WOB) formasyonun çekme basma dayanımına, kayaçların sertlik skalasına ve sondaj sırasında kullanılan matkabin cinsine bağlıdır. Matkaba verilen ağırlık kayacın basınç mukavemetinden fazla olmamalıdır. Aksi takdirde bu durum, kuyuda sapmalara ve matkabin ömrünün kısalmada bir dezavantaj olarak etki edebilmektedir. İlerleme hızının (ROP) artıp azalmasında en önemli etkenin yük (WOB) olduğu saha çalışmalarından açıkça anlaşılmaktadır. Stabil bir şekilde kontrol altında tutulan yük (WOB) değeri, yalnızca sondaj süresini düşürmekle kalmadığı gibi, aynı zamanda matkabin ömrünün artmasında da önemli bir değişkendir [11]. Döner konlu (Roller Cone) matkaplar reaming için dizyan edilmemişlerdir. Bu sebeple reaming işlemi yapılırken matkabin ömrünün kısalmaması ve dişlerinin zarar görmemesi için düşük devir (RPM) ve yük (WOB) değerlerinde kullanılmalıdır [12].



Şekil 2.5. Matkap batma noktası (floundering point) [13]

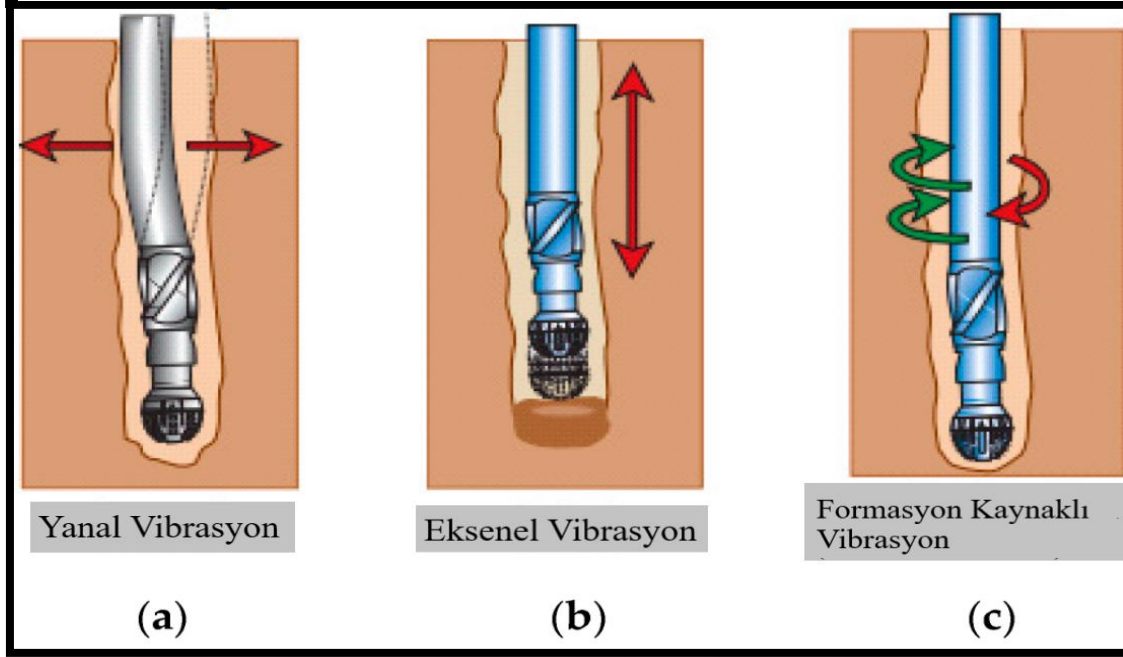
Sondaj sırasında matkaba verilen ağırlık (WOB) ve hız (ROP) dışındaki diğer parametreler sabitlendiği takdirde ilerleme hızının matkaba verilen ağırlık ile ilişkisi grafiksel olarak Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Yük (WOB) belirli bir değere (a noktası) gelmeyinceye kadar ilerlemede bir hareket kaydedilmemiştir (Şekil 2.5). Ağırlık kritik noktasına (b noktası) ulaşıncaya kadar gözle görülür derecede bir ilerleme yükselişi görülmemiştir. b-c arasında ise ilerlemede hızlanma trendi göze çarpmaktadır. Çünkü, grafikte işaretlenmiş olan b noktası kazma işleminden öğütme kesme ve işlemine geçişin olduğu kritik noktadır [6]. Grafikteki d noktasında ise efektif olarak WOB'nin limit değerine geldiği görülmektedir. Bu limit d noktası geçilmesine rağmen WOB değerinin artırılması (e-d noktaları arası) ROP 'deki düşüşü önleyememiştir. Bu durumun başlıca sebebi olarak yüksek WOB değerinde matkabın saplanma durumu olarak tanımlanır [6]. d-e arasındaki bölge, yapılan deneyler neticesinde bit *floundering point* (Matkap batma noktası) olarak tanımlanmışlardır [13]. Laboratuvar ve saha şartlarından edinilen bilgiler vasıtasıyla oluşturulan Şekil 2.5, Şekil 2.6'teki verileri destekler niteliktedir. Şekil 3.6'daki grafik bize WOB'nin (Matkaba verilen ağırlık) 17600 lb ağırlığa çıkana kadar ROP'de (İlerleme hızı) artış göstereceğini fakat, 17600-19800 lb WOB aralığında ise ROP'de azalma trendi başlayacağını göstermektedir.



Şekil 2.6. İlerleme hızı- matkaba verilen ağırlık arasındaki ilişki [14]

2.1.7. Dönme hızı (RPM)

Matkap, sondaj dizisinin en altına bağlanarak formasyon ile kontak yapacak şekilde indirildikten sonra, dairesel hareketini top drive veya dönen masa'dan (rotary table) alır. Sondaj yapılırken, kayar (sliding) ve döner (rotating) mod olmak üzere iki tip sondaj modu bulunmaktadır. Döner masa (Rotary table) hem dik kuyularda hem de yönlü kuyularda döner (rotating) modda kullanılmaktadır. Rotating modda tüm dizinin dönmesi gerekirken, sliding modda sondaj yapılırken tüm dizinin Top Drive veya Rotary Table ile dönderilmesi gerekmemektedir. Bu durumda sadece çamur pompalarının oluşturmuş olduğu hidrolik güç ve debinin etkisi ile matkabın dönme hareketi sağlanır. Sondaj esnasında bazen dönme hızını ve dolaylı olarak da ilerleme hızını olumsuz yönde etkileyen yatay, aksel ve formasyon kaynaklı salınım ve vibrasyonlar gerçekleşebilmektedir. Bu vibrasyonlar arasında Şekil 2.7.b'de görülen aksel salınımlar matkabın performansını düşüreceğinden ilerleme hızında ciddi derecede düşmelere sebep olabilmektedir.



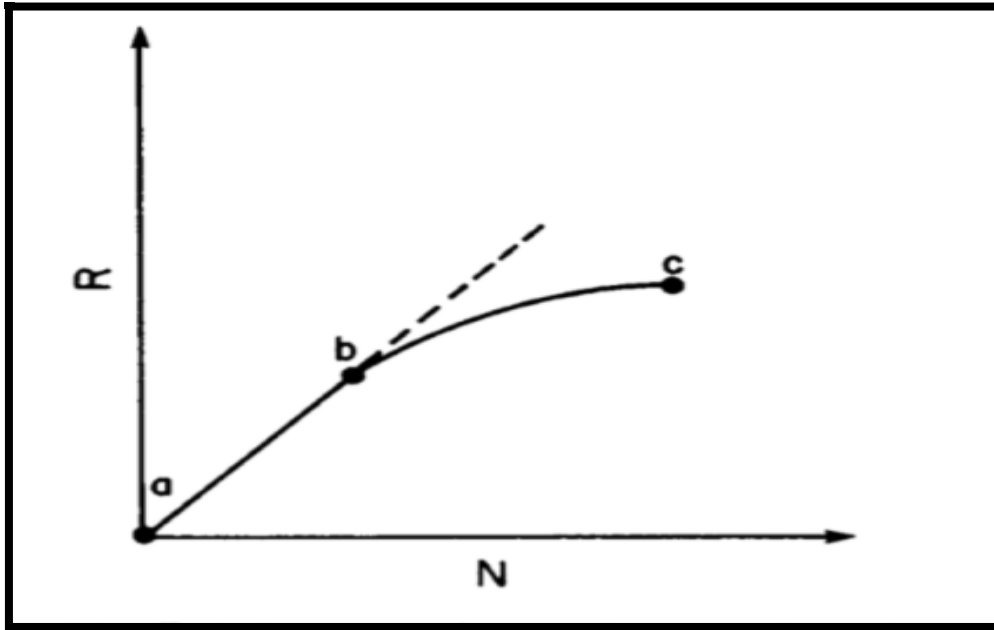
Şekil 2.7. a) Yanal vibrasyon, b) Aksenel vibrasyon, c) Formasyonel vibrasyon [15]

Dönme hızı (RPM) matkabın dakikadaki dönüş sayısına denir. Birimi devir/dakk'dır. İlerleme hızına (ROP) etki eden en önemli çalışma parametresi dönme hızıdır. Sondaj yapılan formasyon eğer yumuşak sınıfa giriyor ise, hız ile devir (RPM) arasında lineer bir grafik çizilir. Fakat; sert ve orta sertlikteki formasyonlarda durum bunun aksine Şekil 2.8'de olduğu gibi rotary sayısı arttıkça b-c aralığında olduğu gibi ilerleme hızında (R) azalış görülecektir. Dolayısıyla matkabın devir sayısı (RPM) formasyon ve içeriğindeki litolojiye uygun şekilde verilmelidir [16]. Sondaj esnasında ilerlemenin optimum değerlerde stabil kalabilmesi için devir (RPM) ve yükün (WOB) devamlı olarak takip altında tutulması gerekmektedir. Bu durumun sebebi, sondajın gerçekleştiği formasyonların homojen özellik göstermemesidir. Sert ve aşındırıcı (abrasive) formasyonlarda maksimum verim elde edebilmek için, yüksek değerdeki yük (WOB) ve düşük devirlerdeki RPM uygun görülürken, gevrek veya yumuşak litolojiye sahip formasyonlarda düşük yük değeri ve yüksek devirlerdeki rotary değerleri uygulanır [17].

2.1.8. İlerleme hızı (ROP)

İlerleme hızı (Rate Of Penetration), sondaj faaliyetleri esnasında, birim zamanda kat edilen/delinen metraj olarak kabul edilmektedir. Birimi sondaj sektöründe metre/saat olarak alınmaktadır. Sondaj yapılırken metraj arttıkça penetrasyon hızında azalma ve bu

duruma bütünleşmiş bir şekilde harcanan güç artmaktadır. Artan bu güç ihtiyacının yanı sıra, ROP ile RPM arasında belli bir noktaya kadar doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. İlerleme hızı ve dönme hızının sondaj işlemi sırasındaki ilişkisi Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Şekle bakıldığında, düşük devirlerde (RPM), ilerleme hızı grafiğinin doğrusal bir şekilde arttığı görülmektedir (a-b arası). Devir sayısındaki artış (grafikteki b noktasından sonra) ilerleme hızının artışına lineer olarak etki etmez ve c noktasında çıkabileceği en yüksek değere ulaşır [13].



Şekil 2.8. İlerleme hızı (ROP) ve matkap devri (rotary) arasındaki ilişki [13]

Aşağıda verilen ROP eşitliği laboratuvar ve saha verileriyle temellendirilerek türetilmiştir [13].

$$ROP = K * \left(\frac{WOB}{D}\right)^d * N^e \quad (3.4)$$

“Eş. 3.4” te; ROP, ilerleme hızını (m/saat), K litoloji veya kayacın orantısız olarak delinebilirlik sabitini kaya mekaniği cinsinden tarif eden sabit bir katsayıyı, N matkabın sondaj esnasındaki dakikadaki devir sayısını (devir/dakika), WOB matkaba sondaj esnasında verilen baskı kuvvetini (tonaj), D Sondajı yapılan kuyunun çapını (inç), d WOB değişiminin ROP’deki hassasiyet katsayısını ve e ise RPM değişiminin ROP deki hassasiyet katsayısını göstermektedir.

2.1.9. Sondaj öncesi matkap seçimi kriterleri

Bir sondaj kuyusunun başından sona, gider kalemleri hesaplandığında maliyet açısından matkapların azımsanmayacak derecede paya sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bu sebeple en ideal matkabın seçimi maliyet açısından büyük önem arz etmektedir. İdeal bir sondaj matkabından istenilenler; sondaj hızının iyi olması, çalışma dayanımı (Çalışma saati), kuyu sondajının istenilen çapta olması, kuyunun istenilen istikamette ilerlemesi ve maliyet hesabının uygun olmasıdır. Sondaja başlanmadan önce, matkap seçimi yapılırken göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler vardır. Her şeyden önce referans kuyular (Offset Kuyular) incelenerek ön fizibilite yapılır. Sondaj sırasında delinecek formasyon litolojilerinin, sertlik (hardness) dereceleri, aşındırma (abrasiveness) durumları, baskı mukavemeti (compressive strength) gibi faktörleri irdelenerek matkap seçimi yapılır. Akabinde kullanılacak matkap envanterinin IADC değerlendirmeleri ve sondaj mühendislerinin matkap bilgi ve dataları değerlendirilir [18].

2.1.10. Daha önce kazılmış referans kuyuların (offset) değerlendirilmesi

Sondaj sektöründe sondajı yapılacak olan kuyunun yakınlarında daha önce kazılmış kuyulara offset kuyular denilmektedir. Değerli maden sondajları, saha şartlarında elde edilmiş bilgi birikimine bağlı bir iştir. Daha öncesinde yakın veya benzer formasyonlara sahip offset kuyularda faaliyet gösterilmiş kuyu datalarının göz önünde bulundurulması uygun matkap seçiminde önemli bir yeri bulunmaktadır. Sondajın yapılacağı lokasyonun, referans kuyularında kullanılan matkapların matkaba verilen ağırlığı (WOB), ilerleme hızı (ROP), devri (RPM) ve metraj başına maliyet değerleri değerlendirilir [1].

2.1.11. Formasyon sertliği-matkap uyumu

Sondajın yapılacağı formasyon litolojilerinin sertlik değerleri, en uygun matkabın seçimi konusunda büyük önem taşımaktadır. Genel olara sertlik değerlerine bakılarak kayaçlar yumuşak formasyon, orta derece sert ve sert olarak üç ana sertlik sınıfında değerlendirilir [1]. Formasyonların dayanım gösterebildikleri basınç (psi) değerlerine karşılık, sertlik değerleri ve kayaç litoloji bileşimleri baz alınarak, sondaj sırasında seçilebilecek optimum matkaplar Çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Çizelge 2.2’de görüleceği üzere, PDC ve insert matkap tiplerinin yumuşak litolojiye sahip formasyonlarda, standart tip matkapların orta




derece sertlikteki formasyonlarda ve insert tipi matkapların da sert litolojye sahip formasyonlarda kullanımının daha uygun olacağı belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. Basınç dayanımlarına göre kayaç tipleri ve sertlik derecelerine uygun matkap karşılıkları [19]

Kayaç Basınç ve Sertlik Dayanımı	Toprak Cinsi ve Kayaç Tipi	Formasyon Tipine Göre Matkap Seçimi
0-5000 psi arası-yumuşak	Gevşek ve çimentolanmış kumul, killi, çakıl taşı içerikli, Silttaşı, Şeyl, slate, Gevşek kumtaşı, yumuşak kireç taşı, tebeşir.	Standart, insert, PDC.
5001-10000 psi arası- orta sert	Kireç taşı, kumtaşı, dolomit, iri taneli granitler	Standart matkap (Milled Tooth)
10000 psi üstü arası- Sert	İnce taneli granitler, demir formasyonları, trap rock (volkanik kayaç), kuvarsit çört.	İnsert Matkap.

Baskı mukavemeti (Compressive Strength) 5000 psi'dan düşük olan formasyonlara genel olarak yumuşak formasyon denilmektedir. Yumuşak formasyon içerikleri iyi bağ yapamayarak çimentolanmış kil, kum, şeyl, çakıl taşı, silttaşı, gevşek (unconsolidated) kumtaşı, tebeşir, yumuşak kireçtaşları ve slate'tir. Standart matkap (Milled Tooth) için en büyük problem yumuşak formasyonlarda sondaj yaparken, matkabın sarma (Balled Up) ve dişlerinin çabuk aşınma tehlikesidir. [20]. Yumuşak killi formasyonların deformasyon davranışları daha önceden bu gibi problemler nedeniyle çokça kez çalışılmıştır [21]. Bu sorun her döner konun üzerine daha az diş açılarak giderilir. Sondaj matkaplarının yumuşak formasyonlarda daha iyi performans gösterebilmeleri için dişleri olabildiğince uzundur (Aggressive) [19]. Ama bu uzunluk değerleri formasyonun sertlik derecelerine paralel olarak değişkenlik gösterir. PDC matkabın dişlerinin basınç dayanımına göre çap ölçüleri Şekil 2.9'da gösterilmektedir.

Kesici Uç Ölçüsü, mm	Azami İlerleme Hızı, (ROP), ft/hr	
	100 Devir,(RPM)	180 Devir, (RPM)
0.323" (8.2 mm)	81	146
0.529" (13.3 mm)	133	240
0.750" (19.1 mm)	188	338

0.323" (8.2 mm)		$0.162" \times 100 \text{ RPM} \times 5 = 81 \text{ ft/hr}$
0.529" (13.3 mm)		$0.265" \times 100 \text{ RPM} \times 5 = 133 \text{ ft/hr}$
0.750" (19 mm)		$0.375" \times 100 \text{ RPM} \times 5 = 188 \text{ ft/hr}$

Şekil 2.9. Basınç dayanımına göre diş şekilleri [22]

2.2. Matkap Teknolojisine Genel Bakış

Matkap, kuyudibi ekipmanı (BHA) vasıtasıyla üzerine yük binen ve bu yük ile üzerine baskı uygulayıp, dönmenin etkisi ile kayaları keserek öğütmeye yarayan ekipmanın adıdır (Şekil 2.10). Sondaj faaliyeti esnasında delme işi, kırarak çatlatma ve sıyrarak kesici dişlerin hareketi sayesinde iki yolla gerçekleşmektedir. Sondaj matkabı, kendisine bağlı olan dizinin yeryüzünden dönmesiyle veya matkabın hemen üstüne bağlanarak çamurunda hidrolik gücüyle dönen bir motor sayesinde dairesel hareketiyle sondaj yapar. Sondaj matkabı, operasyon yapılacak diziye bağlantısına yarayan shank (sap), ana gövde ve kesme ve kırma işini üstlenen kesici uçları olarak üç temel parçadan oluşur (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Matkabın ana kısımları [5]

Petrol ve doğalgaz arama ve üretim sondajlarında kullanılan öncü matkaplar, belirli oranlarda dayanıklı, fakat sondajı yavaş ilerleyen “balık kuyruğu” matkaplarıydı. 1900’lü yılların başlarında Howard Hughes Sr., twocone denilen iki konili rollercone matkapların patentini almıştır. 1930’larda ise, Hughes bünyesinde çalışmakta olan mühendisler ‘Tricone’ adı verdikleri döner üç kona sahip matkap şeklini bularak sondaj tarihinde çığır açacak teknolojinin kapısını aralamışlardır. Hughes şirketinin Tricone matkap patenti 1951 yılına kadar liderliği elinde tuttu fakat akabinde sondaj sektöründe bulunan başka şirketler de bu sisteme benzer matkaplar ürettiler. 1980’li yılların başlarında, “PDC” (polikristal elmas kompakt) kesici uç (cutter)’ların matkap üzerinde sabit olduğu matkap tipi doğalgaz ve petrol endüstrisinde kullanılmaya başlandı [23]. Bu gelişmelerin akabinde, tricone ve fixed cutter (PDC) matkapların melezlenmesiyle elde edilen edilen kymera (Melez) matkap tipi 2010 Yılında Baker Hughes ortaklığında tasarlanarak imal edildi [7]. Sondaj sektöründe kullanılmakta olan matkaplar işlev şekillerine göre döner konlu (rollercone), darbeli, sabit başlı ve hibrit (Melez) matkaplar olmak üzere dört ana başlık altında sınıflandırılır. Son yıllarda petrol, sıcak su ve doğalgaz arama ve üretim sondajlarının büyük çoğunluğu sabit başlı (PDC) ve döner konlu (rollercone) matkaplarca icra edilmektedir. Şekil 2.11’de Petrol sektöründe kullanılmış matkapların teknolojik açıdan geliştirilmişlik sıralaması gösterilmektedir.

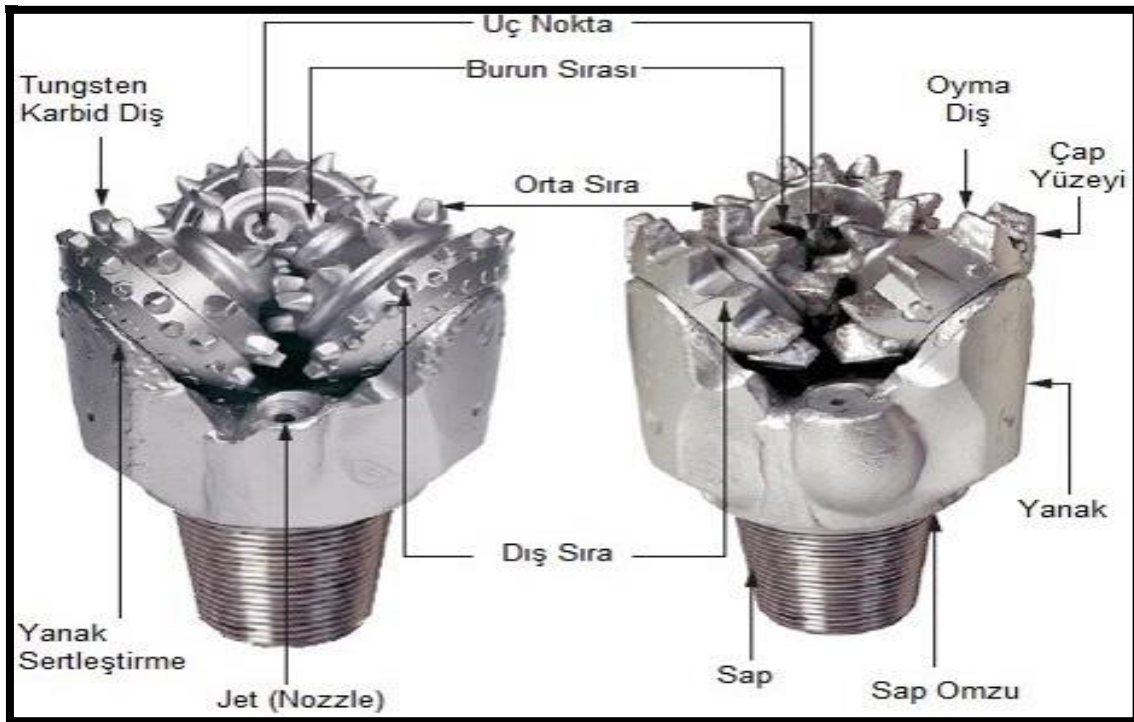


Şekil 2.11. Matkapların süreç içindeki gelişimi [7]

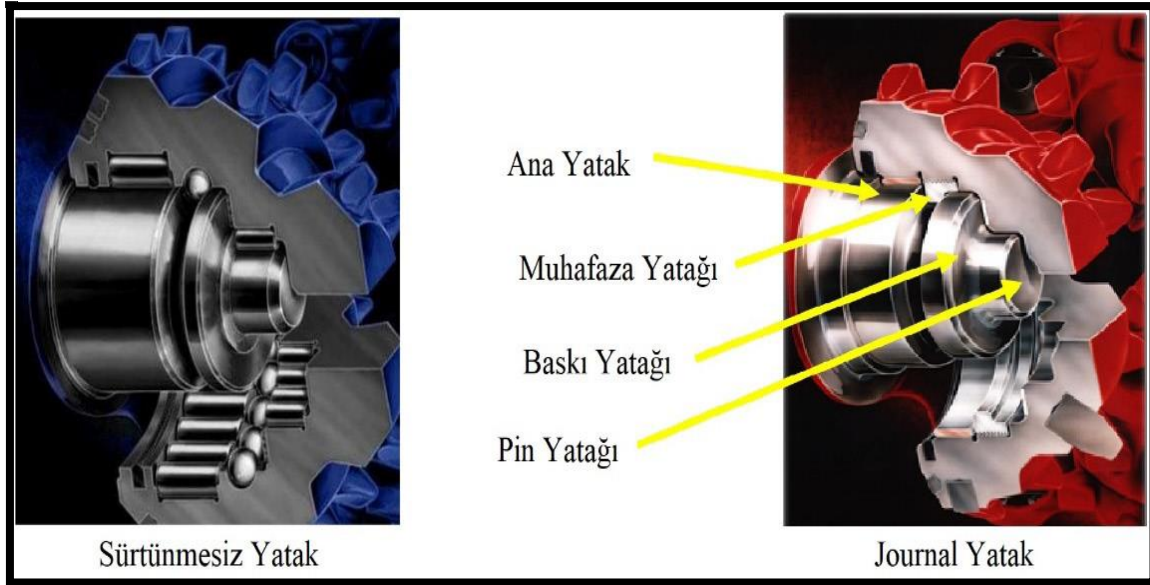
2.3. Döner Konlu (Roller Cone) Matkaplar

Döner konlara (Roller Cone) sahip sondaj matkapları; işlevsellik, dayanım ve ekonomi açısından diğer tarzda sondaj matkaplarından avantajlı olduğundan sondaj sektöründe daha

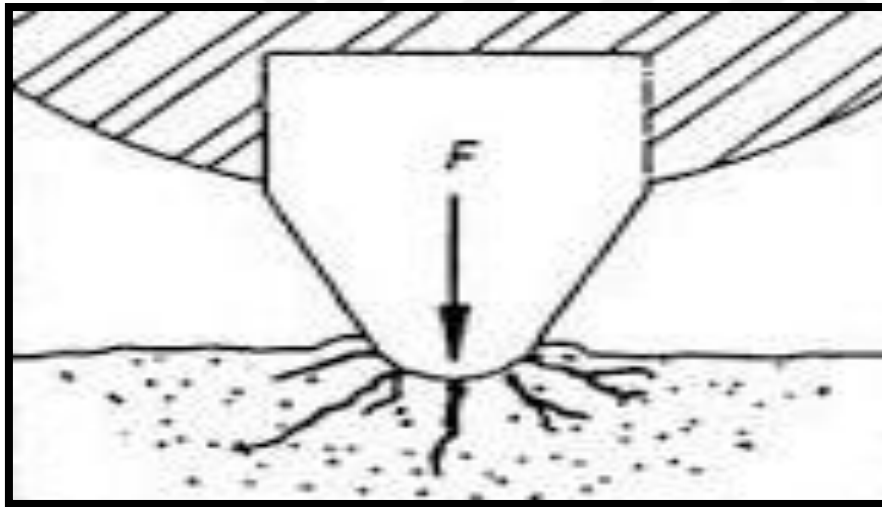
yaygın bir şekilde kabul görmektedir [24, 25]. Döner konlu matkapların operasyonel açıdan en kayda değer özelliği sondaj esnasında yönlendirilebilir ilerleme ve yön tayinlerinin PDC matkaplara nazaran daha kolay sağlanabilmeleridir. Bu sebeple döner konlu (roller cone) sondaj matkaplarının tasarımı hafife alınmayacak derecede önem arz etmektedir. Kendi eksenleri/rulmanları etrafında dairesel hareket yaparak dönen konilerden meydana gelmektedir. Döner konlu sondaj matkapları 2, 3 ve 4 kon sayısından oluşabilmektedir. Fakat; sektörde en fazla rağbet görenleri 3 konlu (tricone) matkaplardır. Bunların yanısıra özel operasyonlar için tek konlu sondaj matkapları da imal edilebilmektedir [25]. Dönen konların üzerine oturduğu bilye yataklarına sahip, genellikle 2 veya 3 adet döner konları olan sondaj matkaplarıdır. Şekil 2.12 ve 13’de matkap üzerindeki konların mekanik yapısı gösterilmektedir. Sondaj ve operasyonlar sırasında yukarıdan uygulanan ağırlık (Weight On Bit) vasıtasıyla formasyonları ezme yoluyla çatlatıp ayırarak sondajı gerçekleştirirler (Şekil 2.12). Bu açıdan, sabit başlı (fixed cutter) matkaplara göre, daha tonajı yüksek matkap ağırlığında çalışma gereksinimi duyarlar. Çamur Motoru ile sondaj uygulamalarında kullanılmak üzere üretilen tipleri de bulunmaktadır. Fakat, hareketli konlar dolayısıyla, yüksek devirlerde (RPM) çalışmaya dayanıklı değildirler. Bu tarz dezavantajın yanı sıra, ayrı şekilde konlarının dönebiliyor olması, sondaj operasyonları sırasında sıkışma olasılıklarını en aza indirmektedir [1].



Şekil 2.12. Döner konlu (roller cone) matkaplar ve yapısı [26]



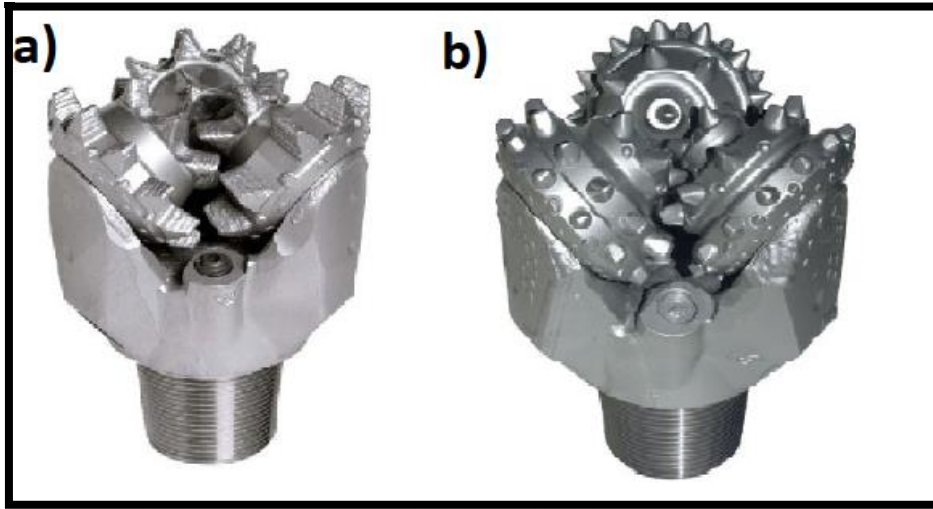
Şekil 2.13. Döner konlu matkapların kon yapısı [27]



Şekil 2.14. Baskı kuvveti ile çatlatma ve kazıma işlemi [28]

Döner konlu (Roller Cone) matkapların kon hareket işleyişinde konlar bünyesinde birden fazla hareketli malzeme bulundurduğundan dolayı, teknolojik bakımdan daha ileri ve dayanıklı ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu teknolojik malzemeler büyük çapa sahip sondaj matkaplarında silindirik rulmanlı ve daha küçük çapa sahip matkaplarda ise sürtünmeli yatak olmak üzere iki tipte kullanılmaktadır (Şekil 2.13). Bu kon yataklarının çapa karşı korumalı olanı veya olmayanı ve ayrıca sızdırmazlık açısından da sızdırmaz olup veya olmayan tipleri mevcuttur [1]. Sektörde kullanılan döner konlu (Roller Cone) sondaj matkapları diş tipi dolayısıyla standart (milled tooth cone) tip ve insert (tungsten carbide

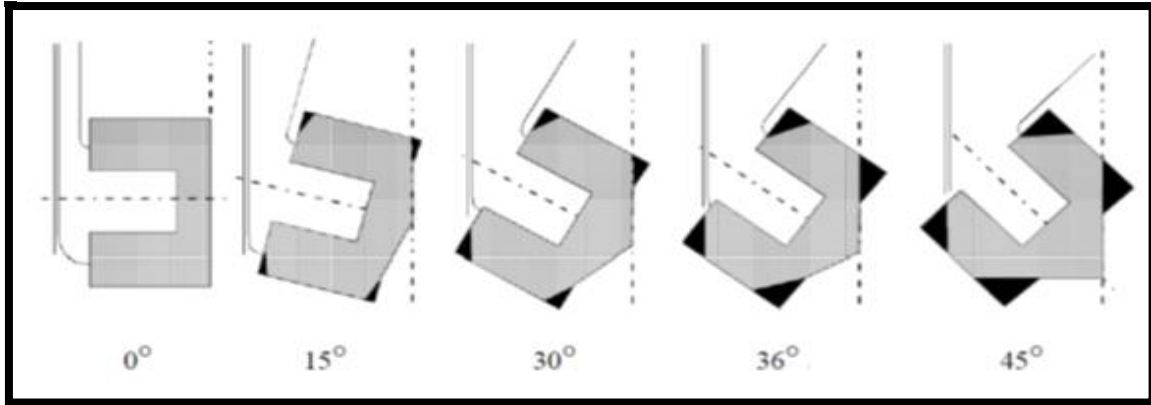
cone) tip matkap olarak iki sınıfta değerlendirilmektedir. Şekil 2.15. b’de görüldüğü üzere insert tipi sondaj matkaplarında dişler konlara daha sonradan vidalanarak ya da çeşitli şekillerde tutturulmuştur. Sektörde genel olarak derin kuyularda ve sert litolojiye sahip formasyonlarda kullanılırlar. Şekil 2.15. a’da da görüleceği üzere standart tip matkaplarda dişler imalatı yapılmış olan koniye daha sonradan oyuklar açılarak şekillendirilmiştir. Genel olarak yumuşak litolojiye sahip formasyon ve sığ sondajlarda kullanılmaktadırlar [29].



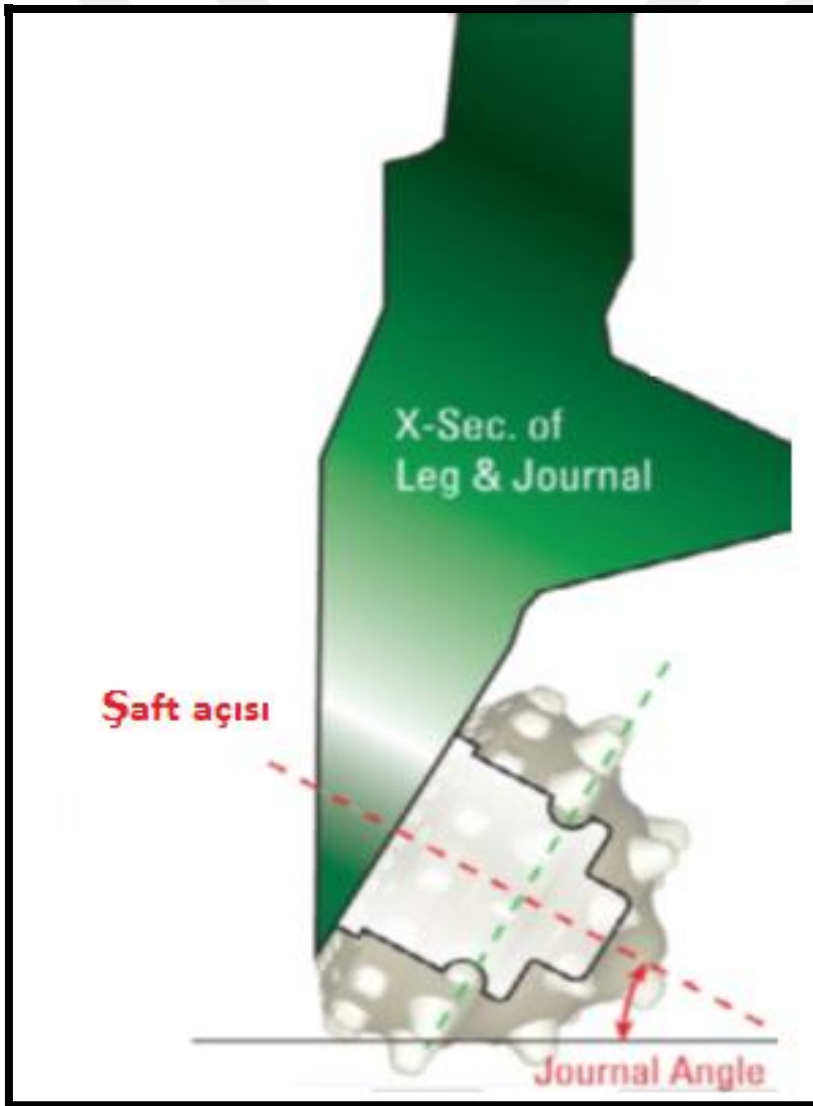
Şekil 2.15. a) Standart matkabın kesici diş tipi, b) insert matkabın kesici diş tipi [10]

2.3.1. Matkabın tasarımı

Döner konlara sahip sondaj matkaplarının tasarımı için konlar, rulman yağlama sistemi, matkabın gövdesi, aşınmaya karşı hassasiyeti ve çap ölçüsü dikkate alınması gereken en önemli değişkenleridir. Döner konlu (Roller Cone) sondaj matkaplarının ana dizayn niteliklerinden biri de şaft yatağının açısıdır [29]. Döner konlu matkabın şaft yatağının açısı, yatağın horizontal yüzeye referans bir eksenin oluşturduğu açıdır (Şekil 2.16). Şaft yatağının açısı, konların büyüklükleri üzerinde direkt olarak etkilidir. Şaft açısının yükselmesi ile beraber konilerde aynı oranda küçülme oluşur. Şaft yatağı açısı formasyonun litolojik yapısına bağlı olarak, yumuşak litolojiye sahip formasyonlar için - (Şaft yatağı açısı 45°) – konların formasyona daha fazla penetre olmasını, orta derece sert litolojiye sahip formasyonlar için - (Şaft yatağı $34^\circ-36^\circ$) - kesici işlemin azalmasına bağlı olarak, sert formasyonlar için - (Şaft yatağı açısı $0^\circ-15^\circ$) kırma işleminin daha da azalmasına sebep olur [29].



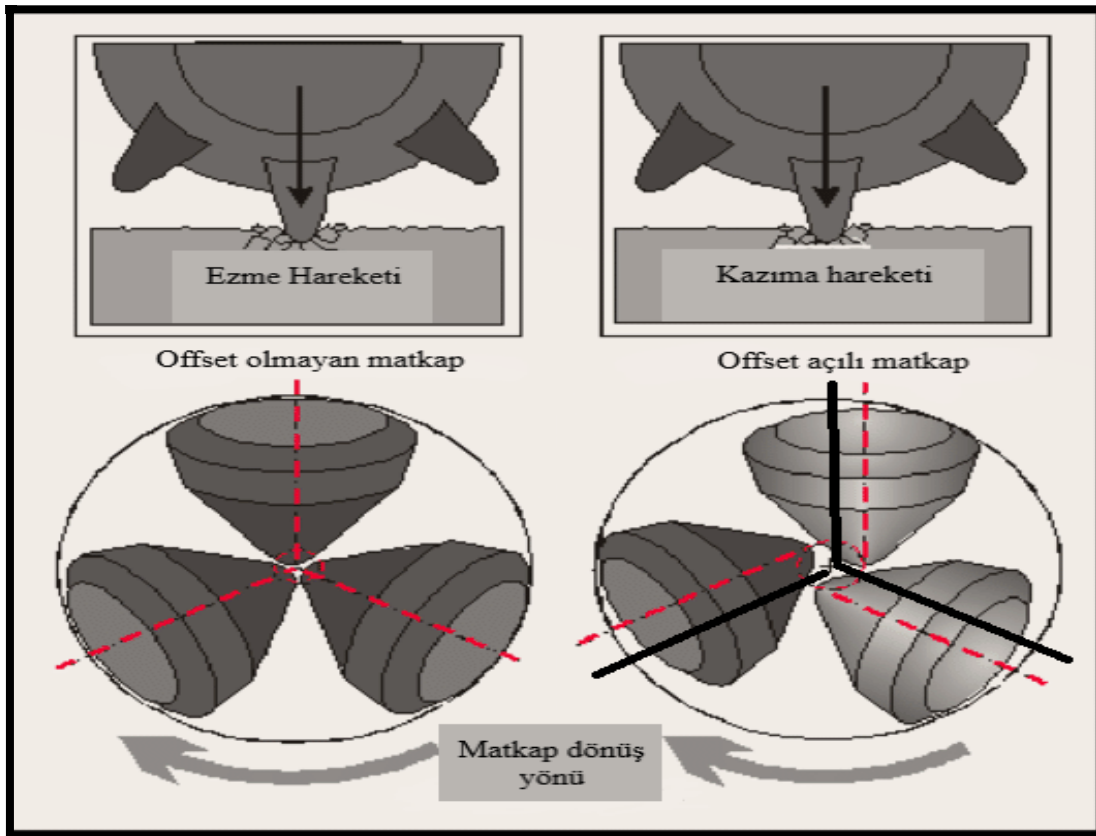
Şekil 2.16. Tricone matkaplarda şaft yatağı açılarının litoloji sertliğine oranla değişimi [29]



Şekil 2.17. Şaft yatağının açısı (journal angle) [30]

Döner konlu (Roller Cone) sondaj matkabının üç konisinde dönme ekseninin ve matkap

dönüşünün ortasındaki referans bir noktada kesişmediğinde, döner konuların birbirlerine göre offset olduğu anlaşılır. Sondaj matkabının orta eksenini ile konuların üzerinde olduğu yatak eksenini arasındaki dik mesafedir. Kayma derecesi ise, konuların eksenini üzerinde herhangi bir noktadan matkabının dönüş merkezine olan dik mesafe olarak belirlenir. Formasyon ve litolojisinin sertleşmesi offset değerini azaltıcı yönde etki etmektedir (Şekil 2.18) [29].



Şekil 2.18. Tricone matkap offset [31]

2.3.2.. Üç konlu (tricone) matkapların IADC kodlaması

IADC (Uluslararası Sondaj Mühendisleri Birliği), Sondaj matkaplarının dizayn şekillerine ve uygulama bilgilerini sınıflandırmak için bir kıyaslama çizelge sistemi belirlemiştir. Döner konili (Roller Cone) ve sabit uçlu (Fixed Cutter) sondaj matkapları için sınıf bazında ayrı ayrı sistemi bulunmaktadır. IADC döner kona sahip matkap sınıflama prosedürü, standart insert ve döner konlu tip sondaj matkaplarının tanımlanmasında kullanılan standardın adıdır [32]. Bu kodlama standardı esansiyel uygulama ve dizayn ile alakalı kriterler temelinde oluşturulmuştur. Hali hazırda kullanımda olan versiyonu 1992 Yılında

duyuruldu. SPE (Society of Petroleum Engineers) kontrolünde sondaj matkabı imalatçıları ortaklığına dayalı şartlar eklenmiştir [33]. IADC kodlaması dört haneli (A harfi sertlik serisini (Hardness Series), B Harfi: Matkabın Tipini (Type); C Harfi, rulman ve çap korumasını (Bearing Gauge Protection), D Harfi: özellik kodunu (Feature Code) belirtmekte olup matkabın tasarımsal olarak kullanılabilmesi formasyonu ve litolojisi ile ilgili rakam ve harflerdir (Çizelge 2.3). IADC kodundaki ilk üç hane her zaman rakam olup son karakter harf belirtmektedir. İlk hane konda bulunan dişlere göre sondaj matkabının tip özelliğini, ikinci hane formasyon-litoloji sertlik derecesini, üçüncü hane rulman yatak/gövde (çap) korumasını, rakamsal olarak 1 ve 7 arasındaki sayıları alarak, yatak/rulman tasarımını ve gövde (çap) koruması olup olmadığını ifade etmektedir. Dördüncü hane ise sondaj matkabının diğer özelliklerini belirtmektedir [6]. Dördüncü harf (D, feature code) ifade eden kodlar [1]. A Harfi: havalı sondajı, matkapta ise hava ile soğutma yapı bir döngüsel sistem olduğunu belirtir (Çizelge 2.4). B Harfi: matkabın rulmanlarının özel sızdırmazlık elemanını, matkabın sondaj sırasındaki özel uygulama avantajlarına sahip olduğunu (yüksek devir sayısı v.s) sağlayan bir çeşit sızdırmazlık özelliğidir. C: merkezi jet: matkap hidrolik enerjisinin kuyu dibinde daha orantısız dağılımını sağlamak amacıyla büyük çaplı sondaj matkaplarında kullanılmaktadır. D: Sapma Kontrolü: Sondaj esnasında dizinin sapma derecesini minimuma indirmek özel kesici yapı tasarımını belirtmektedir. E: Uzatılmış Jetleri, özellikle yumuşak litolojiye sahip formasyon sondajlarında i kuyu dibinin daha iyi temizliği için kullanılabilmesini belirtir. G: Yanak ve Gövde Korumasını, Sıcak su sondajları ve yönlü sondaj gibi spesifik, kuyudibinde normalden fazla deformasyona sebebiyet veren ortam koşullarında, rulman yatakları ve gövdesinin korumalı olduğunu belirtmektedir. H: Yatay olarak ve yönlü Sondajlarda kullanılabilmesini, özellikle yatay (Horizontal) ve yönlü (Directional) sondaj operasyonlarına özel tasarlanmış olduğunu ifade etmektedir. J: Saptırma Jetini, yumuşak formasyonlarda kuyuyu saptırmak için kullanılan özelliğini ifade eder. L: Ek Gövde Koruması: Aşındırıcı (Abrasive) litolojiye sahip formasyonlarda ve yönlü (Directional) sondajlarda kullanılan matkapların ilave gövde koruması olduğunu ifade eder. M: Kuyu Dibi Motorunu, mud motoru ile kullanılabilen özelliği olduğu anlamına gelmektedir. S: Standart çelik dişli matkap, standart (Milled Tooth) matkabı belirtmektedir. T: İki Konili Matkabı, özel sondaj durumlarında kuyunun sapma derecesi kontrolü için kullanılabilmesi anlamına gelir. W: Yüzeyi iyileştirilmiş kesici elemanı, X: Kesici dişlerin büyük yoğunluğunun keski şeklindeki insert (Chisel Tooth Insert) diş olduğunu belirtir. Y: Koni şeklindeki insert matkap dişlerinin olduğunu belirtir. Z Harfi: Diğer tiplerdeki

2.3.3. Üç konlu (tricone) sondaj matkaplarının IADC değerlendirilmesi

1980’li yıllarda IADC, kullanılmış olan döner konili (Roller Cone) matkapları değerlendirmek için derecelendirme sistemini yenileyerek daha da detaylandırmıştır. Yenilenen IADC değerlendirmesi, matkabın kullanımdan sonraki kalan kesme diş şeklini, taşıma şartını ve gösterge durumunu tanımlayan 8 karakterlik kodlama sistemiyle ifade edilmektedir [19]. Matkabın kullanım sonrası aşınma durumunun sistematik ölçümü, matkabın performansının kıyaslama değerlendirilmesi, matkap data/offset birikimi ve matkabı dull bit grading sistemi ile puanlandırmak amacıyla geliştirmiştir. Çizelge 2.5’te gösterildiği üzere bu prosedürde matkabın körelmesi, tahrip olması ve tahribatın matkabın neresinde olduğu ile alakalı 8 özellik, 8 sırada gösterilmektedir. IADC değerlendirme sisteminde ilk 4 karakter kesici yapısıyla alakalıdır. Bu harfler sırasıyla: iç taraf dişlerin aşınması (I), dış taraf dişlerin deformasyonu (O), matkap genelindeki baskın aşınma tipini (D) ve son olarak aşınmanın matkap üzerinde hangi kon ve lokasyonda olduğunu (L) harfi göstermektedir. 5. Karakter sondaj matkabının yataklarının/rulmanlarının mekanik ve aşınma durumunu (B), 6. karakter ise çap ölçü düşmesini/aşınmasını (G) gösterir. 7. karakter matkapta oluşmuş olan bir başka aşınma durumu olduğunda (O) belirtmektedir. Son olarak 8. harf matkabın kuyudan manevra nedeni (R) göstermektedir [34].

Çizelge 2.5. IADC değerlendirme kodlaması [35]

Matkabın Kesici Yapısı				Yatakları	Çapı	Düşünceler	
1	2	3	4	5	6	7	8
I	O	D	L	B	G	O	R
Matkabın İç dişleri	Matkabın dış dişleri	Aşınma şekli	Aşınma olan yer	Kon Yatakları/ Sızdırmazlıklar	Çaptaki aşınma	Diğer kısım aşınma	Çıkış sebebi

6. (G) kolonda matkabın çap aşınmasını ölçüsel olarak, 1 ve 16 arasındaki bir aralıkta Çizelge 2.5’te görüldüğü gibi ölçülendirilir. Hiçbir aşınma gözlenmeyen matkaba çapında (In Gauge) anlamını karşılayan I harfi kodlanır. Değerlendirmesi yapılmış olarak verilen sayı ise 16’ya bölünerek, matkabın çap ölçüsünün kaç inç azaldığı belirlenebilmektedir. Şekil 3.18’de gösterildiği gibi üç kona sahip matkapların çap ölçümü, tam çap bir çemberin matkabın iki konuna dayandırılarak üçüncü kon ile çember arasındaki dik mesafenin ölçülmesi ile bulunmaktadır. Ölçümü yapılmış olan bu sayının 3’te 2’si alınarak, kuyudan çıkarılan sondaj matkabının kaçta kaç oranında çaptan düştüğü bulunur ve bulunan bu

sayının 16 katı alınarak 6. sıraya yazılır [35]. Yenilenmiş olan IADC değerlendirme sistemi, hem sabit başlı (Fixed Cutter) sondaj matkapları için hem de döner konlları (Roller Cone) olan sondaj matkaplarında oluşan belirli aşınma tipleri için karakteristik göstergeler barındırır ve matkabın kuyudan çıkarılma sebebini içerecek şekilde dizayn edilmiştir. Yeni tipteki IADC değerlendirme sisteminin kısaltmalarının olduğu şablon Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7’de açıklamalı olarak gösterilmiştir [19]. Konilerin aşınma lokasyonları belirlenirken saat yönüne göre uzun ve merkeze bakan dişe sahip kon 1 numara olarak belirlenerek devam edilir.



Şekil 2.19. Döner konlu (a) ve sabit başlı (b) matkaplar için çap aşınması ölçümü ve hesabı [35, 36]

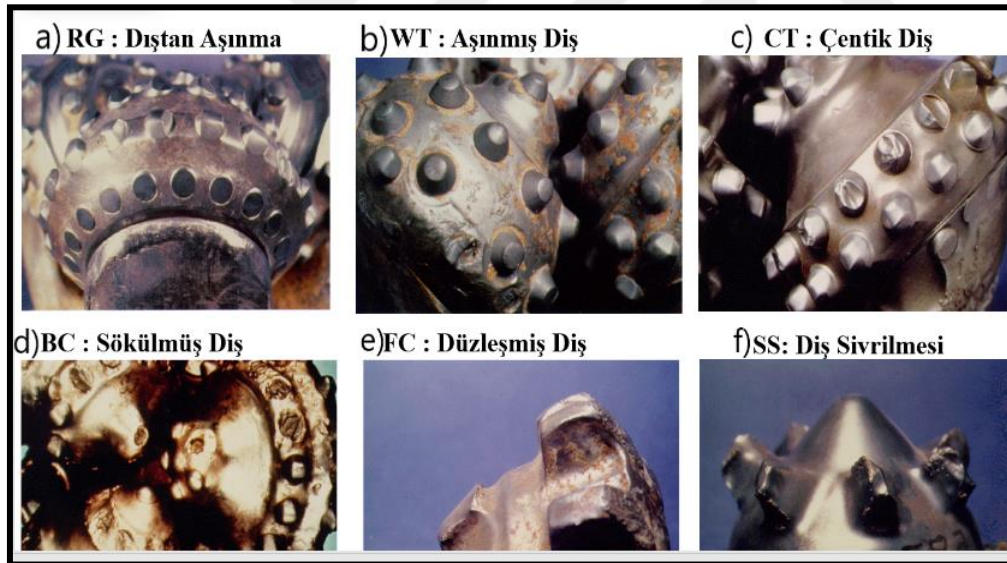
Çizelge 2.6. Üç konlu matkabın deformasyon tipleri ve bunların adlandırmaları [35]

Matkapta Oluşan Körelme Tipi			
BC	Matkapta kırık kon	NO	Tahribatın olmaması
LC	Konların düşmesi	LT	Diş düşmesi
BU	Matkabın sarması	LN	Nozzule düşmesi
CC	Konlarda çatlak	OC	Merkezkaç aşınma
CT	Dişte çentikleşme	PB	Bacakların hasar alması
CI	Konların sürmesi	SD	Etek kısmında hasar
CR	Ortası düşmüş kon	RG	Kon kenarında kabaklaşma
HC	Isıya bağlı çatlaklar	PN	Nozul tıkanması
ER	Erozyon oluşması	SS	Dişin kesilmesi
FC	Dişlerde düzeleşme	TR	Kon gevşemesi
CD	Kon kilitlenmesi	WT	Dişlerin aşınması
JD	Junk tahribatı	WO	Çamur oyuğu oluşması
BT	Konlarda kırıklı diş		

Çizelge 2.7. Matkabın kuyudan çıkarılma nedenleri ve adlandırmaları [35]

Matkabın Çekilme Nedeni			
DP	Tapa sondajları	FM	Formasyon değişimi
CM	Çamurun ıslahı	LIH	Malzemenin kuyuda kalışı
DSF	Sondaj dizisi hasarı	PR	İlerleme hızında düşme
DMF	Çamur motoru arızası	PP	SPP’de düşme
BHA	BHA’nın değişimi	LOG	Log operasyonu
CP	Karot operasyonu	RIG	Kuleden kaynaklı arıza
DST	DST Operasyonu	TW	Takımın sökülmesi
DTF	Kuyu aletlerinde arıza	TQ	Matkap veya dizide tork
HR	Matkabın çalışma saati	TD	Hedefe ulaşılması
HP	Kuyu stabilite sorunları	WO	Sondaj dizisinde delinme

Döner konlu (Roller Cone) matkapların körelme tiplerine Şekil 2.20’de örnekler gösterilmektedir.



Şekil 2.20. a) Diştan aşınma, b) Aşınmış diş, c) Çentik diş, d) Diş sökülmesi, e) Dişlerin düzleşmesi, f) Diş sivrilmesi [35]

2.4. Sabit Başlı (Fixed Cutter) Matkaplar

Petrol, doğalgaz ve jeotermal sondajı esnasında en çok korkulan durumlardan biri de matkabın kon veya dişlerinin sondaj sırasında koparak kuyuya düşmesidir. Bu sebeple mukavemeti daha yüksek matkap tipi üretilmeye çalışılmıştır. 1950’li yıllarda sondaj matkaplarının dayanıklılığını artırmak amacıyla geliştirilen elmas uç matkaplarda

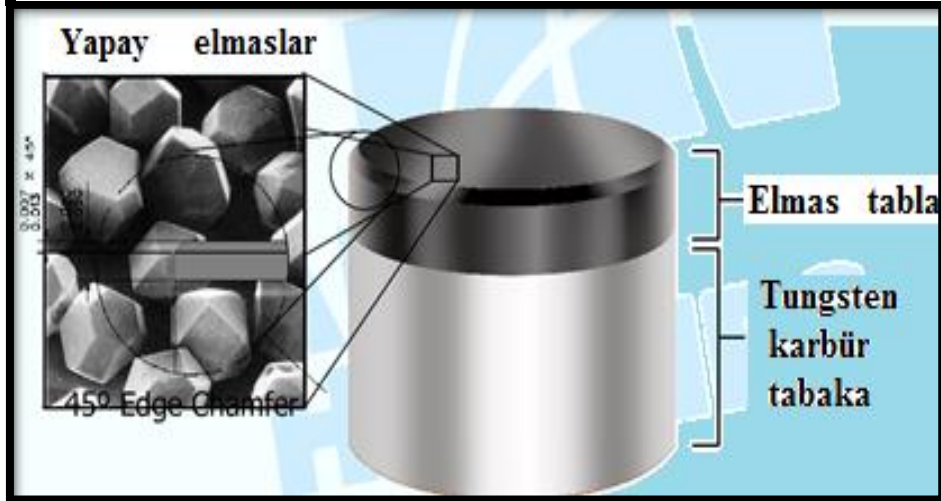
kullanılmaya başlanmıştır. Sondaj sırasında kuyu stabilitesi ve güvenliğinin en önemli kıstaslarından birisi de kullanılan matkapta mümkün olduğunca hareketli parçaların azaltılmasıdır [29].

Sondaj sektöründe kullanılan sabit başlı (Fixed Cutter) matkaplar, sap (shank), matris ve elmas (Kesici yapı) olmak üzere üç temel kısımdan oluşur (Şekil 2.21). Sabit başlı matkapların sondaj esnasında aşınmaya karşı dayanıklı olmasına rağmen, dikey/yatay darbelere ve vibrasyona karşı o derece hassaslardır. Bu sebeple, elmas uçlu sabit başlı matkapları kullanılırken operasyon parametrelerine ve matkab kullanım talimatlarına harfiyen uyulmalıdır. Elmas uçların montelendiği veya empre edildiği ve matris malzemesinin ısı artışını ve matkabın sarmasının (Balled Up) önüne geçilmesi için sondaj operasyonu süresince etkili sirkülasyonu optimum hidrolik değerlerde devam ettirmek büyük öneme sahiptir [6].

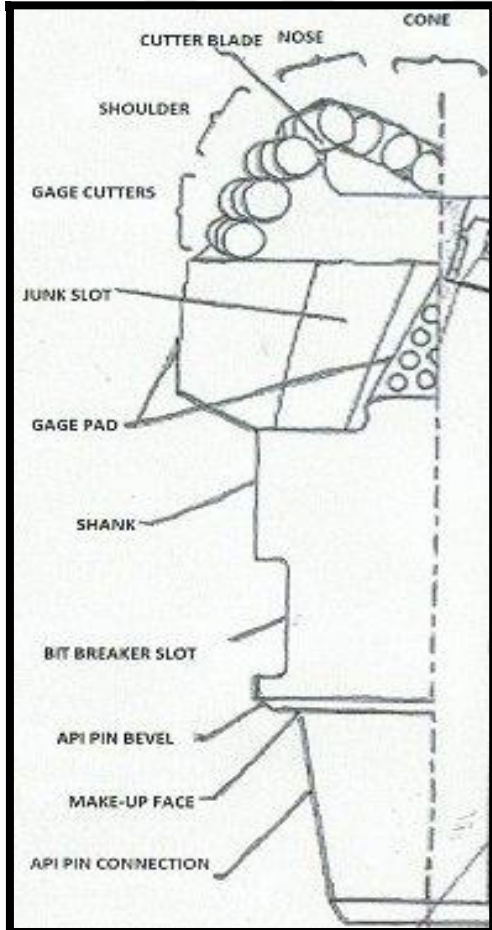


Şekil 2.21. Sabit başlı (fixed cutter) matkap yapısı [1]

Şekil 2.22’de görüldüğü gibi matkabın gövde kısmının üzerinde kesici bıçaklar (cutter blade) oluşturulmuş olup, matkabın kesici dişleri bu bladelerin üstüne farklı şekil ve açılarda montelenmiştir. Bıçaklar pozisyonel olarak birbirlerine belli bir mesafe imal edilirler (Water Way) ki bu durumda çamurun oluklardan akışına müsaade ederek, kuyu temizliğinin optimum düzeyde yapılmasına olanak sağlar. PDC (Polycrystalline Diamond Cutter) maddesi, yüksek sıcaklık (2700 °C-2800 °C) ve yüksek basınç altında üretilirler [1]. Sabit dişler, elmas uçların, tungsten karbit (Tungsten Carbide Substrate-temel) üstüne kobalt ile bağlanmasıyla üretilir (Şekil 2.23). Bir kobalt metalinin alaşım katalizörlüğüyle de karbit ve PDC uçlar birbirine yüksek mukavemetle birleştirilir.



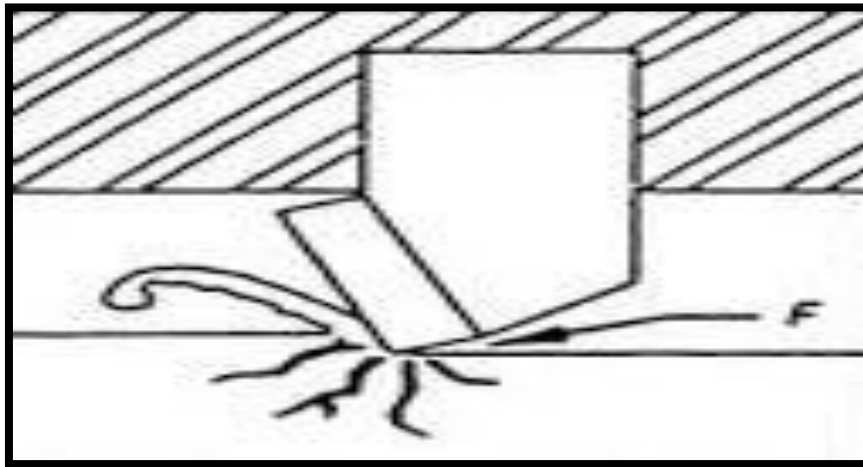
Şekil 2.22. Polikristalin elmas kesici (PDC) yapısı [5]



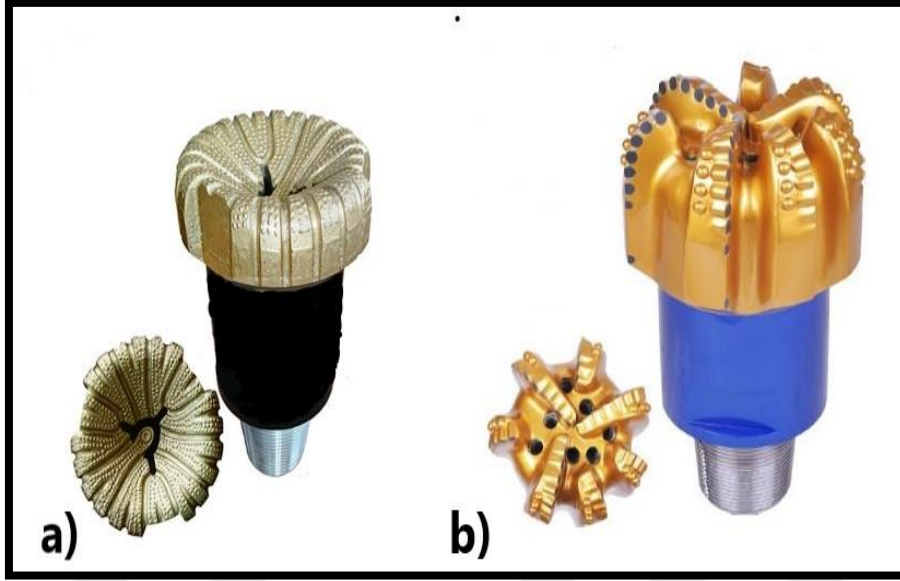
Şekil 2.23. Polikristalin elmas (PDC) matkabın yapısı [5]

Sabit başlı (Fixed Cutter) matkapta, konlu matkaplarda bulunan hareketli konların yerine, matkabın kendi gövdesine yekpare bir şekilde olan hareketsiz bıçaklar (blade) bulunmaktadır (Şekil 2.24, b). PDC (polycrystalline diamond compact), elmas (diamond)

ve emprenye edilmiş tarzında sınıfları bulunmaktadır. Şekil 2.24’de görüldüğü gibi sabit başlı matkaplarda kesici uçlar shearing (kesme) ile (kayayı çatlatarak sıyırlar) sondaj yaparlar. Döner kona (Roller Cone) sahip matkaplara nazaran, operasyon sırasında matkap üzerine daha az yük gerektirirler, döner konlu matkaplara göre, yüksek devir isterler fakat mümkün olduğunca sondaj sıvılarıyla iyi soğutulmalıdırlar. Yapıları gereği hareketli parçalardan oluşmadığından, sondaj sırasında sıkışma olasılıkları daha yüksektir. Sabit başlı matkaplarda, konlu matkaplardaki döner konların aksine, matkap gövdesi ile yekpare bütünleşik olan hareket etmeyen kesici uçların üzerinde olduğu bıçaklara sahiptir. Doğal elmadan yapılmış matkaplar, elmas parçalarının emprenye edildiği emprenye, Isıya dayanıklı (Thermally Stable PDC) ve Polikristalin Elmas Matkap (polycrystalline diamond compact) olarak dört temel çeşidi bulunmaktadır (Şekil 2.25). Sondajı kesme hareketi (Formasyonu çatlatıp sıyırarak) ile yaparlar. Sabit başlı matkaplarda konlu matkaplara nazaran kesici uçların kazıma ve sürüklenme hareketleri sebebiyle, daha az yük (WOB) ihtiyacı duyarlar, konlu matkaplara göre sondaj sırasında daha çok devir (RPM) ile çalışırlar, deformasyon karşı darbelere ve ısınmaya karşıda iyi bir şekilde soğutulmalıdırlar. Bu sebepler dolayısıyla kuyudibi temizliği oldukça iyi yapılmalıdır. Sondaj operasyonları esnasında sıkışma olasılıkları, konlu matkaplara göre daha çoktur. Elmas yapılar matrix yapıya normalde bir yapıştırma ara malzemesi ile yapışmaz. Bir matriks matkap gövdesine, kapsül şeklindeki yuvalar ile tutturulabilmektedir. Kesici özellikteki elmaslar, matkabın delme blade ve formasyon ile temas eden delme özelliği olan kısımlarına montelenmiştir [34].



Şekil 2.24. Sabit başlı (Fixed Cutter) sondaj matkaplarının tıraşlama ve sıyırma işlemi [28]



Şekil 2.25. a) Elmas tipi matkaplar b) PDC matkaplar [37]

2.4.1. Doğal elmas matkabı

Elmas normal şartlar altında Mohs sertlik skalası baz alındığında, doğada bulunan en dayanıklı olan ve bilinmekte olan mukavemeti en yüksek mineraldir. En zor şartlar altında dahi yüksek basınç ve sıcaklığa dayanabilirler (Şekil 2.26). Tabiatta bulunan doğal elmas parçalarıyla imal edilmiş olan matkapların sondaj esnasında, kuyu şartlarında oluşan yüksek sıcaklık değerlerine karşı ısı değerine paralel olarak hassaslaşabilmektedirler. 503° C ila 800 °C arasındaki sıcaklıklarda elmaslar kimyasal tepkimeye girerek oksitlenir ve ortalama olarak 1450 °C sıcaklıklarda grafit allotrobuna dönüşmeye başlarlar [29]. Bu sebeple doğal elmaslarla üretilen matkapların en uygun şekilde çamur sirkülasyonu ile soğutulmaları ve yüksek nozzle jet hızlarında kuyu dibi temizliğinin en optimum değerde yapılması şarttır.



Şekil 2.26. Doğal elmas tipi matkap [38]

2.4.2. Emprenye elmas matkaplar

Matkabın ana gövdesi, suni olarak elde edilmiş sentetik elmaslarla tungsten karbür matrisi içerisinde emprenye edilerek meydana getirilmiştir (Şekil 2.27). Kuyu şartlarındaki aşınmaya, yüksek basınçlara ve ısıya karşı dayanıklıdır. Dolayısıyla sondajı zor ve yüksek derecede deformasyona sebebiyet verebilecek çok sert formasyonların sondajında emprenye edilmiş matkaplar kullanılmaktadır [29]. Tungsten karbür malzemesi, yıpranmaya karşı ve aşınmaya dayanıklılığı dolayısıyla kullanılmaktadır [36]. Sondaj yapılacak formasyonun heterojen ve aşındırıcı litoloji oranı fazla olduğunda, elmas emprenye edilmiş matkap kullanıldığında, döner konlu ve PDC matkaplara oranla daha iyi performans gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca, kullanılan matkap çeşit ve sayısında da düşme gözlenmiştir [38].



Şekil 2.27. Emprenye elmas matkap [39]

2.4.3. Isıya karşı dayanıklı (TSP) matkaplar

Sondaj esnasında kesme ve sıyırma işlevi ile delme işlemini üstlenen, formasyonla doğrudan etkileşim halinde olan ekipman ve en çok sıcaklığa maruz kalan malzeme matkaptır. Bu durum da matkabın ömrünün kısalmasına ve aşınmasına neden olan en temel sebeplerdir. Bu nedenle mohs sertlik aralığına göre sert ve aşındırıcı (Abrasive) formasyonların sondajı için Isıya karşı dayanıklı (TSP, Thermally stable PDC) matkaplar imal edilmiştir (Şekil 2.28). Isıya karşı dayanıklı (TSP) tip matkaplar, PDC tarzındaki matkapların sıcaklık etmenine karşı dayanıklılığının arttırıldığı bir matkap çeşididir. Oluşum yapılarında ısıl direnci azaltan inert madde bulunmamaktadır. TSP matkaplar normal şartlar altında 875 °C dolaylarına kadar sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterebilmektedirler. PDC tip sondaj matkaplarının, kuyu dibi koşullarında ısının artmasıyla kullanılmadığı aşındırıcı ve sert litolojilerde Isıya karşı dayanıklı matkap (TSP) kullanımı daha uygun bulunmaktadır [29, 34].



Şekil 2.28. Isıya karşı dayanıklı (TSP, Thermally stable PDC) matkap [40]

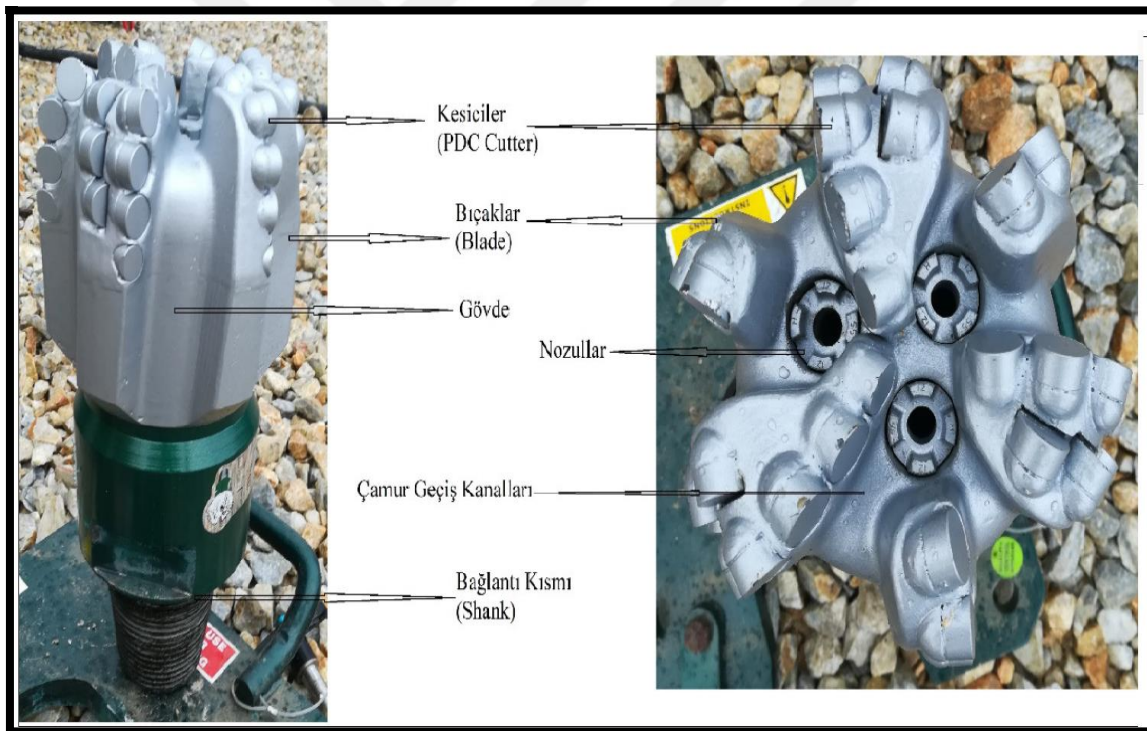
2.4.4. Polikristalin elmas kompakt matkap (PDC)

Suni olarak üretilen kesici uç olarak birden fazla yapay elmas tanesi (polikristal) kullandığından dolayı PDC matkap adı verilen bu tip matkaplar, ilk üretildiği tarih olan 1976 yılından beri süreç boyunca sondaj sektöründe oldukça popüler olmuşlardır [41]. 1980'li yıllarda faaliyet gösterilen sondajların sadece %2 civarında PDC tip matkap kullanımı görülüyorken, bu değer 2010 yılına %65'lere kadar yükselmiştir. PDC tip matkaplar petrol ve jeotermal sondajların yanısıra, doğal gaz sondajlarında da sıkça kullanılmaktadırlar [42]. Yumuşak formasyondan sert litolojideki birçok formasyon kompozisyonunda kullanılabilirler. Temel hatlarıyla ana gövde, kesici yapıdaki dişlerin montelendiği, gövdeye sabitlenmiş sabit bıçaklar (blade) ve bağlantı (Shank) kısımlarından meydana gelirler (Şekil 2.29).

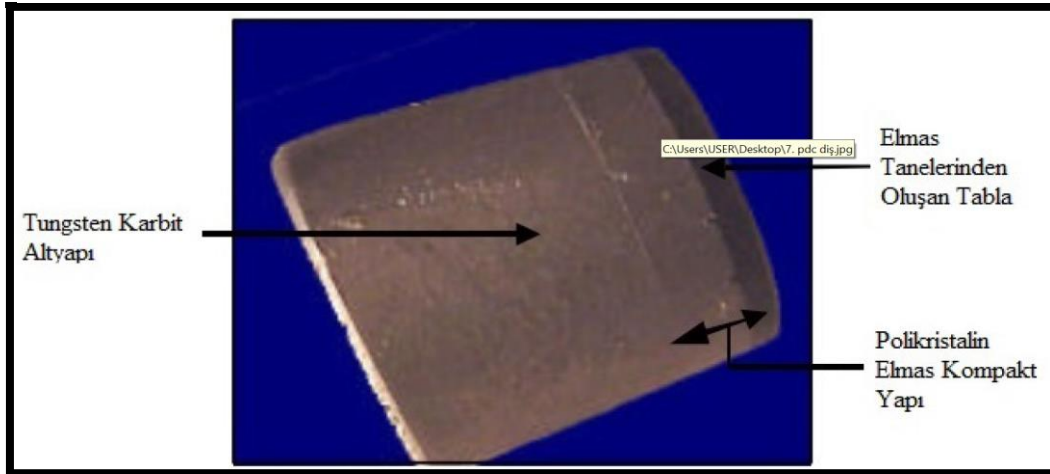
PDC matkabın gövdesi eğer, tungsten karbit'ten imal edilmiş ise, bu tip gövde tipine matrix gövde, mukavemeti yüksek alaşımlı çelikten üretilen gövdeye de çelik gövde denir. Matrix tipindeki gövdeler yıpranma ve aşınmaya karşı çelik alaşımlı gövdelere nazaran daha dayanıklı ve daha fazla kesici diş içerirler. Matrix gövdeli matkapların aksine çelik gövdeli matkapların tamir edilme olanaklarından dolayı, bu açıdan avantajlıdırlar. Çelik alaşımlı gövdeye sahip PDC matkaplar sondaj sırasında oluşan darbelere karşı daha

dayanıklı ve bıçak (blade) ve diş yapıları dolayısıyla ilerleme hızında (Penetration Rate) daha verimlidirler [43].

Suni olarak yapılan kesici elmas dişlerinde, tungsten karbit altyapı ve sentetik elmas tabla kısmı olmak üzere iki yapıdan oluşmaktadır. Yapay elmaslar karbon elementinin yüksek sıcaklık ve basınçta imal edilmektedirler. Kesici uçların altyapısını oluşturan tungsten karbit ve mikro yapılarıdaki suni elmas taneciklerinden oluşan sentetik elmas tabla, aynı şekilde yüksek basınç ve sıcaklık ortamında katalizörlüğünü kobalt bir alaşımın yaptığı birleşim vasıtasıyla birbirine bağlanarak kesici yapıları oluştururlar [41, 42] (Şekil 2.30). Matkap üreticilerinden Schlumberger şirketi, kendi ürettikleri PDC matkaplarda, 1.000.000 psi basınç ve 1.400 °C sıcaklık ortamında bu birleşim prosesini gerçekleştirebildiklerini ifade etmektedirler [39].



Şekil 2.29. PDC matkap [39]

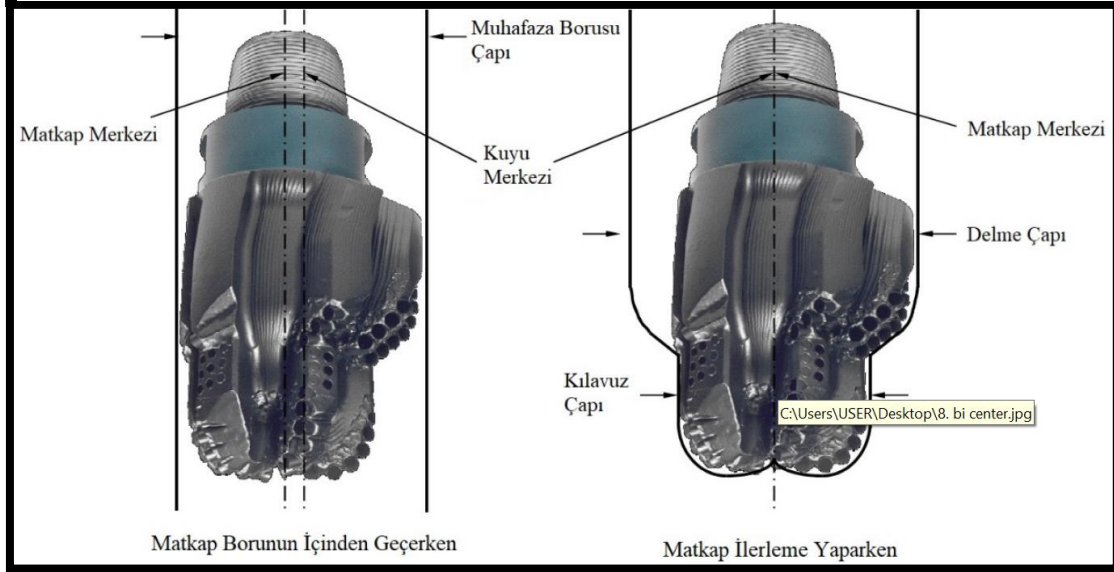


Şekil 2.30. PDC kesicileri [44]

Sentetik olarak üretilen elmas uçların doğal elmasa nazaran sıcaklığa karşı dayanıklılığı daha azdır ve bu sebeple matkabın sondaj esnasında iyi soğutulması elzemdir. Kobalt metali ısıtıldığı zaman, elmas ile kıyaslandığında hacimsel olarak daha fazla genişlemektedir. Bu durum 750 °C ve üstü sıcaklıklarda elmas ile kobalt arasındaki mekanik bağları koparabilmektedir. Dolayısıyla PDC matkapların 750 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda çalıştırılması matkabın dış ömrü açısından sakıncalıdır. Bu gibi olumsuz durumlara karşı, üzerinde asitle muamele edilerek yüksek sıcaklığa dayanıklı sentetik elmas dişler montelenmiş TSP matkaplar imal edilmiştir. Bu matkaplar 1000 °C -1150°C sıcaklıklara kadar deforme olmadan çalışabilmektedirler [45].

2.4.5. İki merkezli (bi-center) matkaplar

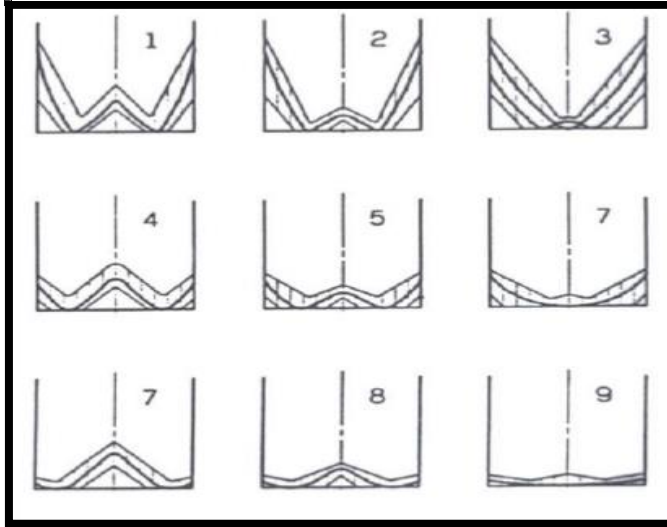
PDC tip matkapların bir diğer çeşidi de iki merkezli (bi-center) matkaplardır. Bu tip matkaplar eksantrik yapıdaki şekilleri sayesinde koruma (Casing) borusundan daha büyük çapta delik açmak için kullanılmaktadır. Bu tipteki matkaplar manevra sırasında muhafaza borusu içerisinden geçerken kuyu ekseninde giderler fakat; sondaj işlemine başladıklarında ise kendi ekseninde ilerlerler. Bu sayede muhafaza borusundan daha geniş çaplarda kuyular kazabilmektedirler (Şekil 2.31) [39].



Şekil 2.31. İki merkezli (bi-center) matkap ve çalışma prensibi [44].

2.4.6. Sabit başlı matkapların IADC sınıflandırılması

Çok sayıda matkap üreten firma tarafından geliştirilen birçok şekilde sabit başlı farklı matkap dizaynı bulunmaktadır. IADC, birçok çeşitte üreticiden elde ettiği sabit başlı matkapları tanımlamak adına döner konlu (Roller Cone) matkapların sınıflandırmasına benzeyen, harflerden ve üç adet rakamdan meydana gelen dört haneli bir kodlama prosedürü (Çizelge 2.8) oluşturdu [24]. IADC kodlama sistemi, formasyonun özelliklerini içerdiği gibi hem de matkaba ait karakteristik nitelikleri de içerir [29]. PDC matkaplarının A, B, C ve D harflerinden oluşan sınıflandırma şeklindedir. Bu dört haneden; 1. Hanedeki A harfi, matkabın imal edildiği malzemeyi, M harfi, matrix gövdeli PDC matkabı, S harfi, çelik (steel) gövde PDC matkabı, D harfi: Doğal elmastan (matrix gövdeli), T harfi, TSP (Thermally Stable PDC, Isıya dayanıklı PDC) matrix gövde tipli matkabı, O harfi, matkabın diğer kısımlarını belirtir. Sınıflandırmadaki 2. Hane (B harfi), dişlerin yoğunluğunu (Litolojik sertlik-cutter sayısı olarak değerlendirilir) gösterir. 1 numara: PDC diş sayısının <30 2 numara: 30-40 aralığında olduğunu, 3 numara: 40-50, 4 numara ise: >50 diş sayısının 50 den fazla olduğunu belirtir. 3. Hane (C): Kesici diş ölçüleri Çizelge 2.8’de gösterilmektedir [34].



Şekil 2.32. Sabit başlı (fixed cutter) matkabın profili [29, 34]

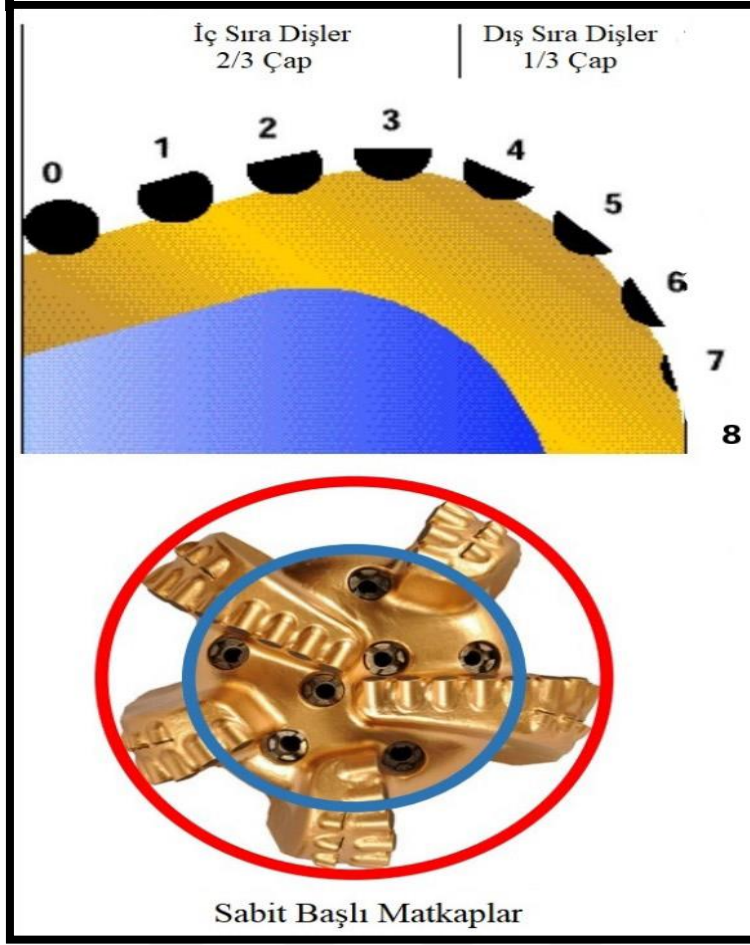
1: >24 mm uzunluğu, 2: 24-14 mm arasındaki uzunlukları, 3: 14-8 mm arasındaki uzunlukları, 4: <8 mm arasındaki uzunlukları belirtmektedir. 4. Basamak (D) ise, matkap profilini ifade etmektedir. 0'dan 9'a kadar olan sayılar kesici boyutunu (cutter size) ve yoğunluğunu belirtir. 0: matkaba empenye edildiği. 1: yoğunluk olarak hafif, boyut olarak büyük, 2: orta yoğunluk, büyük boyut, 3: yoğunluğun ağır olduğunu, boyutlarında aynı oranda büyüdüğünü, 4: yoğunluk olarak hafif, boyut olarak orta, 5: yoğunluk olarak orta, boyutsal olarak da orta, 6: yoğunluk olarak ağır, boyutsal olarak orta, 7: yoğunluk olarak hafif, boyutsal olarak küçük, 8: yoğunluk olarak orta, boyut küçük, 9: yoğunluk olarak ağır, boyutsal olarak küçük olarak kabul edilmektedir. 1: Fishtail (Balık kuyruğu), 2: Kısa (Short Profile), 3: Orta (Medium Profile), 4: Uzun (Log Profile) şeklinde isimlendirilir (Çizelge 3.7).

Çizelge 2.8. PDC tip matkaplar için IADC kodlaması [4]

IADC sınıflandırılması: PDC			
A	B	C	D
Bit gövdesi	Formasyon tipi	Kesme yapısı	Bit profili
M	Matrix	2	PDC, 19 mm
S	Çelik	3	PDC, 13mm
D	Elmas	4	PDC, 8mm
		2	PDC, 19 mm
		3	PDC, 13mm
		4	PDC, 8mm
		2	PDC, 19 mm
		3	PDC, 13mm
		4	PDC, 8mm
		2	PDC, 19 mm
		3	PDC, 13mm
		4	PDC, 8mm
		2	PDC, 19 mm
		3	PDC, 13mm
		4	PDC, 8mm

2.4.7. Sabit başlı (fixed cutter) matkapların IADC değerlendirilmesi

IADC (Uluslararası Sondaj Mühendisleri Birliği), SPE'nin ortaklığında, sondaj matkaplarının problemlerini belirtmek amacıyla sistematik işleyen bir yöntem belirlemiştir. Bu yöntemin esas amacı sondaj matkaplarının datalarının doğru kaydedilmesiyle ürün ve deneyimsel gelişimi kolaylaştırmak ve iyileştirmektir. Bu sistemin adı matkap/diş körelme derecelendirmesi (dull bit grading) olarak da ifade edilmektedir. IADC sistemi, matkapların raporlanması için her yerde geçerli bir prosedür belirlemiştir [6]. PDC tipteki matkaplarda yatak ve rulman bulunmadığından, bu kısım PDC matkaplarda X harfi (Yatak yok anlamında) ile harflendirilir. İç kısımdaki dişler (Innder Rows) 2/3 çap oranında, dış kısımdaki dişler (Outher Rows) da 1/3 oranında çapa tekabül eden kesici sabit dişlerdir. PDC tip matkaplara özel ek aşınma durumları, BF: elmas dişleri tungsten karbit tabaka ile birleştiren kobalt bağlardaki problemi ifade eder, NR Harfleri matkabın tekrar kuyu şartlarına indirilemeyecek kadar kötü olduğunu, RO, matkabın ring out olduğunu, RR harfleri, matkabın kuyuya tekrardan indirilebilir (Rerunable) olduğunu ifade eder. PDC matkaptaki aşınma durumlarının nerelerde olduğunu ise, C hafi, aşınmanın konda (cone), N harfi, burunda (nose), T harfi, taperda, S harfi omuz kısımlarında (shoulder), G harfi ise, çapta (gauge) sorun olduğunu belirtir. Sabit başlı (fixed cutter) matkapların çaptan düşme derecesi, kendi sınıfına özel belirlenmiş bir çap ölçme prosedürü ile belirlenmelidir. (Şekil 3.31). Matkabın İç ve dış bölgesindeki dişlerin durum tarifi ve deformasyonun bulunduğu yere göre IADC değerlendirmesi de farklılık gösterebilmektedir (Şekil 2.33). IADC değerlendirme sistemi dört tip matkap körelme sınıflamasını ele alır. Bunlar: matkabın sahip olduğu kesme yapısı (T), varsa yatakları ve contalar (B), gösterge (Çapta Aşınma) (G) ve açıklamalar (Diğer aşınma ve matkabın çekilme nedeni). Bu sistemin kategorileri ve alt grupları Çizelge 2.9' da gösterilmiştir [34].



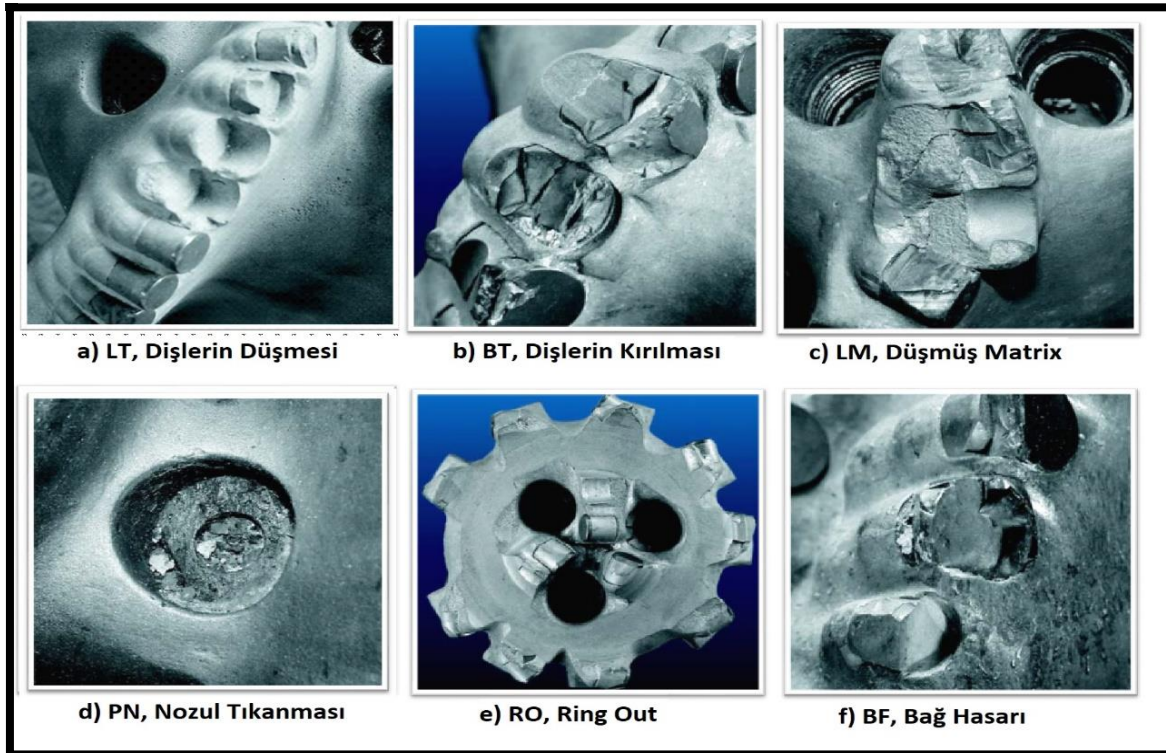
Şekil 2.33. PDC tip matkaplar için kullanılan sistem [46]

Çizelge 2.9. PDC matkaplara ait IADC değerlendirme çizelgesi [1]

Matkabın Kesici Yapısı				Yatakları	Çapı	Düşünceler	
1	2	3	4	5	6	7	8
I	O	D	L	B	G	O	R
İç bölge 2/3 Çap	Dış bölge 1/3 Çap	Körelm e tipi	Körelm e yeri	Yatak Sızdırmazlığı	Çap aşınımı	Diğer hasarı	Çekme nedeni

Sabit başlı matkapların derecelendirilmesi için oluşturulmuş olan bu sistem, doğal elmaslardan yapılmış, sıkıştırılmış polikristalin yapıdaki elmas matkaplar (PDC), sıcaklığa karşı dayanıklı (TSP) elmas, kesici uçları (elmas) empenye haldeki matkaplar için geçerlidir. Konlu matkapların IADC değerlendirilmesine benzeyen sekiz çeşit özellik içermektedir. Değerlendirmedeki ilk dört harf, körelmenin derecesinin türü, boyutu ve lokasyonunun tahmininde kullanılır. Değerlendirmenin beşinci sırasında, eğer matkapta rulman var ise aşınma ve genel durumunu belirtmek amacıyla kullanılır fakat; sabit başlı (fixer cutter) matkaplarda rulman yapısı bulunmadığından değerlendirilmez. Bu kısım sabit

başlı matkap değerlendirmelerinde daima X olarak yazılmaktadır. Altıncı sıra, matkabın çapındaki düşüşü derecelendirmek için kullanılır. Son iki yedinci ve sekizinci özellik ise, matkabın diğer tip aşınma durumlarını ve matkabın kuyudan çıkarılma nedeni hakkında ek bilgiler içermektedir. Diş yapılarının aşınma durumlarını derecelendirmek amacıyla 0'dan 8'e kadar lineer bir aralık ile belirtilir [34]. Sabit başlı matkapların körelme şekillerine örnekleri Şekil 2.34'de görülmektedir.



Şekil 2.34. a) Dişlerin düşmesi (Lost Teeth, b) Diş kırılması c) Matrix deformasyonunu d) Nozul tıkanması (Plugged Nozzle), e) Matkabın Ring out olması, f) Bağ hasarı (Bond Failure) [35]

2.5. Hibrit (Melez) Matkaplar

Hibrit (Melez) matkaplar döner konlu (Roller Cone) ve PDC matkapların birleştirilmesi ile üretilmiş bir matkap çeşididir (Resim 2.3). Döner konlu matkabın kuyu stabilite sağlama özelliği ile PDC tip matkapların üstün sondaj performansına sahip hibrit matkap (Melez), iç içe geçmiş ve karmaşık litolojiye sahip formasyonlarda güçlü bir şekilde sondaj yapabilmektedir [29].



Resim 2.3. 12 ¼” Hibrit (melez) matkap

İzlanda jeotermal lokasyonlarının sondajı sırasında, konvansiyonel döner konlu matkaplara nazaran sert bazalt formasyonların olduğu tabakalarda iki kat daha hızlı sondaj yapabildiği gözlenmiştir. Döner konlu matkap ile kıyaslandığında, matkaba verilen ağırlığın (WOB) daha az olduğu durumlarda iyi ilerleme kaydedilmiştir. Bunların yanı sıra kuyulardaki sapma problemleri Hibrit matkap tipi ile minimize edilmiştir. PDC tip matkaplar ile kıyaslanınca iç içe geçmiş karmaşık formasyonlarda daha üstün bir performans göstermektedir. Hibrit matkap doğru yönlendirilebilir özelliği sayesinde hem mud motorlu hem de rotating modda yönlü sondaj operasyonlarında kullanılabilen seçkin bir matkaptır. Sondajı yapılan kuyunun orta kısmı yalnızca birincil bladeler üzerindeki PDC kesici uçlar ile kesilirken, kazılması daha güç olan kuyunun dış kısmı, döner konlar ve sabit bladeler üstündeki kesici uçların ortak hareketi ile parçalanır [34]. Döner konlar, birincil bıçakların geri yönlü dönüşü ve nozulların yerleştirilmesi için bladelerin ön kısmında bir alan (veya jet yuvası) oluşturmak amacıyla bıçakların arka kısmına konuşlandırılmıştır. Son yıllarda modern Kymera matkap uçları, Üç konlu (Tricone) silindir sistemini, sabit kesici uçlu çerçeveye birleştirebilmektedir. Bu tip melez uçlar “yuvarlanma torku” yönetimini sunarak, iki tip hareket sayesinde kesici yapılarının büyük oranlarda stabilite açısından

iyileştirilmiş, matkap dayanımı ve optimum sondaj hızı için kuyu dibi dinamiklerini dengeye getirir [23].

2.6. Sondaj Çalışmalarında Kullanılan Matkap Seçim Yöntemleri

2.6.1. Matkabın IADC koduna göre seçimi

Seneler önce, Uluslararası Sondaj Mühendisleri Birliği (IADC) yapı malzemesi olarak dişleri çelik alaşım ve tungsten karbürden yapılmış döner/rotary sondaj matkapları için 6 ana formasyonu içinde barındıracak şekilde oluşturulmuş ve matkap seçimlerinde kullanılacak bir sınıflandırma sistemi belirlemiştir. Sondaj sektöründe kullanılan iki matkap türü için de ayrı ayrı belirlenen dizi sekiz adettir. Skaladaki her bir diziyi ifade eden kodun ilk rakamı/kodu formasyonun sertlik derecesine göre değerini göstermekte olup sertliğe paralel bir şekilde artış göstermektedir. İkinci sıra kod ise 4 alt sınıfı göstermekte olup, rakamın yükselmesiyle birlikte yine sertlik derecesinin artış göstereceği ifade edilmiştir [47].

2.6.2. Matkabı imal eden şirketlerin tavsiye ve kataloğuna göre seçim

Sondaj matkabını imal eden şirketlerin doküman ve katalogları, üretimi yapılmış olan matkabın ismini, tipini, IADC numarasını, boyutsal olarak değerlerini, üretici firmanın sondaj işlemi sırasındaki tavsiye ettiği baskı kuvveti (WOB) değerini ve dönme hızı (RPM) özellikleri içerir [48-51]. Matkabın tüm teknik özelliklerini içeren üretici kataloglarına bakılarak, sondaja başlanmadan önce formasyona uygun matkap seçimi ve çalışma parametreleri belirlenebilmektedir.

2.6.3. Sondaj laboratuvarı deneylerine göre matkap seçimi

Sondaj laboratuvarında yapılan deneyler ile litoloji ve sondaj matkabı etkileşimi test edilebildiğinden sondaj değişkenlerinin matkabın performansına ve dayanıklılığına olan etkisini görmeye imkân tanımaktadır. Laboratuvarda yapılan bu deneyler ile sondaj işleminin performansına etkisi olan çalışma parametrelerinin değerlendirilmesine ve yeni tipte matkapların tasarımının geliştirilmesine, kuyu dibi ekipmanlarının standardının yükseltilmesine olanak sağlamaktadır. Tüm bu pozitif etkiler neticesinde vibrasyonların

giderilmesi sağlanmaktadır. Son derecede gelişmiş laboratuvar simülasyonları sayesinde delik dibinin özelliklerine olabildiğince eşit şartlar sağlanabilmektedir. Bu tarzda matkap seçimi için, simülasyon temelli laboratuvar çalışmaları mevcuttur [52]. Örneğin, Schlumberger'a ait Cambridge Sondaj Araştırmaları Laboratuvarında da 12 ¼" çapa sahip sondaj matkaplarıyla 5 000 m'ye kadar olan kuyu şartları elde edilerek deneyler neticesinde gerçeğe yakın veriler elde edilebilmiştir [53]. Ayrıca, çapı 6 inç olan matkaplar kullanılarak 16 adet tam boyutlu derin kuyu simülasyonları ile üç farklı litoloji ve 5 ayrı sondaj çamuru için çalışılmıştır. Bu laboratuvar çalışmaları 100 000 psi ve üstündeki WOB değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tip çalışmaları neticesinde elde edilen fiziki veriler ile matkap seçiminde daha sağlıklı veriler elde edilebilmektedir [54].

2.6.4. Döner sondajda optimum matkap seçimine örnek bir yöntem

Dönerli sistem ile yapılmakta olan sondaj metodunu etkileyen en önemli parametreler arasında, Dönme hızı (RPM), Matkaba verilen ağırlık (WOB) ve sondaj kuyusunun en iyi şekilde temizlenmesi yer alır. Sondaj yapılacak matkabın seçimi ve sondaj parametrelerini etkileyecek olan değişkenler, bu metoda göre aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- ✓ Formasyona bağlı şartlar
- ✓ Matkabın devri
- ✓ Matkaba verilen ağırlık
- ✓ Kuyu dibinin temizlenmesi
- ✓ Sondaj kuyusunun çapı (Matkap çapı)
- ✓ Kazılacak kuyunun son derinliği

Sondaj sırasında kullanılacak matkabın optimum özelliklerde olabilmesi için, bu metoda göre yapılmış bir çalışmanın aşamaları aşağıdaki gibidir;

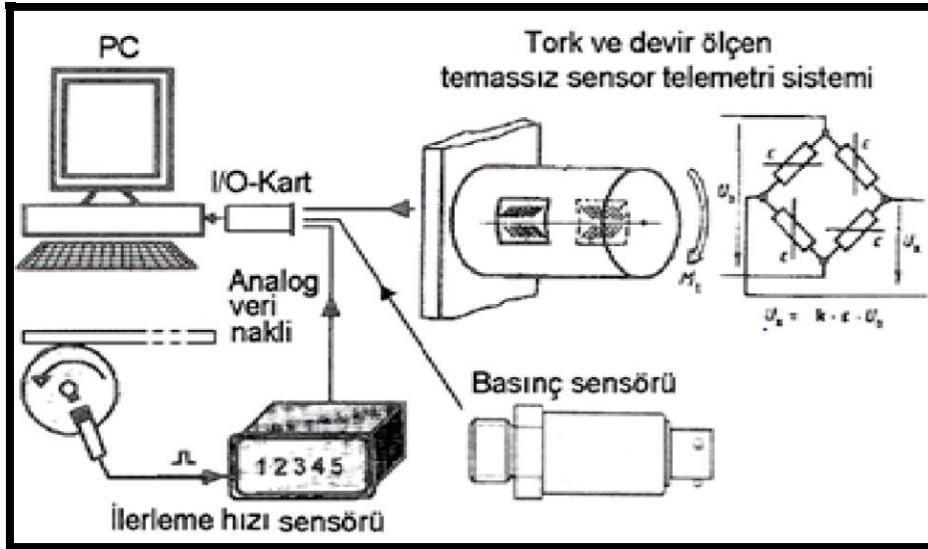
1. **Aşama:** Sahadan alınmış kayaç numunelerinin delinebilme değerlerinin ve jeoteknik açıdan parametrelerinin laboratuvar koşullarında yapılan deneyler ile belirlenmesi.
2. **Aşama:** Matkapları üreten şirket kataloglarından listesinde özellikleri gösterilen matkaplardan en uygun matkapların seçilmesi.
3. **Aşama:** Yatay düzlemde sondaj yapan makine ile tam boyutlu sondaj deneylerinin yapılması. Sondaj parametreleri, matkaba verilen ağırlığı ve devri (RPM) deneysel

olarak değiştirilerek sondaj sırasında kullanılacak değerler optimize edilmelidir. Değişik sondaj parametrelerinde, tork, ilerleme hızı ve yük (WOB) ölçülerek en ekonomik işletme değerleri bulunacaktır. Sondaj sırasındaki matkaba verilen en uygun ağırlık iki faktöre bağlıdır: Bu faktörler: matkabin çapı ve litolojinin sertliğidir. Sondaj sırasında kullanılan matkabin çapının büyümesi matkaba verilecek ağırlığın artmasına sebep olacaktır. Aynı zamanda formasyon – litoloji sertlik değeri de matkaba verilmesi gereken değeri artırır. Öncesinde yapılmış olan çalışmalar çok düşük tonajlarda veya yüksek ağırlıklarda yapılan sondajlar matkabin ömrünü azaltmaktadır. Dolayısıyla en uygun matkabin seçilebilmesi için çalışma tonaj değerlerinin belirlenmesi gerekir.



Şekil 2. 35. Yatay sondaj makinesi [55]

4. **Aşama:** Sondaj sırasında kullanılan matkapların işletme değerlerini kıyaslamak için her matkabin kendine özgü ilerleme miktarı, güç tüketimi ve körelme (deformasyon) oranı bulunur. Spesifik körelme miktarı belirlenmiş durumlarda, seçimi yapılmış bir matkabin tüm sondajı boyunca matkabin ömrünün hesaplanmasına yardımcı olacaktır.
5. **Aşama:** En uygun matkap seçimi yapılırken, kullanılacak olan matkapların ekonomik açıdan giderlerinin de hesaba katılması gerekmektedir [56].



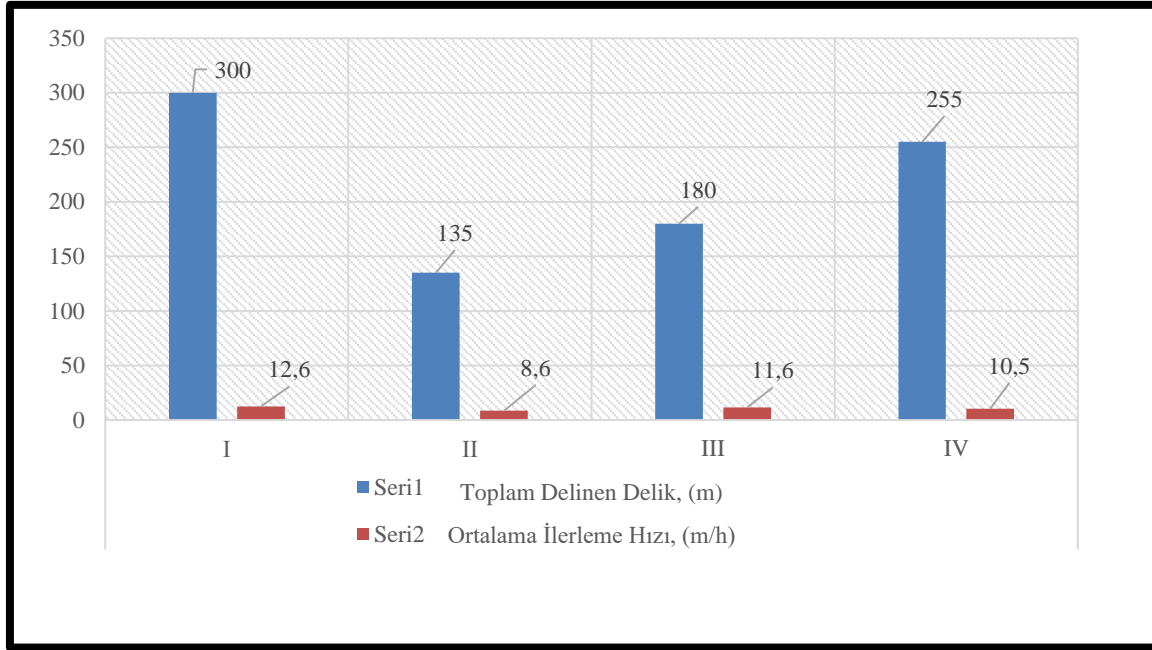
Şekil 2.36. Yatay sondaj makinesinin veri edinme sistemi [55]

2.6.5. Örnek bir test çalışması

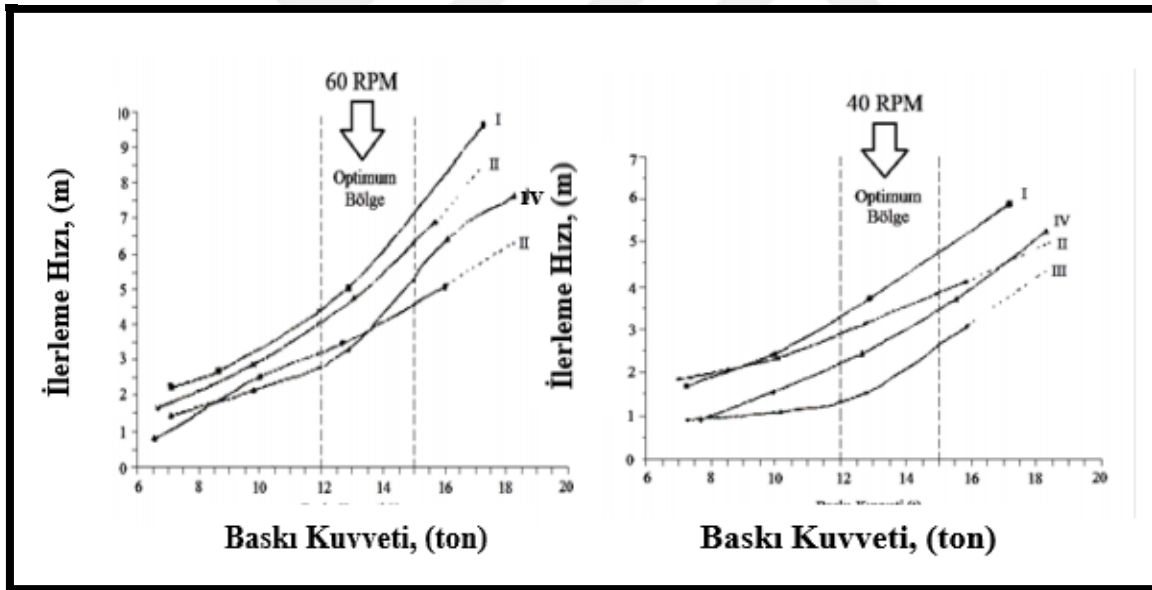
Karadeniz Bakır İşletmelerinden 1.5x1.0x1.0 m'lik bir blok numune alınmıştır. Bu örnek fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için teste tabi tutulmuştur. Ortalama basınç ve çekme dayanımı sırasıyla $783 \pm 17 \text{ kg/cm}^2$ ve $61 \pm 6.7 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Farklı üreticilere ait formasyon için uygun 4 farklı konik matkap araştırma için seçilmiştir. Bütün matkaplar 6 inç çapındadır. Seçilen matkapların genel özellikleri Çizelge 2.10'da verilmiştir. Seçilen konik matkaplar 40 ile 60 devir/ dak arasında çalıştırılabilmekte, uygulanabilen baskı kuvveti ise 6 ile 18 ton arasında değişmektedir [55]. Bu çalışmanın en önemli sonucu, test edilen bütün matkaplarda ilerleme hızına en çok etki eden faktörün baskı kuvveti olduğunun belirlenmesi olmuştur.

Çizelge 2.10. Seçilen matkapların özellikleri [55]

Ürün Özellikleri	Matkap Tipi			
	I	II	III	IV
Matkap boyutu (inch)	6	6	6	6
IADC	731-742	723	812-832	Bilinmiyor
Formasyon tipi	Sert-Çok aşındırıcı	Sert-Çok aşındırıcı	Çok sert- Aşındırıcı	Orta-Orta sert
Basınç Dayanımı (kg/cm^2)	704-1400	563-1400	845-1760	563-1400
Dönme hızı (rpm)	50-90	40-70	40-80	35-70
Önerilen baskı kuvveti (ton)	9-18	9-14	15-24	9-18
Matkap ağırlığı (kg)	14.5	22	20.4	20.9



Şekil 2.37. Yatay sondaj makinasında farklı değerler için ilerleme hızları [55]



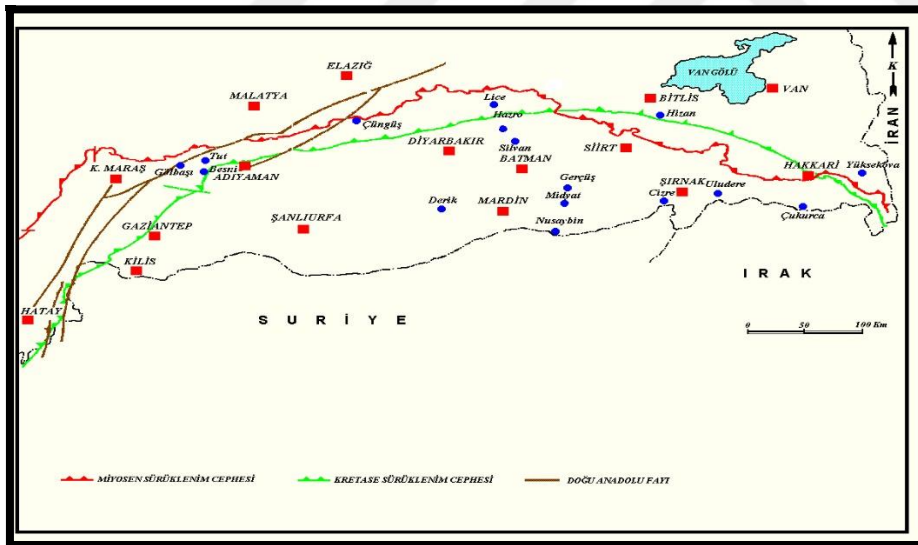
Şekil 2.38. Test edilen 4 matkabın ilerleme hızları [55]

3. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada; Adıyaman il sınırları içerisinde bulunan Karadut Karmaşığında olası yapılacak sondaj operasyonlarında kullanılacak matkabın en doğru ve en kolay şekilde seçimine yönelik yöntem açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. Karadut Karmaşığı

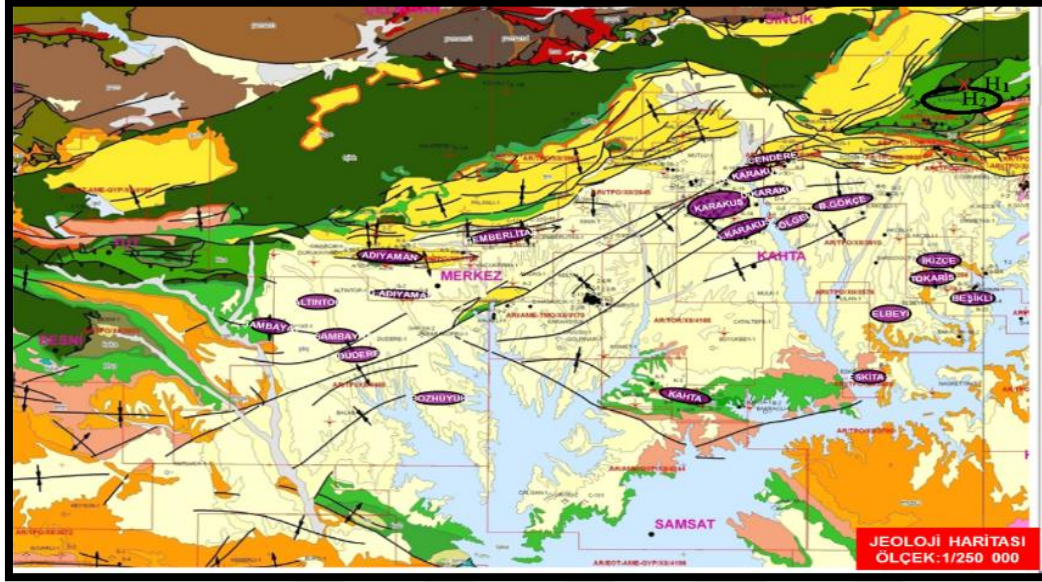
Karadut Karmaşığı; Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Adıyaman il sınırları içerisinde bulunan ve tipik mevkii Narince nahiyesinin 4-5 km kuzeyinde bulunan Karadut köyüdür. Hatay ili etrafı, Osmaniye ili Haruniye ilçesi ve Musabeyli dolayları, Adıyaman ili kuzeyi ve Ergani Çermik arasındaki bölgede ve Hakkâri il sınırları içindeki Cilo dağında yayılım gösterir [57, 58]. Karadut Karmaşığı, Cilo dağının güneyi hariç tüm Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin genelinde allokton olarak var olmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi allokton sıfır hattı [59]

Derin denizel-Yamaç ortamında çökelim göstermiş olan, kırmızı renkte ve camgöbeği yeşili silisifiye şeyl içerikli, silisifiye kireçtaşından, çört ve radyolarit katkı malzemesi ve birleşimlerinden meydana gelir [60]. Altta kireçtaşı, marn, şeyl, kalkarenit, radyolarit ardışığı şeklinde olmasına rağmen üst kesimleri bol olistostromal çakıl taşlarından oluşur [59], [60].

Karadut Karmaşığının bulunduğu ve tezimizin çalışma alanı olan Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na (TPAO) ait iki petrol arama sondaj kuyusu şirketin gizlilik politikası gereği H₁ ve H₂ (Şekil 3.2) olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.2. Adiyaman sahaları jeoloji haritası [61]

3.2. Matkap Seçiminde Uygulanan iş/işlemler

Bir sondaj operasyonunda matkap seçimine yönelik yapılacak işlemler aşağıda belirtildiği gibidir.

- İlk olarak, referans kuyuların (offset) datalarından faydalanılarak ilk matkap inilerek sondaj işlemine başlanır.
- İlerleyen metrajlarda referans kuyu dataları ile uyumlu litolojiler görülmez ise; sondaj sırasında kuyudan gelen formasyon (Tabak) numuneleri, kuyu şartlarındaki sondaj laboratuvarında çeşitli testler ile (%10 Derişimli Asit Testi, Alizarin ve fenolftalein kayaç indikatör Testleri) incelenir. Bu incelemeler neticesinde kuyu jeoloğu tarafından litoloji tayini yapılarak derinlik-litoloji bantları (Kuyu Logu) oluşturulur. Bu aşamadan sonra, litolojinin sertlik dercesine göre IADC değerlerine bakılarak matkap seçimi yapılır,
- Bir sonraki kazılacak, yakın kuyular için referans (offset) kuyu datası oluşturulması amacıyla, sondaj çalışması boyunca matkapların çalışma parametreleri sondaj parametreleri formunda kayıt altına alınır (Şekil 3.3).

Çizelge 3.1. Saatlik sondaj parametreleri takip formu

SONDAJ PARAMETRELERİ FORMU											
Doküman No:		Revizyon No/Tarihi:			Yayın Tarihi:			Sayfa1/			
Kuyu Adı:	Kule Adı:			Tarih:							
Saat	Derinlik (m)	Sondaj Ağırlığı (WOB)	Takım Ağırlığı (ton)	Rotary Devri (rpm)	Stroke	Basınç (psi)	Tork (klb*ft)	Çamur Ağırlığı (ppcf)		Viskozite (sn)	Açıklama
								Giriş	Çıkış		
00:00	378	7-8	40	110	2x50	1350	80-120	67	68	42	Sondaj + DP İlave
01:00	388	7-8	40	110	2x50	1350	80-100	67	68	44	Sondaj
02:00	398	6-8	40	100	2x50	1370	70-100	67	68	45	Sondaj + DP İlave
03:00	405	6-8	41	100	2x50	1380	80-110	68	69	45	Sondaj + DP İlave
04:00	414	6-8	41	120	2x50	1400	80-120	68	69	46	Sondaj + DP İlave
05:00	423	6-8	41	120	2x45	1400	90-130	68	69	47	Sondaj + DP İlave
06:00	431	6-8	42	120	2x45	1400	90-120	68	69	48	Sondaj + DP İlave
07:00	440	6-8	42	120	2x45	1400	70-100	68,5	70	52	Sondaj
08:00	446	6-8	42	120	2x45	1400	70-100	68,5	70	53	Sondaj + DP İlave
09:00	456	6-8	42	110	2x52	1380	80-120	68,5	70	58	Sondaj + DP İlave
10:00	464	6-8	42	110	2x52	1400	80-120	68,5	70	60	Sondaj + DP İlave
11:00	473	6-8	42	100	2x50	1400	80-130	68,5	70	48	Sondaj + DP İlave
12:00	480	9-10	43	100	2x50	1410	70-120	68,5	70	46	Sondaj + DP İlave
13:00	489	9-10	43	120	2x50	1410	80-140	69	70,5	52	Sondaj + DP İlave
14:00	497	10-11	44	120	2x50	1420	80-130	69	70,5	70	Sondaj + DP İlave

- Sondaj sırasında optimum ilerleme hızı sağlanabilmesi için, geçilen litolojiye bağlı olarak matkap çalışma parametreleri sondaj mühendisi tarafından ayarlanır. Bu veriler Günlük faaliyet raporlarında kayıt altına alınır.

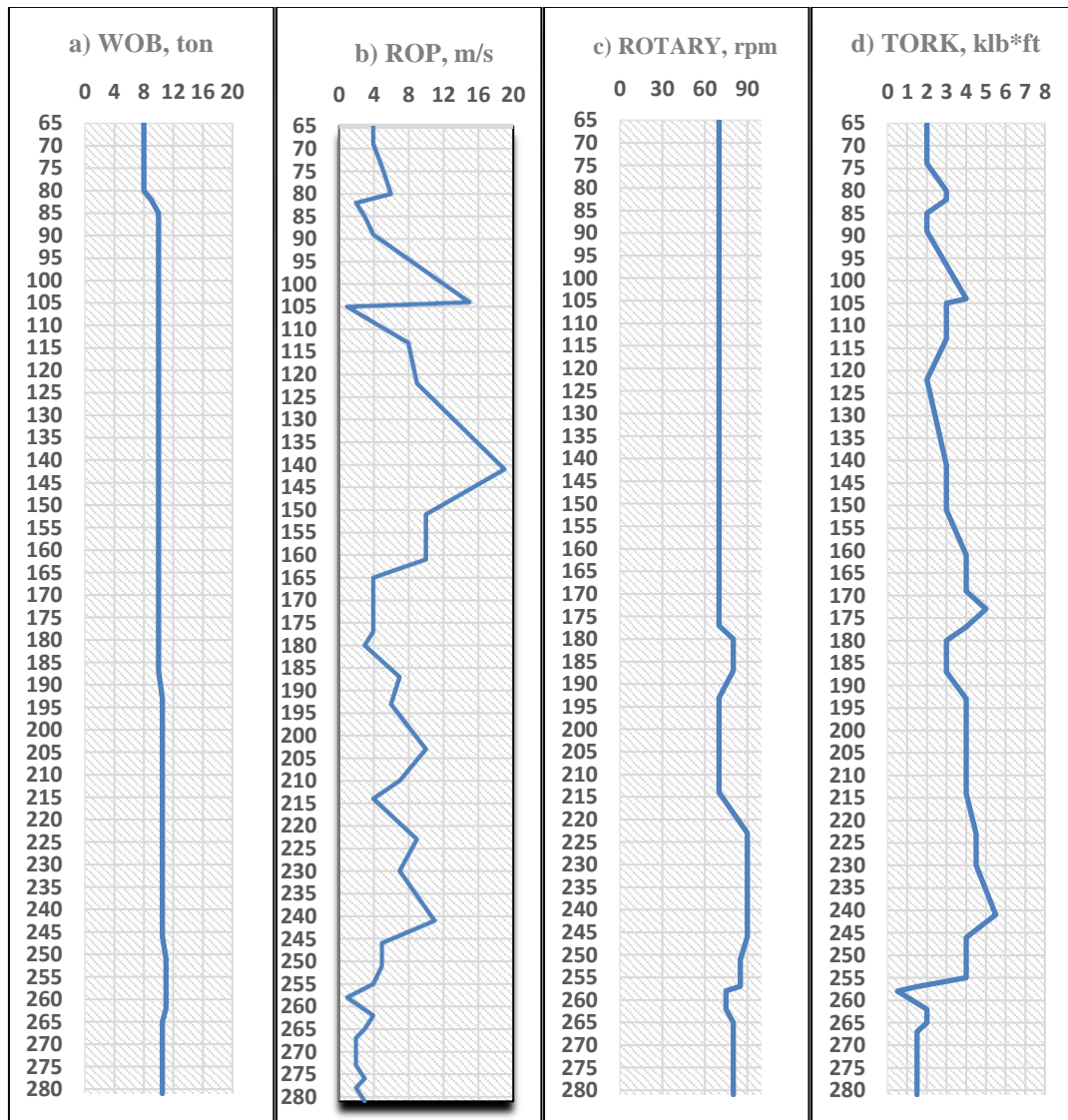
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Değerli maden ve sıcak su sondajları yapılırken, normal şartlar altında birbirleri ile uyum halinde olan formasyonlar, katmanlar halinde kesilmektedir. Sondaj faaliyetleri sırasında kesilen bu formasyonların litolojik içerikleri offset kuyu verilerinden edinilmemiş veya elde edilen veriler yanlış yorumlanmış ise, sondaj esnasında kullanılması planlanan matkabın formasyon uygunluğu da doğru belirlenememektedir. Tüm sektörlerde olduğu gibi, bilgi birikimi ve deneyim, sondaj sektöründe de büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple sondaj şirketleri yapılan tüm faaliyet ve operasyonlarını günlük ve operasyonel olarak raporlama tekniği ile kayıt altına almaktadır. Bu kayıtlar içerisinde, offset kuyuların matkap IADC kodlamaları ve formasyon-matkap performans uyum değerlendirmeleri de bulunmaktadır. Fakat, tektonik hareketlenmeler sebebiyle bazen Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde görülmekte olan, Karadut ve Koçali Karmaşığı gibi karmaşık litolojiye sahip birimler de kesilebilmektedir. Bu tip, oluşumu itibariyle alloktan yapıdaki formasyonlar, zamanla Kastel, Antak, Gercüş, Terbüzek ve Hoya formasyonları gibi otokton birimler ile diskordanslı girişim göstererek ardalanmalar oluşturmuşlardır. Oluşumu itibariyle heterojen yapıya sahip bu tarz ardalanmalı-karmaşık yapıların sondajında, matkap seçimleri de oldukça öngörülemez hal alabilmektedir. Bu çalışmada 12 ¼" Section'da matkap seçiminde güçlük yaşanan iki kuyudan elde edilen matkap parametre (tork, wob, rotary) ve IADC Kodlamaları kullanılarak Karadut Karmaşığında optimum ilerleme hızı (ROP) kaydedilen matkap seçimi yapılmıştır.

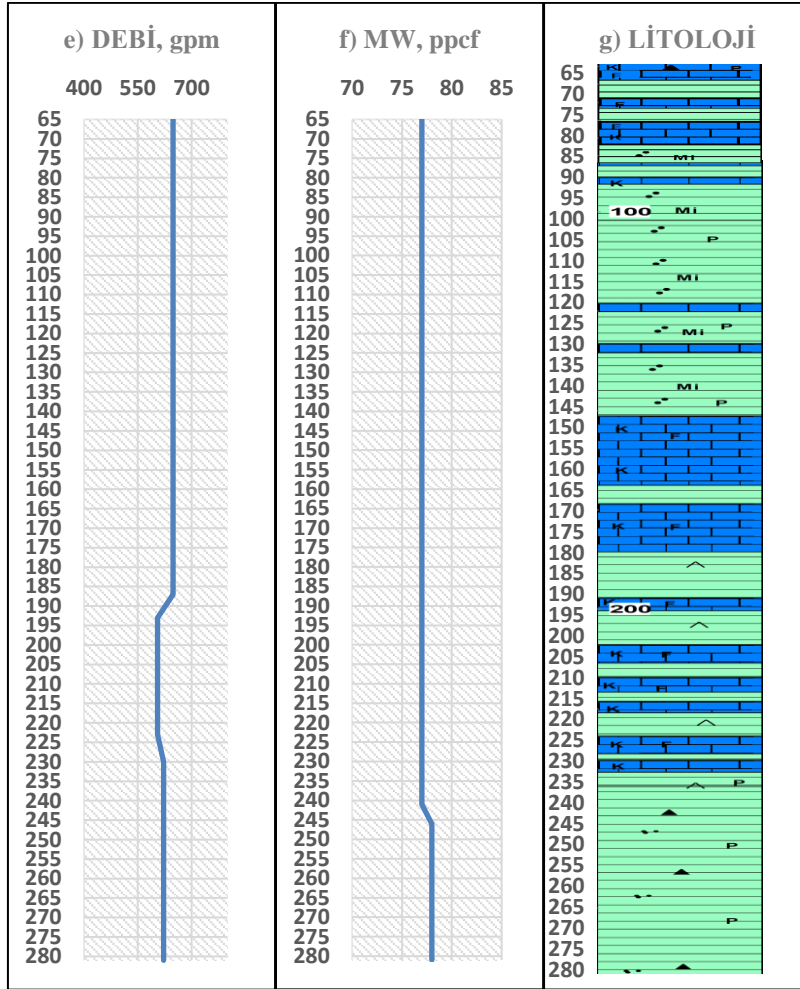
4.1. H₁ Kuyusu 437 Tricone Insert Matkap

İlk olarak H₁ Kuyusunun 12 ¼" Section sondajı, 13 3/8" Muhafaza borusu indirildikten sonra, Karadut Karmaşığının devam ettiği 65. m'ye inilerek başlamıştır. İndirilen ilk 12 ¼" Tricone Insert 437 IADC Kodlu matkap sıfır olarak indirilmiştir. Matkap 65 m ye geldiği anda kuyu dibi ile teması öncesi, WOB değeri, kuyu dibi motifi (Bottom Hole Pattern) oluşturma amaçlı kademeli olarak 8 tondan 10 tona çıkarılmıştır (Şekil 4.1.a). WOB değeri 281 m'ye kadar da sabit tutulmuştur. Sondaj işleminin başladığı 65-70 metreleri arası çörtlü kireçtaşı (CaCO₃) bandı kesildiğinden ilerleme hızı (ROP) 4-6 m/s değerleri arasında kaldığı gözlenmiştir. Fakat, 90-110 metreler arasında mil ve kumul içerikteki şeyl bandı kesildiğinden ilerleme hızının (ROP) 4 m/s hızından 10 m/s hızına kadar çıktığı görülmüştür (Şekil 4.1.b). 437 Insert matkabın 65-281 metreler arasındaki yapmış olduğu

12 ¼” sondajı boyunca, azami ilerleme hızını (Max. ROP) 135-140 metreler arasında 19 m/s hızına çıkararak göstermiştir. 145. m’den itibaren 15 ve 10 m’lik pirit içerikli kireçtaşı bantlarına, akabinde silis (SiO₂) ve çört içerikli kireçtaşı ve şeyl bantlarına denk geldiğinden ilerleme hızında 2-11 m/s değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiştir. Bu matkabın tüm sondaj süreci boyunca genel olarak metkaba verilen ağırlık (wob), debi ve devir (rotary) parametreleri sabit tutulmaya çalışılsa da tork değerlerinde yer yer ilerleme hızı ile paralel artış ve azalmalar görülmüştür (Şeki 4. 1.b ve d). Matkabın 65-281 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 5,36 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 1-1-WT-A-A-E-I-NO-PR



Şekil 4.1. H₁ kuyusunda 437 Tricone Insert Matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

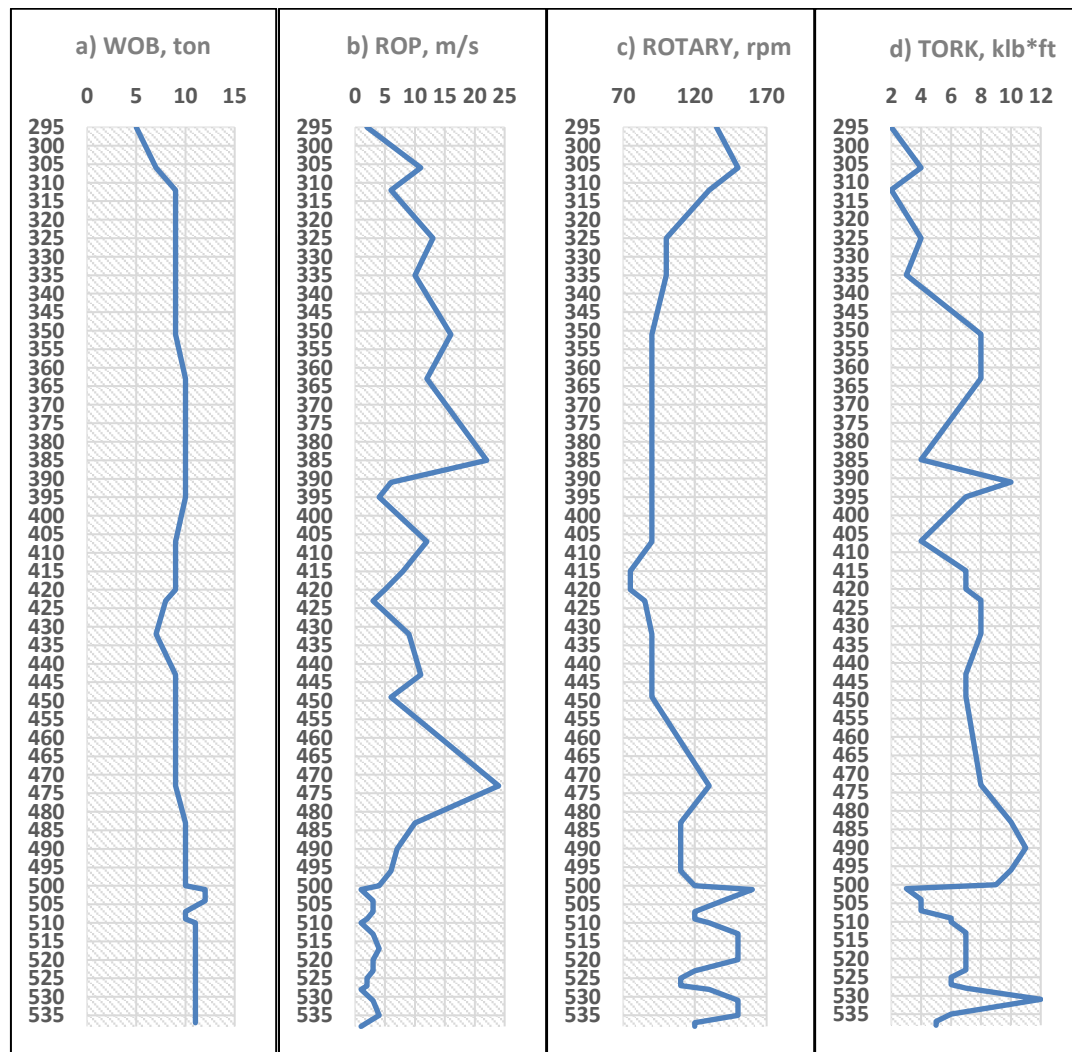


Şekil 4.1. (Devam) H₁ kuyusunda 437 Tricone Insert Matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

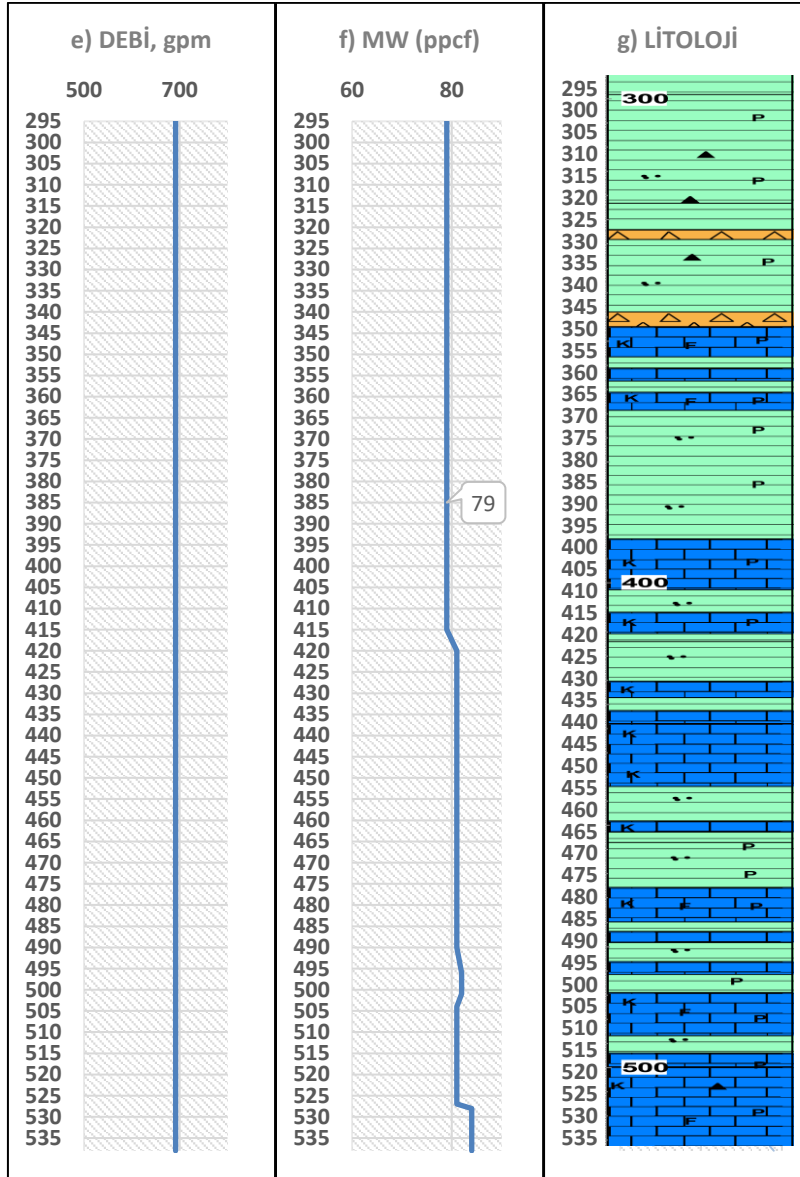
4.2. H₁ Kuyusu PDC 616 Matkap

Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 295 - 538 metreleri arasında, 12 ¼” çapta 6 bıçaklı (blade) ve 16 mm kesici uçlara (Cutter Size) sahip PDC matkap indirilmiştir. 295 m de üç konlu (tricone) matkap sondajının ardına PDC tip matkap ile inilmiştir. Bu sebeple kuyu dibi motifi oluşturmak ve matkap alıştırmaları yapmak amacıyla matkap yük (wob) değeri 5 tondan kademeli olarak 10 tona kadar çıkarılmıştır (Şekil 4.2.a). 12 ¼” Sondajın başladığı 295-350 metreler arasında yoğun miktarda çört içerikli şeyl ve çört bandı kesildiği görülmektedir (Şekil 4.2.g.). Bu metrajlarda ilerlemenin 2 m/s hızından 16 m/s hızına çıktığı ve akabinde pirit ve kumul içerikli kireçtaşı (CaCO₃) ve şeyl bandına denk gelerek İlerleme hızının (ROP) 24 m/s hızlarına kadar çıktığı görülmüştür. 390-445 metreler arasında tork ve yüksek aksel (axial) vibrasyon nedeniyle devir (rotary) 150 rpm değerinden 75 rpm değerlerine kadar düşürülmüştür. Sondajın 500.

metresinden itibaren çört içerikli kireçtaşı bandı kesildiğinden tork ve ilerleme hızı değerlerinde dalgalanmalar gözlenmiştir (Şekil 4. 2.d ve g.). Kuyudan çıkarılan PDC matkabın IADC değerlendirmesinden de anlaşıldığı üzere, kesici dişlerinin yarı oranında köreldiği, bütün dişlerinde kırılmaların ve çatlamaaların olduğu gözlenmiştir. Bu durum ise 480. metreden itibaren ilerleme hızının kademeli olarak 24 m/s hızından 3 m/s hızlara kadar düştüğünün kanıtı olarak değerlendirilmiştir. Bu tip PDC matkabın 295-538 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca, ortalama hızının 6,44 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 5-3-BT-A-A-X-I-CT-PR



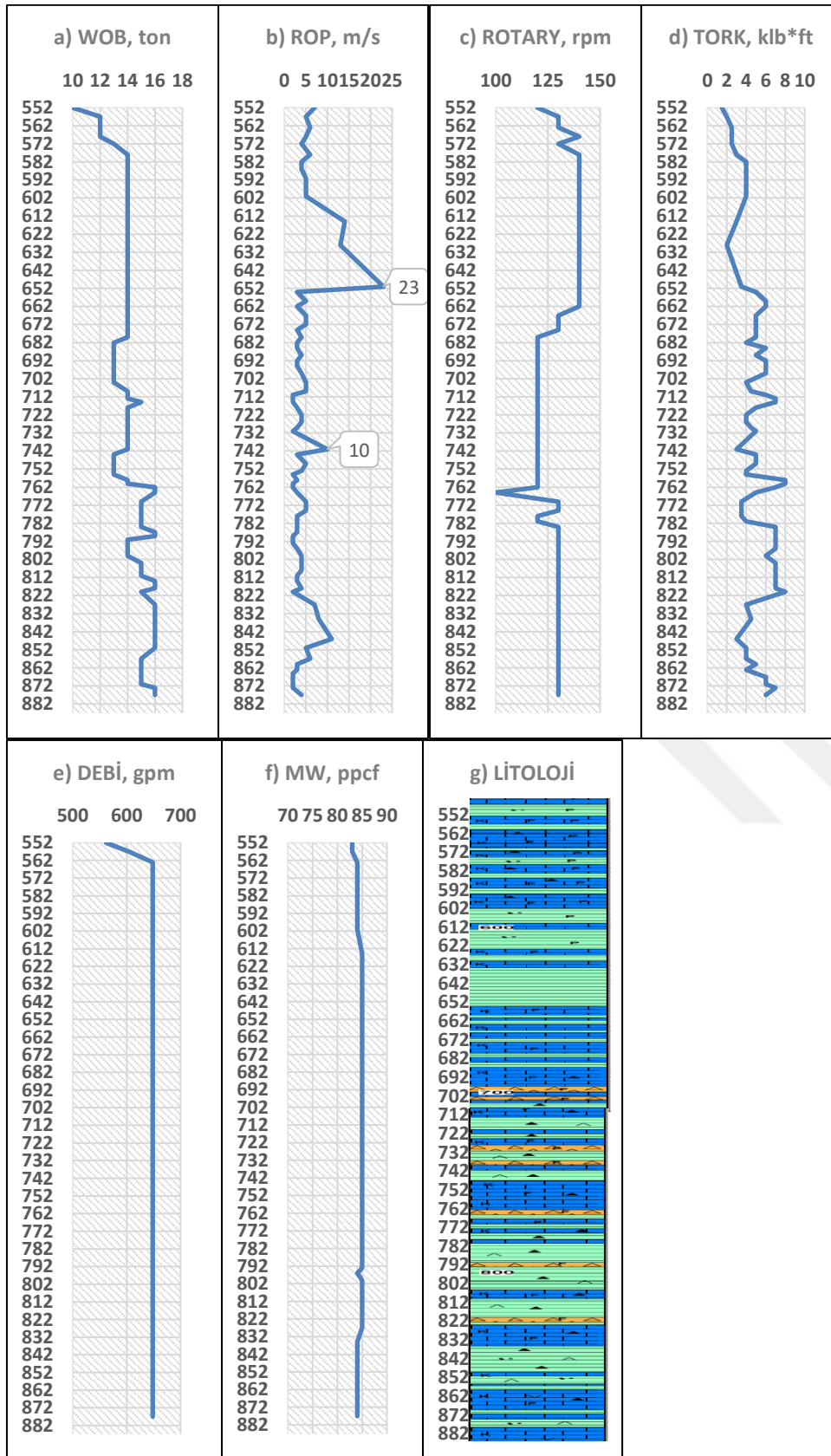
Şekil 4.2. H₁ kuyusunda PDC 616 matkabın 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji



Şekil 4.2. (Devam) H₁ kuyusunda PDC 616 matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.3. H₁ Kuyusu KM533X Hibrit (Melez) Matkap

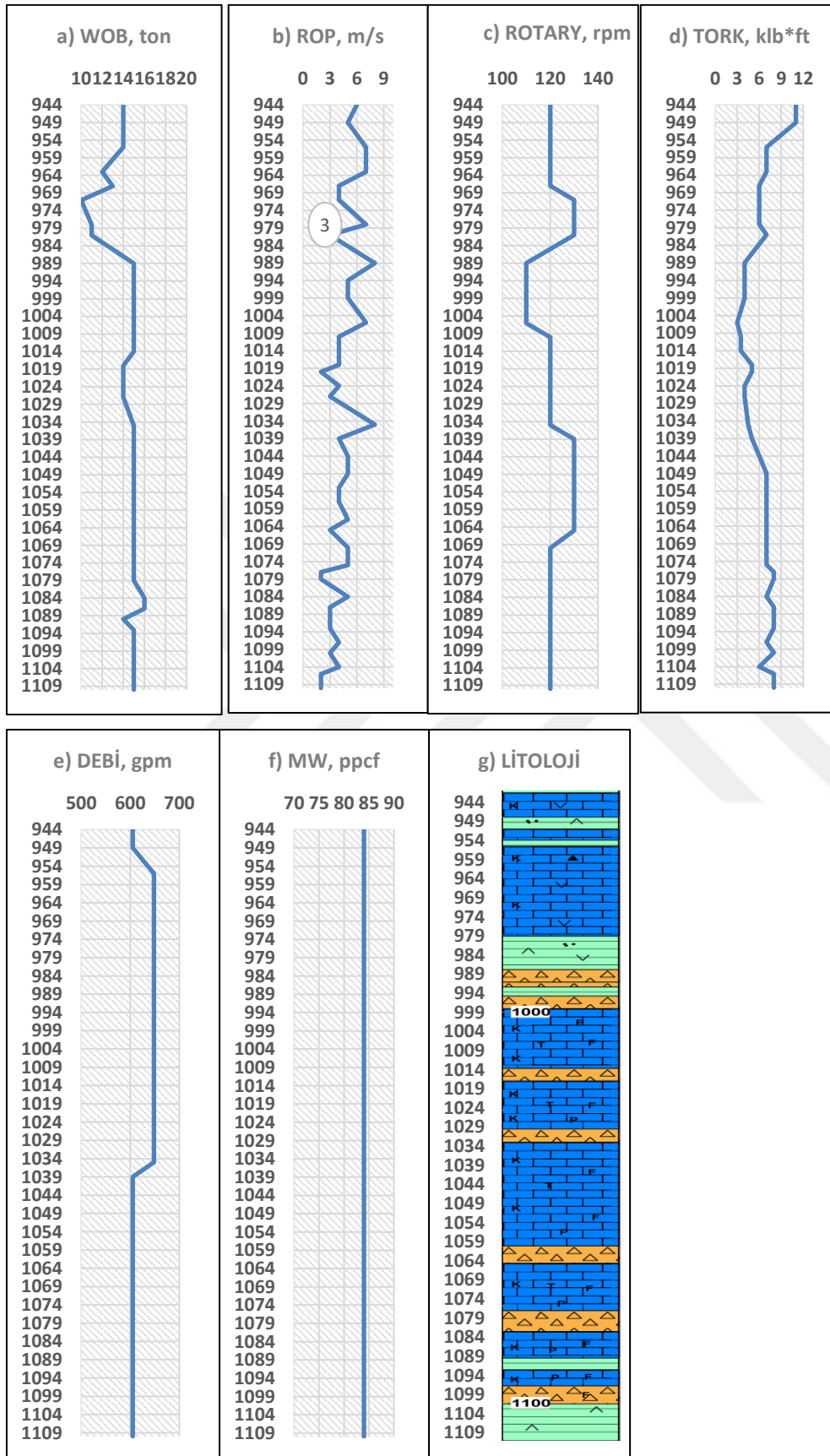
Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 552 - 877 metreleri arasında KM533X 5/8 inç: 16 mm kesici uçlu, 3 bıçak (blade) sayılı ve 3 konlu 12 ¼” Hibrit (Melez) tipi matkap kullanılmıştır. Sondaj işlemi için 552 m ye iniş yapılmıştır. Sondaja 10 ton yük (wob) ile başlanarak ağırlık kademeli olarak 14 tona kadar çıkarılmıştır. 552- 600 metreler arasında yoğun miktarda çört içerikli kireçtaşı ve kısa şeyl bantları kesilmiştir (Şekil 4.3.g). 48 m’lik mesafede hibrit matkabın döner konları devreye girerek 4 m/s ile 7 m/s hız aralığında ilerleme hızı kaydedilmiştir. 600-652 metreler arasında ise sade şeyl bandına denk gelindiğinden, ilerleme hızının 24 m/s hızlara kadar kademeli olarak arttığı görülmüştür (Şekil 4.3.b). Bu metraj aralığında matkabın sabit bıçakları (bladeleri) (PDC kısmı) devreye girdiğinden üstün performas ile sondaj yapılmıştır. 652. m’den sonra, çört içerikli şeyl-kireçtaşı band aralanmalarına denk gelindiğinden hız (ROP) değerinin yine optimum hızı olan 4-5 m/s hız değerlerine kadar düştüğü görülmüştür. Çıkarılan matkabın durumundan dişlerinin çatladığı ve yarı oranında köreldiği ve matkabın sarmış olduğu gözlenmiştir. Bu tip Hibrit (Melez) matkabın 552-877 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 4,36 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 4-1-BU-C-C-X-I-CT-PR



Şekil 4.3. H₁ kuyusunda KM533X Hibrit matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.4. H₁ Kuyusu KMX524T Hibrit (Melez) Matkap

12 ¼” Karadut Karmaşığı sondajının devam ettiği H₁ Kuyusunun, 944 -1110 metreleri arasında KMX524T 5/8 inç: 16 mm kesici uçlu, 4 bıçaklı (blade) ve 2 adet döner konlu 12 ¼” Hibrit (Melez) tipi matkap ile sondaj yapılmıştır. Litolojik açıdan, 944-979 metreler arasında yoğunluğu çört içerikli kireçtaşı, 979-989 metreler arasında şeyl bantları kesilmiştir. Sondajın devam ettiği 989-1000 metreleri arasında çört, 1000-1100 metreler arasında yoğun miktarda kireçtaşı olacak şekilde kireçtaşı ve çört bantları, 1100-1110 metreler arasında ise şeyl bantlarının sondajı yapılmıştır (Şekil 4.4.g). İlerleme hızı (ROP) grafiğine genel olarak bakılacak olursa, çok ar dalanmalı litoloji bantları kesilmesine rağmen, ortalama hız (ROP) değerinin 4-5 m/s hızlarına yakın değerlerde seyrettiği görölmektedir (Şekil 4.4.b). Sondajın 1104-1110 metreler arasında hız (rop) değerinin 2 m/s hıza düşmesinin sebebi ise yine, kesici dişlerin yarı oranında kırılması ve diş uçlarının yarı oranında deforme (dişlerde çatlama) olmasından kaynaklanmıştır. Kuyudan çıkarılan Matkabin IADC Değerlendirmesi: 4-5-BT-A-A-X-I-CT-PR

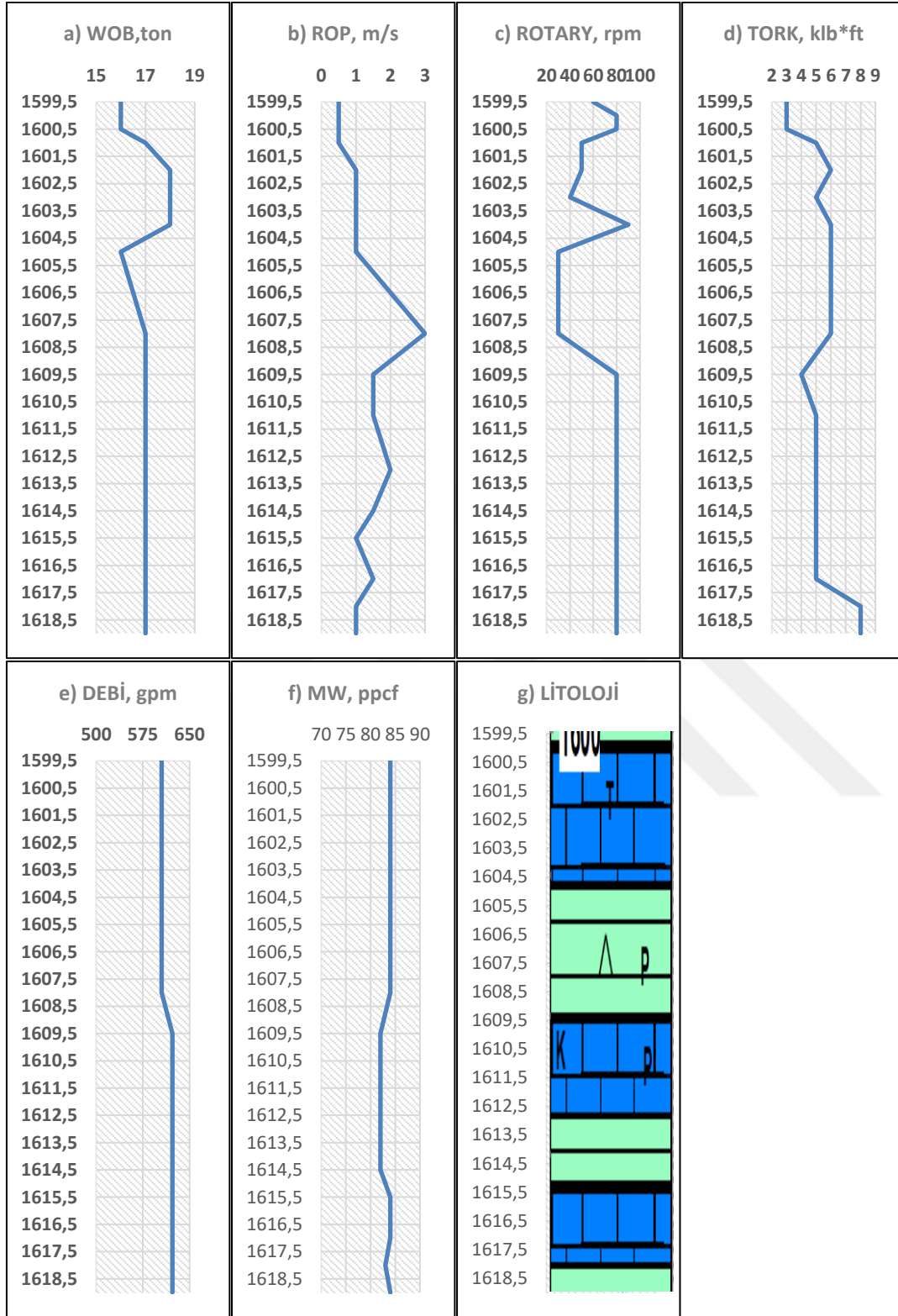


Şekil 4.4. H₁ kuyusunda KMX524T Hibrit matkabin 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.5. H₁ Kuyusu 517 Tricone Insert Matkap

Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 1599,5-1619 metreleri arasında, 517 Insert tipte matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. Litolojik olarak kesilen bantlar ele alınacak olursa, 1599-1604 ve 1613-1619 metreler arasında pirsiz şeyl ve kiraçtaşı bantları kesildiği gözlenmektedir (Şekil 4.5.g). 1605-1609 metreler arasında ilerleme hızının 3 m/s hızına çıktığı fakat, akabinde tekrar 1 m/s saat hızına kadar düştüğü görülmektedir (Şekil 4.5.b). 517 Insert matkabın sondajı sırasında ortalama hızının 1,17 m/s olduğu görülmüştür. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 1-2-WT-A-A-E-I-NO-PR

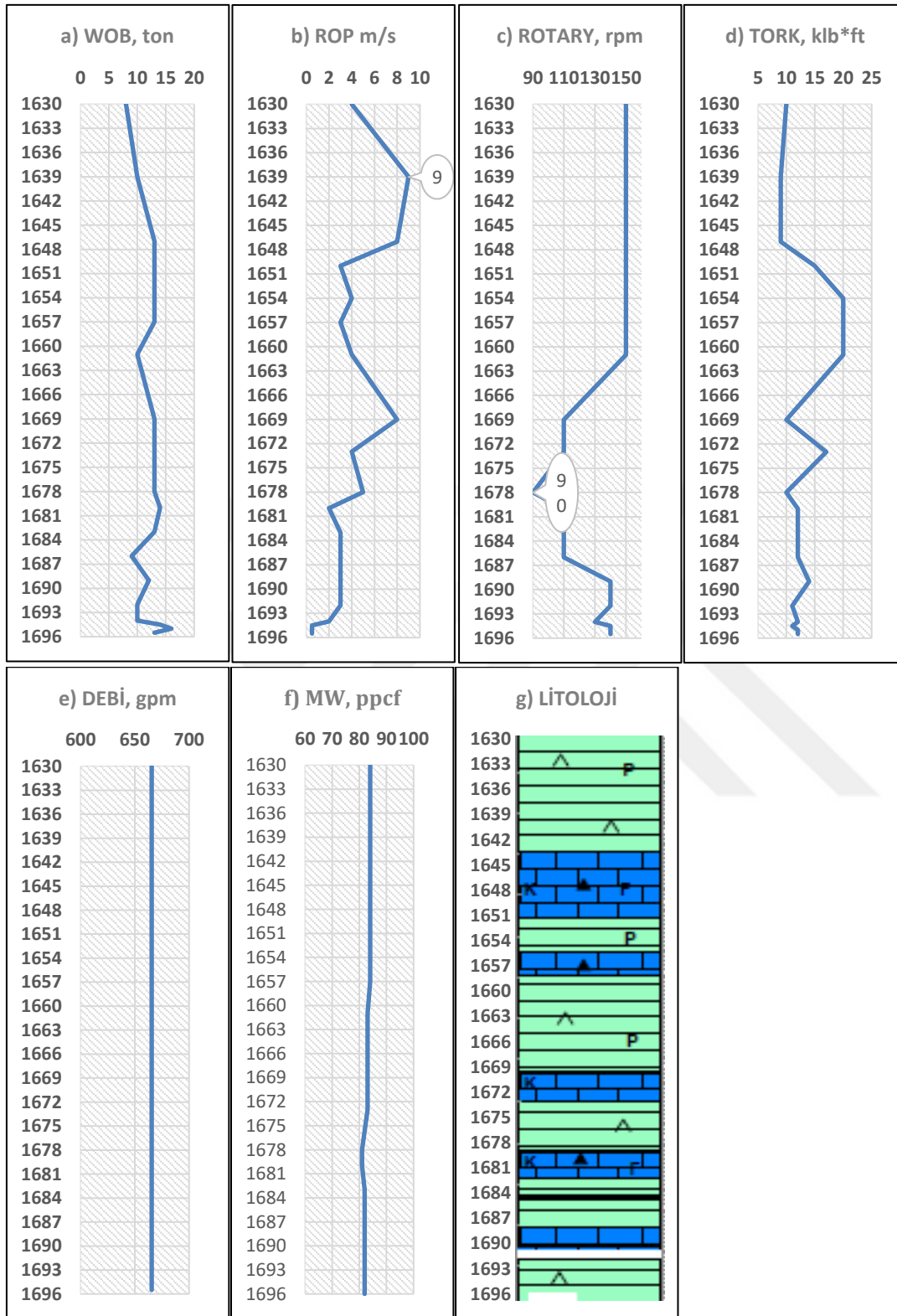




Şekil 4.5. H₁ kuyusunda 517 Tricone Insert matkabin 12 1/4" Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.6. H₁ Kuyusu 713 PDC Matkap

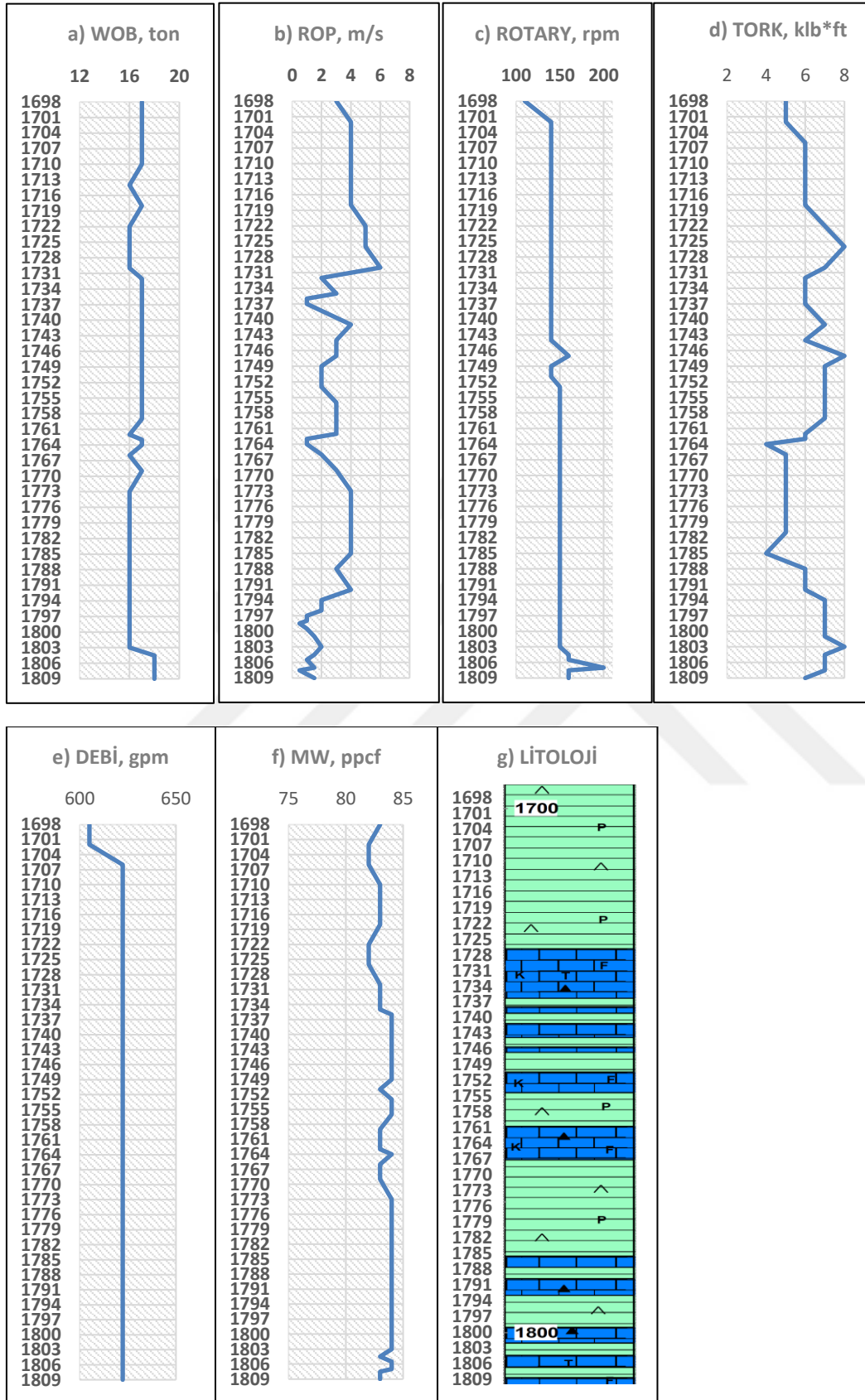
Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 1630-1696 metreleri arasında, PDC tipte 7 bıçaklı (blade) ve 13 mm kesici uçlara (Cutter) sahip matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. 1630 metreden 1642 metrelere kadar, pirit ve silis içerikli şeyl bandı kesilmiştir (Şekil 4. 6.g). Matkaba verilen ağırlık (WOB) değeri 8 tondan 13 tona kademeli olarak artırılmış olup ilerleme hızı (ROP) değeri 4 m/s hızından 9 m/s hızına kadar arttığı gözlenmiştir (Şekil 4. 6.a ve b). 1645 -1651 metreler arasında pirit ve çört içerikli kireçtaşı bandı kesildiğinden, şeyl bandına nazaran daha sert bir litoloji kesilmiştir. Bu sebeple hız (ROP) değeri 8 m/s hızından yaklaşık olarak 3 m/s hızlarına kadar düşüş göstermiştir (Şekil 4. 6.b). 1651 metreden itibaren 2-3 metrelik çört içerikte kireçtaşı bantları kesilse de 1669 metreye kadar tekrar hızlanma trendi göstermiştir. İlerleme hızının (ROP) artmasının yanı sıra yer yer tork değerleri de paralel olarak artış göstermiştir. Bu durum PDC matkabin aktif olarak çalıştığını göstermiştir. Fakat; 1670 metrelerden itibaren silis ve çört içerikli kireçtaşı ve şeyl aralanması kesilmiştir (Şekil 4. 6.g). Buna bağlı olarak hız (ROP) değerinde kademeli olarak düşüş görülmüştür. PDC matkabin 1630-1696 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 3,5 m/s olduğu gözlenmiştir. 12 ¼” kuyu sondajı sonrası, çıkarılan matkabin değerlendirilmesi sonucunda tüm dişlerinde yarıya yakın oranda aşınma ve kırılmalar gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabin IADC Değerlendirmesi: 3-4-WT-A-X-I-BT-PR



Şekil 4.6. H₁ kuyusunda 713 PDC matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.7. H₁ Kuyusu 537X Tricone Insert Matkap

Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 1698-1809 metreleri arasında, 537X Tipinde döner konlu (Roller Cone) Insert matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. 1698-1728 metreler arasında pirit ve silis içerikli şeyl bandı kesilmiştir (Şekil 4.7.g). Yaklaşık olarak 30 metrelik bu bandın 12 ¼” sondajı sırasında, hız (ROP) değeri 3 m/s hızından 6 m/s hıza, tork değeri ise, kademeli olarak 5 klb*ft değerinden 8 klb*ft değerine yükselmiştir (Şekil 4. 7.b ve d). Fakat; sondajın geri kalan yaklaşık 80 metrelik kısmında ise, PDC matkapların çalışma presibinin aksine tork değeri ile paralel ilerlenmemiştir. Matkap çıktığı zaman sarmış olmamasına rağmen, ilerleme hızı (ROP) değeri 1-1,5 m/s hızlarına kadar düştüğü görülmektedir (Şekil 4. 7.b). 537X Insert matkabın 1698-1809 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı sırasında ortalama hızının 2,62 m/s olduğu görülmüştür. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 1-2-BT-A-A-E-I-NO-PR



Şekil 4.7. H₁ kuyusunda 537X Tricone Insert matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri
a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.8. H₁ Kuyusu 437Y Tricone Insert Matkap

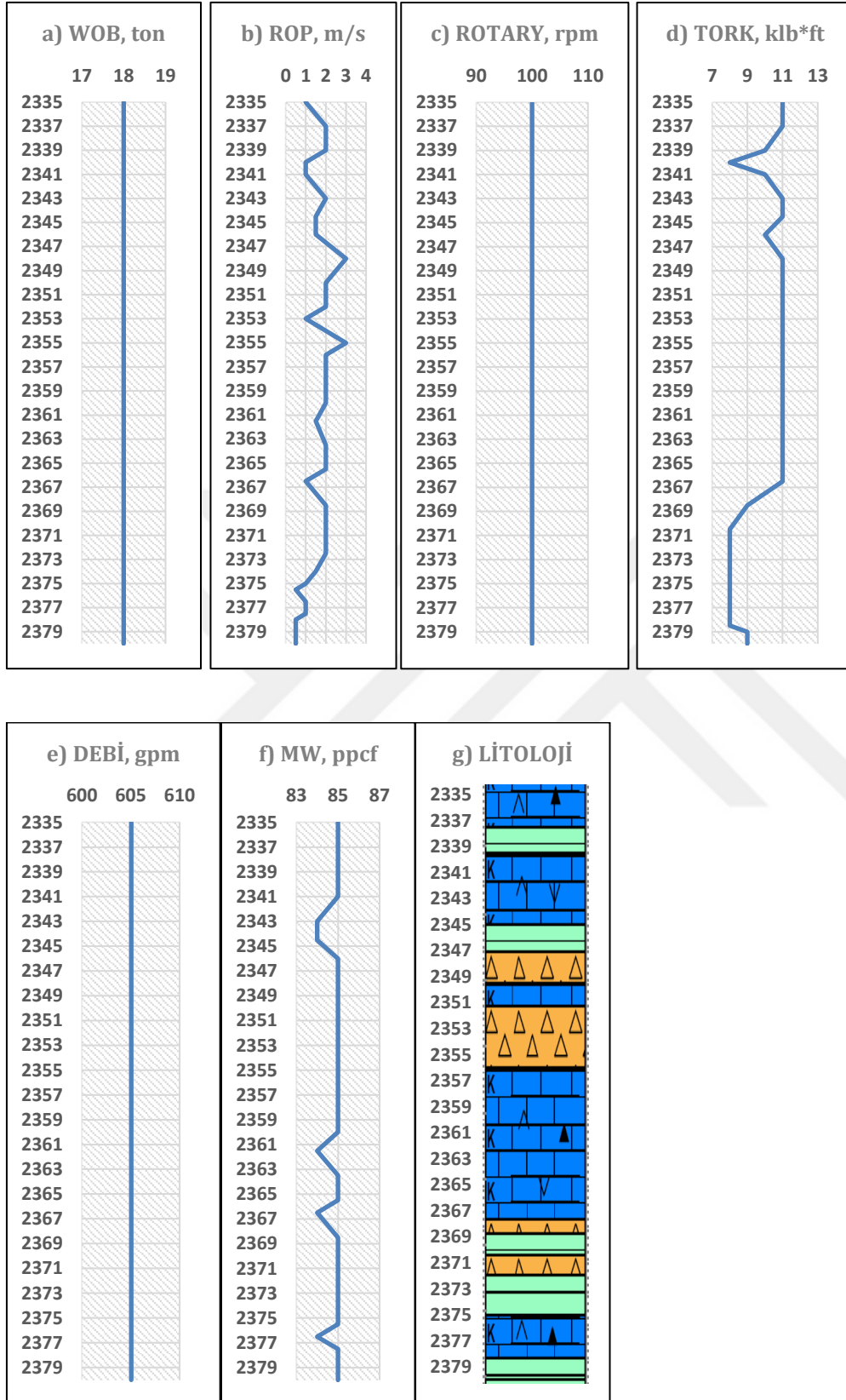
Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 1968-2030 metreleri arasında, 437Y Tipinde döner konlu (Roller Cone) ve konik dişlere sahip Insert matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. 1968 m’den 1990 m’ye kadar yoğun miktarda çört içerikli kireçtaşı bandı kesilmiş olup, ilerleme hızı (ROP) değerlerinde 0,5-2 m/s hızları arasında dalgalanma gözlenmiştir (Şekil 4. 8.b). Fakat; 1990-2030 metreler arasında, yoğunluğu silisli şeyl litolojisinden oluşan yaklaşık 40 metrelik bant kesilmiştir. Bu bantın sondajı sırasında hız (ROP) değeri ise, 2-4 m/s hız aralığında değişkenlik göstermiştir. 437 Insert matkabin toplam sondajı boyunca ortalama hızı 1,74 m/s olduğu görülmüştür. Kuyudan çıkarılan Matkabin IADC Değerlendirmesi: 2-3-WT-A-A-E-I-BT-PR

4.9. H₁ Kuyusu 716 PDC Matkap

Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun 2089-2157 metreleri arasında, PDC tipte 7 bıçaklı (blade) ve 16 mm kesici uçlara sahip matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. Litoloji-derinlik grafiğinden de görüldüğü üzere, 2103-2105 ve 2109-2113 metreler arasında çörtlü kireçtaşı kesilmiştir. Fakat; sondajın geri kalan kesiminde yoğun miktarda silis içerikli şeyl bandı kesilmiştir (Şekil 4.9.g). Kireçtaşına denk gelinen noktalarda sondaj hızının şeyl aralıklarına göre bariz oranlarda düşüş gösterdiği görülmüş ve dalgalanmalar görülmüştür (Şekil 4. 9.b). Ayrıca, şeyl bandının kesildiği yerlerde PDC matkapta oluşan tork değerine paralel olarak ilerleme hızında (ROP) yer yer artışlar gözlenmiştir (Şekil 5. 9.d). 716 PDC matkabın 2089-2157 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 2,1 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 2-1-BT-A-A-X-I-WT-PR

4.10. H₁ Kuyusu 517X Tricone Insert Matkap

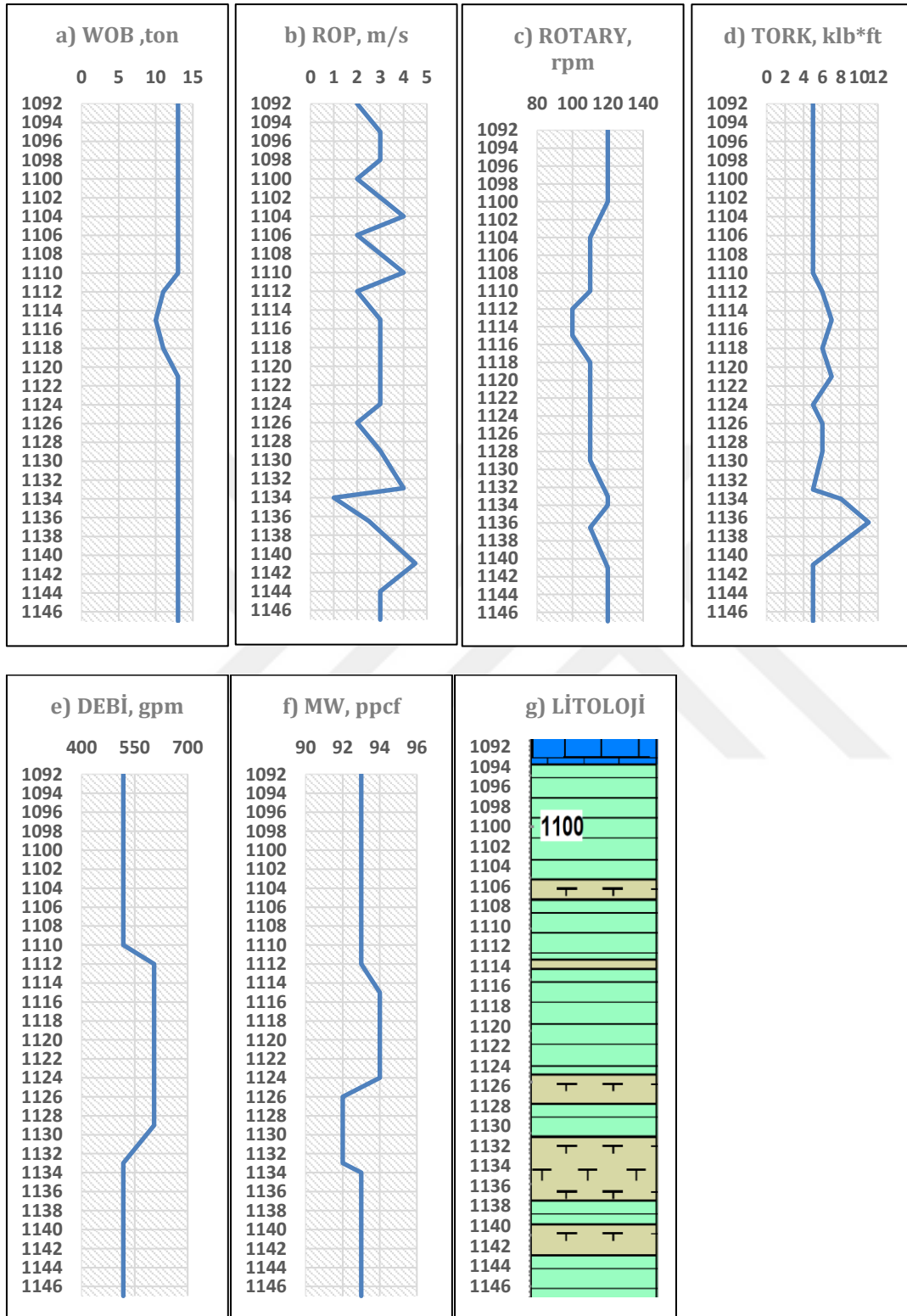
Karadut Karmaşığının devam ettiği H₁ Kuyusunun, 2335-2379 metreleri arasında, 517X IADC Kodlu, keski tipi dişlere (Chisel Type Tooth) sahip matkap ile 12 ¼” kuyu sondajı yapılmıştır. Sondajın 2335-2367 metreler arasında sabit ilerleyen tork değerine rağmen, ilerleme hız (ROP) değerlerinde, çört bantlarında göreceli olarak artış görülse de ilerleme hızı 1-3 m/s hız aralığında dalgalanma göstermiştir (Şekil 4.10.b). Kuyudan çıkan matkabin değerlendirmesinden de anlaşıldığı üzere, 2367 m den itibaren dış dişlerinin (Outer Rows) tama yakın, iç dişlerinin ise %35-40 oranlarında aşındığı gözlenmiştir. Ayrıca, matkabin kon dış yüzeylerinin de aşındığı gözlenmiştir. Bu deformasyona bağlı olarak 2373 m den itibaren çört ve silis içerikli bantların sondajı sırasında, anlık hız değerinde 0,5 m/s hıza kadar düşme görülmüştür. İlerleme hızındaki (ROP) düşme sebebiyle matkabi çıkarma kararı alınmıştır. 517X matkabin 2335-2379 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 1,48 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabin IADC Değerlendirmesi: 3-8-BT-A-A-E-1-SD-PR



Şekil 4.10. H₁ kuyusunda 517X Tricone Insert matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri
a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.11. H₂ Kuyusu 517 Tricone Insert Matkap

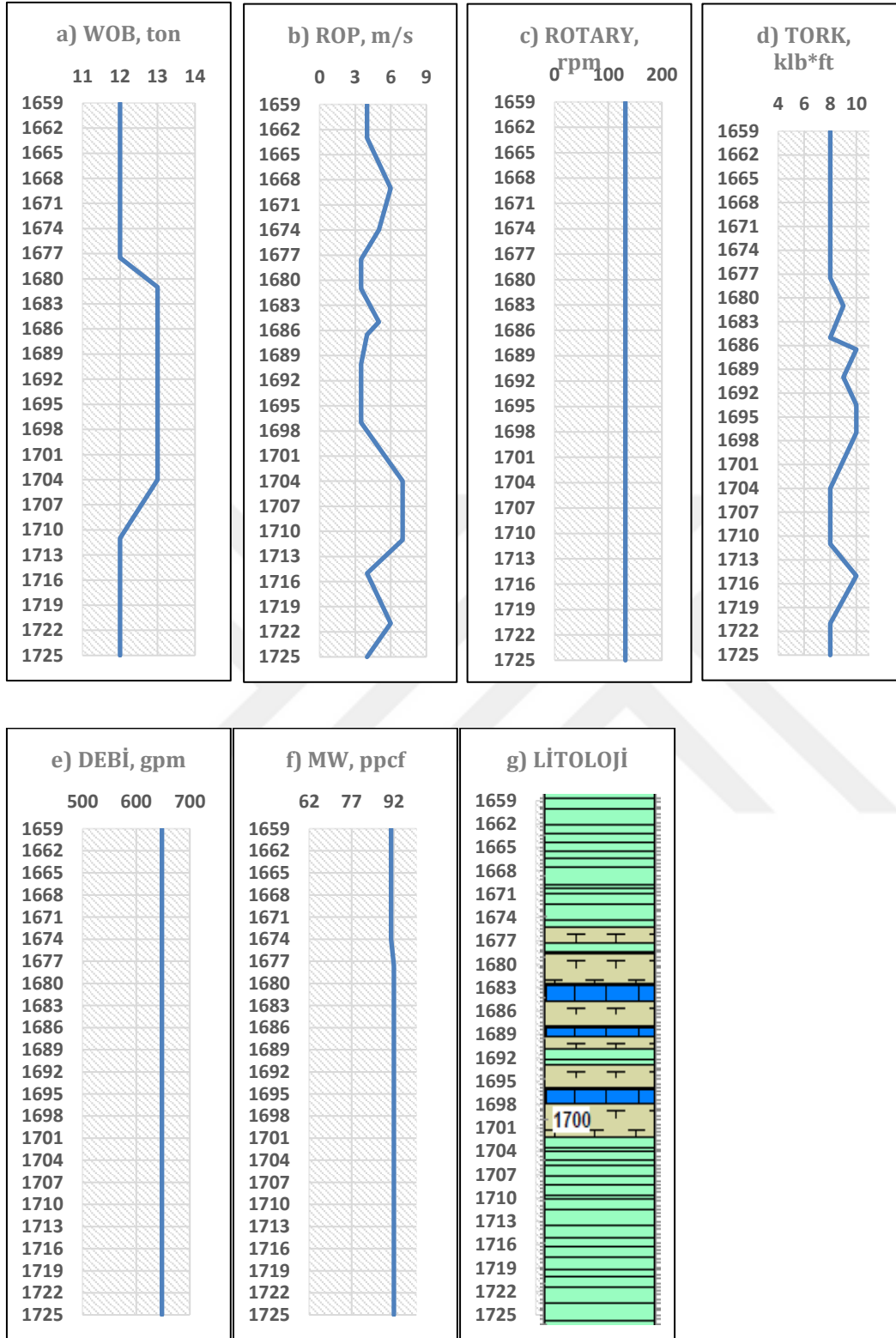
Karadut Karmaşığının devam ettiği H₂ Kuyusunun, 1092-1146 metreleri arasında, 517 IADC Kodlu, keski tipi dişlere (Chisel Type Tooth) sahip döner konlu (Roller Cone) matkap ile 12 ¼" kuyu sondajı yapılmıştır. Litoloji-Derinlik grafiğinden de görüldüğü üzere, sondaj boyunca şeyl ve marn bantları kesilmiştir. H₁ kuyusunda marn litolojisi görülmemesine rağmen H₂ kuyusunda yer yer bantlanma şeklinde görülmüştür. İlerleme hız (ROP) değeri azami 4,5 m/s, asgari 1 m/s hız aralıklarında değişkenlik göstermiştir. 1132-1134 metreler arasında, tork değerinin marn litolojisi içerisinde 11 klb*ft değerine kadar çıktığı ve buna paralel olarak hız (ROP) değerinin 1 m/s hızına düştüğü görülmektedir (Şekil 4. 11.b ve d). Kuyudan çıkarılan 517 TCI matkabın 1092-1146 metreler arasındaki 12 ¼" sondajı boyunca ortalama hızının 2,85 m/s olduğu gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabın IADC Değerlendirmesi: 1-1-BT-A-A-E-I-LT-BHA



Şekil 4.11. H₂ kuyusunda 517 Tricone Insert matkabin 12 ¼” Kuyu sondajı parametreleri
a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.12. H₂ Kuyusu KMX525T Hibrit (Melez) Matkap

12 ¼” Karadut Karmaşığının devam ettiği H₂ Kuyusunun, 1659-1725 metreleri arasında KMX525T 5/8 inç: 16 mm kesici uçlu, 5 bıçaklı (blade) ve 2 adet döner konlu 12 ¼” Hibrit (Melez) tipi matkap ile sondaj yapılmıştır. Litoloji-Derinlik grafiği incelendiği takdirde, sondaj boyunca şeyl, marn ve kireçtaşı bantlarının kesildiği görülmektedir. 1677 - 1701 metreler arasında, marn ve kireçtaşı bantları daha yoğunlukta olduğundan Hibrit matkabin konlu kısmını devreye sokmak için, matkaba verilen ağırlık (WOB) değeri, 12 ton değerinden 13 tona artırıldığı görülmektedir (Şekil 4.12.a). Hız (ROP) grafiğinden görüldüğü üzere, 1659-1674 metreler arasında ve 1704-1725 metreler arasında şeyl bandı kesilmiş olup, bu metrajlar arasında ilerleme hızı (ROP) değerlerinin sırasıyla, 4,75 m/s ve 5,6 m/s olarak görülmektedir. Fakat, şeyl bantlarının kesildiği aralıklardaki sondaj hızının aksine, 1674-1704 metreler arasındaki marn ve kireçtaşı kesilen aralıkta, yük (WOB) değeri artırılmasına rağmen hız (ROP) değerinin 3,78 m/s olduğu görülmektedir. Kuyudan çıkarılan Hibrit matkabin 1659-1725 metreler arasındaki 12 ¼” sondajı boyunca ortalama hızının 4,59 m/s olduğu gözlenmiştir. Çıkarılan matkabin insert dış dişlerinin hemen hemen tamamında ve tama yakın oranda kırılmalar gözlenmiştir. Kuyudan çıkarılan Matkabin IADC Değerlendirmesi: 2-8-WT-A-A-E-I-BT-PR



Şekil 4.12. H₂ kuyusunda KMX525T Hibrit matkabın 12 ¼" Kuyu sondajı parametreleri
a) WOB, b) ROP, c) Rotary, d) Tork, e) Debi, f) MW, g) Litoloji

4.13. Karadut Karmaşığında Kullanılan Matkapların Performans Kıyaslamaları

Karadut Karmaşığının 12 ¼” kuyu sondajı sırasında kullanılmış olan PDC matkapları, bıçak (blade) sayısı yönünden değerlendirecek olursak, H₁ Kuyusunun 295-538 metreleri arasında, 12 ¼” 6 bıçaklı (blade) ve 16 mm kesici uçlara sahip PDC matkap kullanılmıştır. Bu matkabın çalıştığı 295-370 ve 450-480 metreler arasında pirit içerikli şeyl bandı kestiği sırada saatteki hızının 20-24 m/s hızlara ulaştığı görülmektedir. Fakat; yine aynı Karadut Karmaşığında, 16 mm kesici uçlara sahip ve 7 bıçaklı (blade) matkabın 12 ¼” sondaj yaptığı pirit ve silisli şeyl bandı keserken ortalama hızının saatte azami 4 m/s değerine ancak ulaşabildiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. PDC Matkapların bıçak sayısına göre performans kıyaslaması

Matkap Tipi	Bıçak (Blade) Sayısı	Azami İlerleme Hızı, m/s	Kesilen Litoloji Bandı	Ortalama İç Diş Aşınması	Ortalama Dış Diş Aşınması	IADC Değerlendirme
616 PDC	6	24	Şeyl+Pirit	%65	%35	5-3-BT-A-A-X-I-CT-PR
716 PDC	7	4	Şeyl+Pirit	%25	%10	2-1-BT-A-A-X-I-WT-PR

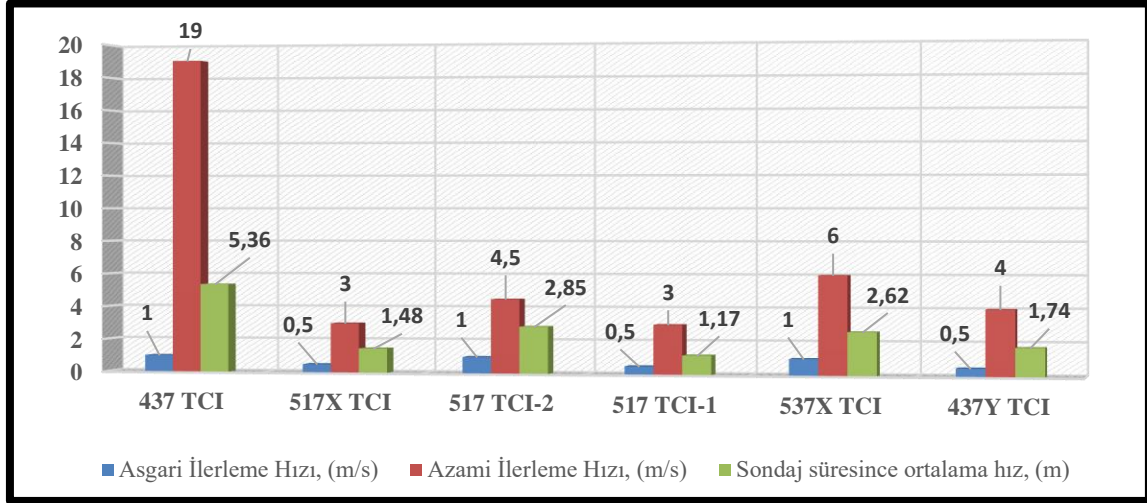
PDC matkaplarda kesici uçların ölçüleri kıyaslanacak olursa, H₁ Kuyusunda 7 bıçak (blade) sayılı 13 mm kesici uçlu PDC matkap 1630-1696 metreler arasındaki 12 ¼” kuyu sondajı sırasında şeyl-pirit-silis bandı keserken İlerleme hızı (ROP) 9 m/s hızlara ulaşmıştır (Bkz. Şekil 4.6.b). Fakat, 7 bıçak (blade) sayılı ve 16 mm kesici uca sahip PDC matkap 2089-2157 metreler arasındaki sondajı sırasında pirit ve silisli şeyl bandı keserken azami ilerleme hızının (Max. ROP) 4 m/s’yi geçemediği gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. PDC Matkapların kesici uç ölçülerine göre performans kıyaslaması

Matkap Tipi	Kesici Uç Ölçüsü, mm	Azami İlerleme Hızı, m/s	Kesilen Litoloji Bandı
713 PDC	13	9	Şeyl+silis+pirit
716 PDC	16	4	Şeyl+silis+pirit

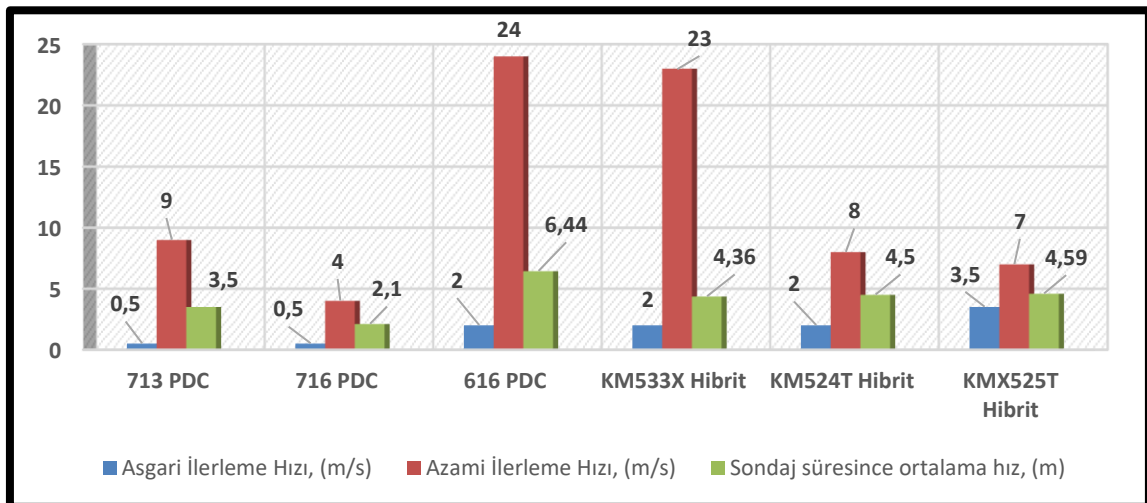
Karadut Karmaşığında yapılan sondaj boyunca kullanılan matkaplar arasında Şekil 4.13’te görüleceği üzere, üç konlu matkapların (TCI) asgari hızlarının 0,5-1 m/s hız değerleri ile diğer PDC ve Hibrit matkaplara oranla daha düşük hızlarda seyrettiği görülmektedir. IADC Kodu 437 olan üç konlu matkabın diğer, konlu matkaplara göre, ortalama hızı 5,36 m/s ile en yüksek değere ulaşmıştır. Aynı tipte 437Y konik dişli matkabın aynı litolojileri

aynı sondaj parametrelerinde kazmalarına rağmen, ortalama hızının 1,74 m/s olduğu görülmüştür.



Şekil 4.13. Kullanılan üç konlu matkapların hız kıyaslamaları

12 ¼” çapta kullanılmış olan PDC ve Hibrit matkapların sondaj parametrelerine bakılacak olursa, 616 PDC matkabın ortalama hızının 6,44 m/s hızı ile en hızlı matkap olduğu anlaşılmaktadır. Fakat; bu matkap Karadut Karmaşığının her metrajında bu performansı gösteremediği gibi, diğer PDC matkaplardan 716 PDC matkabın ortalama hız değeri 2,1 m/s hızı ile hibrit matkaplardan daha yavaş olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca PDC ve üç konlu matkapların ilerleme hızı (ROP) grafiklerine bakıldığında Hibrit matkaplara oranla anlık hız değerleri daha çok değişkenlik göstermiştir. Hibrit matkaplar ise anlık hız değerleri bakımında daha stabil bir grafik çizmiştir.



Şekil 4.14. Kullanılan PDC ve hibrit matkapların hız kıyaslamaları

Karadut karmaşığında 12 ¼” çapta sondaj yapan 6 adet üç konlu (TCI), 3 adet PDC ve 3 adet Hibrit matkabın sondaj sırasındaki kesmiş oldukları litoloji bantlarını, hız performans değerlerini ve kuyudan çıktığında durumlarını gösteren IADC değerlendirmeleri Çizelge 4.3’te gösterilmektedir. Kuyu derinlik litoloji grafiklerine bakıldığında, Karadut Karmaşığının, birden fazla litolojiyi içerisinde barındıran ve hangi metrajdan hangi litolojinin geleceği kestirilemeyen bir formasyon olduğu anlaşılmıştır.

H₂ kuyusunun Derinlik-Litoloji grafiklerine bakıldığında, sondajın 1092-1146 metreleri arasında (Bkz. Şekil 4.11.g) ve 1659-1725 metreleri arasında (Bkz. Şekil 4.12.g) litolojik olarak marn bantlarına rastlanmıştır. H₂ kuyusunun aksine H₁ kuyusunda, 12 ¼” sondajı süresince hiçbir noktada marn litolojisine rastlanılmamıştır.

Çizelge 4.3. Tüm matkapların performans değerlerinin kıyaslanması

Matkap Tipi	Asgari İlerleme Hızı, (m/s)	Azami İlerleme Hızı, (m/s)	Toplam Sondaj metraji, (m)	Sondaj süresince ortalama hız, (m)	Kesilen Litoloji Bandı ve içeriği.	Matkabın IADC Değerlendirmesi
437 TCI	1	19	216	5,36	Kireçtaşı, Şeyl (Silis+Pirit+Çörrt)	1-1-WT-A-A-E-I-NO-PR
517X TCI	0,5	3	44	1,48	Kireçtaşı, Şeyl, Çört (Silis)	3-8-BT-A-A-E-I-SD-PR
517 TCI-2	1	4,5	54	2,85	Kireçtaşı, Şeyl, Marn	1-1-BT-A-A-E-I-LT-BHA
517 TCI-1	0,5	3	20	1,17	Kireçtaşı, Şeyl (Pirit+ Silis)	1-2-WT-A-A-E-I-NO-PR
537X TCI	1	6	111	2,62	Şeyl, Kireçtaşı (Pirit+Siis+Çört)	1-2-BT-A-A-E-I-NO-PR
437Y TCI	0,5	4	62	1,74	Kireçtaşı, Şeyl, (Pirit+Çört+Silis)	2-3-WT-A-A-E-I-BT-PR
713 PDC	0,5	9	66	3,5	Şeyl, Kireçtaşı (Pirit+Siis+Çört)	3-4-WT-A-A-X-I-BT-PR
716 PDC	0,5	4	68	2,1	Şeyl, Kireçtaşı (Pirit+Siis+Çört)	2-1-BT-A-A-X-I-WT-PR
616 PDC	2	24	243	6,44	Şeyl, Çört, Kireçtaşı (Pirit)	5-3-BT-A-A-X-I-CT-PR
KM533X Hibrit	2	23	325	4,36	Kireçtaşı, Şeyl, Çört (Pirit+mil)	4-1-BU-C-C-X-I-CT-PR
KM524T Hibrit	2	8	166	4,5	Kireçtaşı, Şeyl, Çört(Pirit+silis)	4-5-BT-A-A-X-I-CT-PR
KMX525T Hibrit	3,5	7	66	4,59	Şeyl, Marn, Kireçtaşı	2-8-WT-A-A-E-I-BT-PR

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 2 kuyuda, Karadut Karmaşığının bulunduğu 12 ¼" çapında kazılmış sondaj çalışması ele alınmıştır. Sondaj sırasında kullanılan hibrit, PDC ve insert matkapların sondaj parametrelerinden faydalanılarak matkapların performansları değerlendirilmiştir. Bu tez çalışmasında ulaşılan sonuç ve öneriler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. Sondaj faaliyetleri boyunca, çalışma parametreleri belirlenirken matkabın üretim katalog değer sınırları içerisinde kalınmıştır. Ayrıca, matkabın ilerleme hızını (Rate of penetration) etkilememesi için, pompa hidroliği ve buna bağlı olarak nozzle çapları optimum değerde tutulmuştur. Bu sebeple, araştırma ve bulgular kısmında hidrolik hesap ve nozzle konfigürasyonu konusuna değinilmemiştir.
2. Bu çalışmada ele alınan H₁ kuyusuna ait Karadut Karmaşığında, kireçtaşı, şeyl, çört litolojileri ve bu litolojiler içerisinde silisli, kumlu ve piritli yapılara rastlanılmıştır. Fakat, H₂ kuyusunun 12 ¼" çaptaki sondajı sırasında, kireçtaşı ve şeyl yapılarının yanı sıra marn litolojisine de rastlanılmıştır. Neticede, iki sondaj kuyusunda ortak olarak, karşılaşılan litoloji bantları ardalanma göstermiştir.
3. H₁ ve H₂ Kuyularının Karadut Karmaşığında marn gibi farklı litolojiler gözlenmiştir. Bu durum, Karadut Karmaşığının kuyular bazında offset değerlendirilebilmesinin mümkün olmayacağını açıkça göstermektedir. Yani, H₁ kuyusunun verilerine bakılarak H₂ kuyusunun aynı metrajları için matkap seçimi yapmanın doğru bir yaklaşım olmadığı anlaşılmıştır.
4. PDC matkapların bıçak sayılarına göre performansları kıyaslandığında, bıçak (blade) sayısının düşürülmesinin, Karadut Karmaşığındaki şeyl bandının sondajında ilerleme hızının (ROP) artması yönünde etki edeceğini göstermektedir. Bunların yanı sıra, çıkan matkapların IADC değerlendirmeleri göz önünde bulundurulduğunda, sondaj sırasında çört, silis ve pirit litolojileri kesildiği zaman bıçak sayısı az olan matkapların daha çok deformasyona uğradığı görülmüştür (Bkz. Çizelge 4.1).

5. PDC matkapların hız performans kıyaslamalarına bakıldığında, Karadut Karmaşığındaki şeyl bandında kesici uç ölçülerinin (Cutter Size) 16 mm'den düşük tutulması ilerleme hızı (ROP) bakımından daha iyi sonuçlar alınabileceğini göstermektedir (Bkz. Çizelge 4.2).
6. H₁ ve H₂ kuyusunda kullanılmış olan Insert matkapların tipik özelliklerini koruduğu, yani sert litolojideki, çört ve silis-kireçtaşı bantlarını PDC matkaplara göre daha performanslı geçtiği görülmüştür (Bkz. Şekil 4.13)
7. Sonuç olarak, Karadut Karmaşığının sondajı sırasında şeyl-marn gibi göreceli olarak daha gevşek ve yumuşak litoloji kesildiği esnada matkabın sabit PDC kısmının, çört ve silis-kuvarsit vb. litolojilerin kesildiği sırada ise döner konlarının devreye girmesi ile üstün performans sağladığı anlaşılmıştır. Bu sebeple Karadut Karmaşığında, klasik olarak kullanılmakta olan PDC ve Döner konlu (Roller Cone) matkapların yerine, melez yapıda olan hibrit matkapların kullanımı ilerleme hızı (ROP) temelinde daha uygun görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Özkara, H., Derman, Ş.O., TPAO Sondaj Daire Başkanlığı, Sondaj Uygulamaları Eğitimi, Sondaj Matkapları (15-20 Nisan 2013), Belek, Antalya
2. Osgouei, R.E., 2007, Rate Of Penetration Estimation Model For Directional And Horizontal Wells. M.Sc., Ortadoğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 83, Ankara
3. Adams, N., 2011, Drilling Problems. In: Fundamentals of Drilling Engineering, Ed.: Mitchell, R.F., Miska, S.Z., 1. Edition, Society of Petroleum Engineers, USA, p.: 640
4. Bourgoyne, A.T., Chenevert, M.E., Millheim, K.K., and Young, F.S. Jr. 1991, Applied Drilling Engineering. Textbook Series, SPE, Richardson, Texas 2: 113–189.
5. Zabun., L TPAO Sondaj Daire Başkanlığı, Sondaj Uygulamaları Eğitimi, Sondaj Matkapları (31 Mart-8 Nisan 2013), Belek, Antalya
6. Ozbayoglu, E., 2011, Rotary Drilling Bits. In: Fundamentals of Drilling Engineering, Ed.: Mitchell, R.F., Miska, S.Z., 1. Edition, Society of Petroleum Engineers, USA, p.: 311
7. Hughes, B. (2017, December 01). Baker Hughes Rig Count. Retrieved December 15, 2017, from Baker Hughes Rig Count: <http://phx.corporateir.net/phoenix.zhtml?c=79687&p=irol-rigcountsoverview>
8. Gul S, Aslanoğlu V (2018). Drilling and Well Completion Cost Analysis of Geothermal Wells in Turkey. PROCEEDINGS, 43rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, 12-14.
9. Lukawski, M. Z., Anderson, B. J., Augustine, C., Capuano Jr., L. E., Beckers, F. K., Livesay, B., & Tester, J. W. (2014). Cost analysis of oil, gas, and geothermal well drilling. Journal of Petroleum Science and Engineering, 118, 1-14.
10. Demiral., TPAO Sondaj Daire Başkanlığı, Sondaj Uygulamaları Eğitimi, Sondaj Matkapları (15-20 Nisan 2013), Belek, Antalya
11. Mitchell, R., & Miska, S. (2011). Fundamentals of drilling engineering. Society of Petroleum Engineers.
12. Wang, C., Liu, G., Li, J., Zhang, T., Jiang, H., Ling, X., & Ren, K. (2018). New methods of eliminating downhole WOB measurement error owing to temperature variation and well pressure differential. Journal of Petroleum Science and Engineering, 171, 1420-1432.
13. Bourgoyne, A.T., Chenevert, M.E., Millheim, K.K., and Young, F.S. Jr. 1986, Applied Drilling Engineering. Textbook Series, SPE, Richardson, Texas: 225-226.

14. Mehaysen A. AL-Mahasneh. Optimization Drilling Parameters Performance During Drilling in Gas Wells. International Journal of Oil, Gas and Coal Engineering. Vol. 5, No. 2, 2017, pp. 19-26. doi: 10.11648/j.ogce.20170502.12.
15. Anonymous-1, 2020
16. Ergin, H., Acaroğlu, Ö., Toker, M., Ergener, B., & Akkriş, D. ROTARİ SONDAJ MATKAPLARININ OPTİMUM SEÇİMİ VE İŞLETİLMESİ İÇİN YENİ BİR YÖNTEM. Bilimsel Madencilik Dergisi, 55(1), 27-34.
17. Moore, P.L. 1986, Drilling Practices Manuel, Second Edition, Oklahama
18. TPAO, 2005, Sondaj Daire Başkanlığı, “Operasyon El Kitabı”, Temmuz 2005, Ankara
19. Oteri, V, A., 2010, Drilling optimization: drill bit performance optimization using DROPS simulator (Ekofisk/Eldfisk Field) (Masteroppgave/UIS-TN-IPT/2010; Master thesis, 2010)
20. Nygaard, R., Hartmann, R. A., Hareland, G., & Hellvik, S. (2008, January). Steering Response for Directional Wells in Soft Formations in Deepwater Developments. In Offshore Technology Conference. Offshore Technology Conference.
21. Alagoz, E., Wang, H., Russell, R. T., & Sharma, M. M. (2020, September 18). New Experimental Methods to Study Proppant Embedment in Shales. American Rock Mechanics Association.
22. Baker Hughes 2013, Hughes Christensen, Drill Bit Catalog
23. Super Drilling Products, 2014, Amendment No. 3 To Form S-1registration Statement Under The Securities Act Of 1933 and Superior Drilling Products, Inc., Securities And Exchange Commission Washington, D.C. 20549, Usa.https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1600422/000114420414029260/v377937_sl1a)
24. Winters,W.J.,Warren, T.M.,Onyia, E.C.,1987, Roller Bit Model with Rock Ductility and Cone Offset, Paper SPE No.16696, Presented at the SPE Annual Technical Conference, Dallas,September 27-30
25. Kahraman S.,1995, Konili Matkaplar; Seçim Kriterleri Sınıflandırılması, ÇJJ, Maden Müh. Bölümü, ADANA
26. Polat, M. A. 2011. Matkaplar [PowerPoint Slaytı]. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi Başkanlığı, Eğitim Toplantısı, Ankara.
27. Schlumberger. 2020. Drilling Bits[PDF belgesi]. <https://www.slideshare.net/lauraapacataboada/bits-124993750>. 24 Şubat 2020.

28. Rabia, H. (1985). Oil Well Drilling Engineering: Principle and Practice. Graham and Trotman Inc., Gaihersburg, USA.
29. Boryczko, P., 2012, Drill bit optimization in exploration well 6507/6-4a in the Nordland ridge area, (Masteroppgave/UIS-TN-IPT/2010; Master thesis, 2010)
30. Anonymous-2, 2020
31. Anonymous-3, 2020
32. Winters, W. J., Warren, T. M., & Onyia, E. C. (1987, January). Roller bit model with rock ductility and cone offset. In SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
33. McGehee, D. Y., Dahlem, J. S., Gieck, J. C., Kost, B., Lafuze, D., Reinsvold, C. H., & Steinke, S. C. (1992, January). The IADC roller bit classification system. In IADC/SPE Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers.
34. İmir, Ö. (2019). Batı Raman sahası üretim kuyularında matkap performans değerlendirmesi ve matkap jet çapı seçimi optimizasyonu (Master's thesis, Batman Üniversitesi).
35. Hughes Christensen, 1996, IADC Dull Grading System for Fixed Cutter Bits.
36. Bestebit. 2020. IADC Dull Grading for PDC Drill Bits [PDF belgesi]. <http://www.bestebit.com/wp-content/uploads/2016/12/PDC-Dull-Grading.pdf>. 29 Şubat 2020.
37. Mensa-Wilmot, G., Mikhail, B., Al-Saedi, M. J., Al-Anzi, D., & Al-Khaldi, M. (2006, January). Innovative Design Processes and Technologies Improve PDC Bit Performance in Harsh Drilling Environments. In IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers.
38. Botelho, R., Barreto, J., Bello, S., Anato, W., and Uzcategui, G., 2006, Drilling Optimization at the Aloctono Block in Venezuela With the Utilization of Latest Technologies in Impregnated Bits and Turbines. Paper SPE 99602 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA, 24–27 September. DOI: 10.2118/99602-MS.
39. Schlumberger. 2001. Drill Bits [PDF belgesi]. Drilling Measurements. Sugar Land Learning Center.
40. Jones M. L., 1988, Eastman Christensen Company, Salt Lake City, Utah, Appl. No.: 204,683
41. PetroWiki. 2020. PDC Drill Bits. https://petrowiki.org/PDC_drill_bits. 26 Şubat 2020.
42. Rock Drill Bit. 2020. PDC Cutters. <http://www.rock-drill-bit.com/pdc-cutters.html> 26 Şubat 2020.

43. Zuanlongbits. 2020. <http://www.zuanlongbits.com/info/what-s-the-difference-between-matrix-body-and-20263583.html>. 27 Şubat 2020.
44. Schlumberger. 2020. Drilling Bits[PDF belgesi]. <https://www.slideshare.net/lauraapacataboada/bits124993750>. 24 Şubat 2020.
45. Besson, A., Burr, B., Dillard, S., Drake, E., Ivie, B., Ivie, C., Watson, G. 2000. On the Cutting Edge [PDF belgesi]. Houston,Texas,USA
46. Smith Technologies, 2008 Smith Tool, “Dull Grading Manual”
47. World Oil’s, 2008. Drill Bit Classifier, Gulf Publishing Co., s.133-153, Houston, USA.
48. Varel Co., 1991. Varel product catalogue-mining industrial Rock bits, Varel Manufacturing Co., s.1-17, Dallas-Texas.
49. Walker-McDonald Mfg. Co., 1998. Rotary bits, WalkerMcDonald.
50. Hughes, B., 1989. Baker Hughes mining tools product catalogue, Baker Hughes, Houston, Texas, s.1-17.
51. Rockmore Int. Co., 1996. Product Catalogue, Rockmore Int., s.1-18.
52. Raymond, D.W., Elsayed, M.A., Polsky, Y., Kuzmaul, S.S., 2008. Laboratory simulation of drill bit dynamics using a model-based servohydraulic controller, Journal of Energy Resources Technology, 130, 4, s.112.
53. Cooper, G.A., Peltier, B., 1986. Advanced techniques for laboratory full-scale drilling tests, IADC/SPE Drilling Conference, s. 479-488, Dallas-USA.
54. Judzis, A., Bland, R.G., Curry, D.A., Black, A.D., Robertson, H.A., Meiners, M.J., Grant, T.C., 2007. Optimization of deep-drilling performance-benchmark testing drives ROP Improvements for bits and drilling fluids, SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam-Netherlands, s.25-39.
55. Ergin H., Acaroğlu Ö., Toker M., Ergener B., Akkriş D., 2016, Rotari Sondaj Matkaplarının Optimum Seçimi ve İşletilmesi İçin Yeni Bir Yöntem, Madencilik, Cilt 55, Sayı 1, Sayfa 27-34, Mart 2016
56. Borquez, G.V., 1981. Estimating drilling and blasting costs and analysis prediction model, Engineering and Mining Journal, January, s.83-89.
57. Perinçek D., 1978b. Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman İli) Alanının Jeolojik İncelemesi ve Petrol Olanaklarının Araştırılması (İÜFF Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi). TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1250. 212 s.
58. Utmanoğulları M., 2012. Şirvan- Özpınar (Siirt) Dolayının , Jeolojisi, Yeraltı Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. Yüksek Lisans Tezi. S.127.

59. Perinçek D., 1980'a. IX Bölge Hakkari, Yüksekova, Çukurca, Beytuşşebap, Uludere, Pervari Dolayının Jeolojisi. TPAO Arama Grubu, Rapor no. 1481. 80 s.
60. Yoldemir O., 1978. Suvarlı-Haydarlı-Narlı-Gaziantep Arasında Kalan Alanın Jeolojisi, Yapısal Durumu Ve Petrol Olanakları. TPAO Arama Grubu, Rapor no. 2275. 68 s.
61. Tekdal., G TPAO Arama Daire Başkanlığı, Formasyonların Özellikleri ve Yaşanan Problemler Eğitimi, (15 - 22 Nisan 2013), Ankara



DİZİN

A

Abstract · v
Aşınmış Diş · 41

B

Basınç dayanımı · 16

Ç

çizelge · x
Çamur motoru · 12
Çatlatma · 19

D

Dönme Hızı · 11,12
Dizin · 87
Doğrudan aktarma · 15
Dolaylı aktarma · 16

E

Elmas tipi matkap · 31,33

F

Formasyon · 1,15,44

Fixxed Cutter · 27,28,30

G

Giriş · 1

H

Harita · 51
Hibrit Matkap · 41,42,48

İ

IADC · 22,24,28
İçindekiler · vii
İlerleme Hızı · 4,12

K

Kaynaklar · 81
Kayaç Tipi · 15
Kuyu · 5,47,49
Karadut Karmaşığı · 50

M

Matkap · 7,22

Ö

Özet · iv

Özgeçmiş · 86

R

Resim · xiv, 2,3,42
Roller Cone · 17,18,24

S

Simgeler ve Kısaltmalar · xv
Sonuç ve öneriler · 78
Sondaj · 2,3,6

Ş

Şaft Yatağı · 21,23
Şekil · 5,7,8,10,16,30,35,46,55

T

Teşekkür · vi
Toprak Cinsi · 15
TSP · 34
Tricone Matkap · 22,24

Y

Yatay Sondaj · 46,48



TEKNOVERSITE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

