

Türkiye'nin Petrol ve Doğalgaz Arama ve Üretim Havzalarında Delinen Kuyularda Kullanılan Üç Konili Matkapların İşlevsizleşme Açısından Sınıflandırılması

İsmail Aruk¹ & Ergül Yaşar²

¹ 0009-0000-7838-5981-ismailaruk25@gmail.com

² 0000-0002-1290-749X-ergul.yasar@iste.edu.tr

İskenderun Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun, Hatay

ÖZET

Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte petrol ve doğalgaz arama ve üretim faaliyetleri için gerekli mühendislik alanında kuyu delme işlemlerinde birçok özelliğe matkap türleri geliştirilmiştir. Bu matkaplardan özellikle üç konili standart (çelik dişli) ve insert (gömme dişli) matkaplar hem ülkemiz hem de dünya petrol ve doğalgaz sektöründe önemli bir yer edinmiştir.

Yapılan çalışmada üç konili matkapların kuyu sondaj faaliyetleri neticesinde matkap yapılarında sondaj parametrelerine bağlı olarak meydana gelen işlevsizleşme ya da tahribat türlerinin analizi yapılarak bu işlevsizleşme türlerin sınıflandırılması yapılmıştır. Literatür çalışmalarında bu konuda genel olarak matkap çeşitlerinin sınıflandırılması, sondajda matkap ilerleme hızını etkileyen faktörler, ilerleme hızı-maliyet ilişkisi ve formasyonlara göre matkap seçim kriterleri ele alınmıştır. Diğer çalışmalardan farkı yapılan sondaj kuyu faaliyetlerinde üç konlu matkapların standart (çelik dişli) ve insert (gömme dişli) olmak üzere ayrı ayrı matkap tipi, matkapların iç ve dış sıra dişleri, yıpranma yerleri, yatak durumu, çaptan düşme, IADC kod, formasyon ve diğer sondaj parametrelerine bağlı olarak matkaplarda en sık görülen işlevsizleşme türlerinin detaylı analizi yapılmıştır. Bu analizler için Türkiye'nin petrol ve doğalgaz arama ve üretim havzalarında delinen kuyularda kullanılan 577 adet standart (çelik dişli) ve 1005 adet insert (gömme dişli) matkapların belirtilen parametrelerin sayısal olarak verileri toplanıp grafik ve tablo şeklinde işlevsizleşme durumlarının analiz ve yorumları ele alınmıştır.

Yapılan analizler sayesinde belirtilen parametrelere bağlı olarak standart (çelik dişli) ya da insert (gömme dişli) matkaplarda oluşacak muhtemel işlevsizleşmeler göz önünde bulundurularak duruma göre matkap tipi seçimi için yarar sağlayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Sondaj, standart, insert, matkap, diş, çap, yatak, IADC, formasyon

ABSTRACT

With the developing technology, drill types with many features have been developed for well drilling operations in the field of engineering required for oil and natural gas exploration and production activities. Among these drills, especially the three-cone standard (steel threaded) and insert (recessed thread) drills have gained an important place in both our country and the world's oil and natural gas sector.

In this thesis study, the types of dysfunction or destruction that occur in the drill structures as a result of the well drilling activities of three-cone drills, depending on the drilling parameters, were

analyzed and these types of dysfunction were classified. In literature studies, the classification of drill types in general, the factors affecting the drill progress speed in drilling, the progress speed-cost relationship and drill selection criteria according to formations are discussed. The drilling well activities, which differ from other studies, include the three-cone drills' standard (steel threaded) and insert (recessed gear) drill type, internal and external row teeth of the drills, wear areas, bearing condition, decrease in diameter, IADC code, formation and other details. A detailed analysis of the most common malfunction types in drills was made depending on the drilling parameters. For these analyses, numerical data of the specified parameters of 577 standard (steel threaded) and 1005 insert (recessed threaded) drills used in wells drilled in Turkey's oil and natural gas exploration and production basins were collected and the analysis and interpretations of their dysfunctional situations were discussed in graphical and tabular form.

Thanks to the analyses, it will be beneficial to select the drill type according to the situation, taking into account the possible dysfunctions that may occur in standard (steel thread) or insert (recessed thread) drills depending on the specified parameters.

Key Words : Drilling, standart, insert, bit, thread, diameter, bearing, IADC,

1. GİRİŞ

Gelişen günümüz dünyasında insanoğlu gereksinimlerini karşılama doğrultusunda birçok sektörde gelişmeler yaşatarak üretim ve tüketim faaliyetlerinde yer almaktadır. Geliştirilen sektörlerdeki hammadde, enerji ve sürdürülebilirliğin istenilen düzeyde tutulması için gerekli mühendislik yapılarına sahip birçok araç ve gereçleri kullanma yoluna gitmiştir. Özellikle son zamanlarda hem ülkemiz hem de uluslararası alanda önemli bir rekabet ortamı bulmuş bu sektörlerden birisi de petrol ve doğalgaz havzalarında gerçekleştirilen arama ve üretim faaliyetleridir.

Havzalardaki bu arama ve üretim faaliyetleri için uygulanan sondaj işleminde kullanılan en önemli araç ve gereçlerden biri de matkaplardır. Matkapların delinecek formasyonlara özgü bir nitelikte çalışması için uygun sondaj parametrelerine (wob, rpm, tork, mw) bağlı olarak sürekli takibi yapılır. Bu parametrelerin birbirleriyle uyumlu olmadığı durumlarda matkabın hem işleyiş hem de maliyet açısından zarar görmesine sebep olabilmektedir. Bu nedenle formasyona uygun matkap seçimi yapılır. Günümüz itibariyle döner konlu, sabit başlı ve darbeli olmak üzere üç tip matkap ile sondaj işlemleri yapılmaktadır (Tüy, 2021). Bu matkaplardan daha çok döner konlu ve sabit başlı matkaplar tercih edilmektedir.

Delinen sondaj kuyularında kullanılan matkaplar, kesici yapıları gereği çeşitli formasyonların etkisinde kalmaktadır. Kullanılan bu matkapların yapısında sondaj operasyonu esnasında ya

da sonrasında işlevsizleşme yani tahribat durumları ortaya çıkabilmektedir. Matkaplardaki bu işlevsizleşme durumların muhtemel sebepleri, işlevsizleşme bölgelerinin saptanması, analizleri ve bu durumların en aza indirgenmesi amacıyla matkapların işlevsizleşme açısından sınıflandırılması büyük önem taşımaktadır (Özdemir ve Şahinoğlu, 2022).

Bu makale çalışmasında, Türkiye'nin petrol ve doğalgaz arama ve üretim havzalarında delinen kuyularda karşılaşılan formasyon tipleri, uygulanan sondaj parametreleri vb. faktörlere bağlı olarak üç konili matkap yapılarında meydana gelen işlevsizleşme durumlarının analizi ve yorumlanması üzerine sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu çalışma, sondaj kuyularında kullanılan üç konili matkapların formasyon ve litolojiye bağlı olarak ortaya çıkabilecek muhtemel tahribatlara göre sondaj parametrelerinin daha etkin bir şekilde seçilmesine ve matkap ekonomisinin anlaşılması açısından önemli veriler sunmayı amaçlamaktadır. Makale çalışması sonucunda gelecekte yapılacak sondaj kuyularında üç konili matkapların yüksek performansta kullanımı için öneriler geliştirilmiştir.

2. KONİLİ MATKAPLAR VE SINIFLANDIRILMASI

2.1. Sondajın İlerleme Hızını Etkileyen Parametreler

Sondaj ilerleme hızı (ROP), sondaj faaliyeti sırasında matkabın formasyon kırıntılarını delmesine bağlı olarak kaydedilen ilerleme hızını ifade etmektedir (Sobhi ve diğ., 2022). Genellikle metre/saat olarak ifade edilmekle birlikte feet/saat ve metre/gün olarak da kullanılmaktadır. Sondaj faaliyeti esnasında derinliğin artmasıyla birlikte formasyonların üzerine binen yük ve formasyon içerisindeki kayaçların da etkisiyle sondaj uygulaması zorlaşabilmektedir (İmir, 2019).

Uygulanan sondajın iyi bir derecede sürdürülmesi için mekanik yönünden istenilen şartlarda, çalışılan kuyunun en az maliyetlerle tamamlanması gerekmektedir. Bu da ancak mevcut durumlarla daha çok metraj yapmak yani daha hızlı bir sondaj yapmak gerektiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle yapılan sondaj kapsamında mekanik etkenler, çamur özelliklerinin etkileri, hidrolik etkenler, formasyon özelliklerinin etkileri, kule verimi ve personel verimi gibi etkilerinin göz önünde bulundurulması gerekir (TPAO, 1976).

Çizelge 2.1. Sondajın ilerleme hızını etkileyen parametreler (TPAO, 1976'dan değiştirilerek)

Mekanik Etkiler	Çamur Özellikleri	Hidrolik Etkenler
------------------------	--------------------------	--------------------------

Matkap Üzerine Verilen Ağırlık (WOB)	Yoğunluk	Matkap HHP
Devir-Dönme Hızı (RPM)	Katı Madde İçeriği	
Tork	Viskozite	
Spesifik Enerji	Su Kaybı	
Matkap Tipi	Ham Petrol İçeriği	
Formasyon Özelliklerinin Etkileri	Personel Verimi Etkileri	Kule Verimi Etkileri
Basınç Mukavemeti	Personel Yeteneği	Bakım-Onarım
Sertlik ve Aşındırıcılık	Görülen Eğitim	Uygun Planlama
Elastiklik ve Kırılganlık	Özel Eğitim	Uygun Manevralar
Porozite ve Permeabilite	İş Sevgisi	Otomatik Sistem
Sıvı İçeriği ve İç Basıncı		Güç
Sıcaklık		

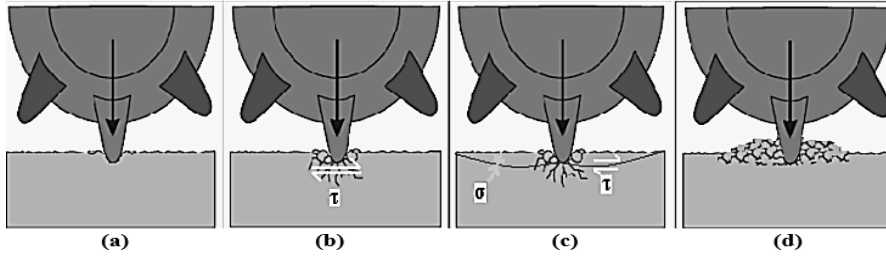
Sondaj performansına dolayısıyla sondajın ilerleme hızına etki eden bağımlı ve bağımsız diğer bazı önemli parametreler mevcuttur (Tüy, 2021). Bunlardan en önemlileri; matkap özelliğine bağlı olarak matkabin tipi, dönme hızı ve matkaba verilen ağırlık (weight on bit), çamur özelliklerine bağlı olarak çamurun tipi, yoğunluğu, viskozitesi ve matkaba bağlı dış aşınmaları ile matkap hidroliği gösterilebilir (İmir, 2019).

2.2. Konili Matkapların Çalışma Mekanizması

Konili matkapların çalışma prensibinde formasyonun parçalanması, kazarak parçalama ve ezerek parçalama olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Formasyonun parçalanmasındaki bu işlem matkap üzerine verilen ağırlık ve tork ile yapılmaktadır (Özdemir, 2009).

Kazarak parçalama, daha çok delinmesi kolay formasyonlarda uygulanan delme şeklidir. Bu uygulanma şeklinde matkap dişleri formasyon kayacının içine gömülür ve matkap dişleri kayacı iteleyerek parçalar. Daha çok kil türü özelliğe sahip formasyonlarda gerçekleşen parçalama şekli olarak da bilinir (Özdemir, 2009).

Ezerek parçalama işleminin de ise delinmesi zor, sert ve aşındırıcı formasyonlarda matkap dişlerinin formasyonun tek eksenli basınç dayanımından daha fazla bir kuvvetle uygulanma işlemi gerçekleşmektedir (Özdemir, 2009). Bu işlemde matkap dişlerinin uyguladığı kayma gerilmelerinin formasyonun kayma gerilmelerini yendiği takdirde oluşan formasyon parçalanması söz konusudur. Bu sayede matkap dişleri ile formasyon arasında krater oluşumu görülür (Özdemir, 2009). Şekil 2.1’de formasyonunu ezerek parçalanma işleminde dişlerin formasyona temasından krater oluşumuna kadar olan işlem yer almaktadır.



Şekil 2.1. Ezerek parçalama işlemi; dişlerin formasyona teması (a), tek eksenli basınç dayanımının aşılması (b), kayma gerilmelerin oluşumu (c), krater oluşumu (d) (Özdemir, 2009)

2.3. Konili Matkapların Sınıflandırılması

Sondaj esnasında kullanılacak matkaplar formasyon özelliklerine göre belirlenmekte ve sınıflara ayrılmaktadır. Konili matkapların IADC (Uluslararası Sondaj Müteahhitleri Birliği) tarafından formasyona uygun tasarım ve uygulanma prosedürüne göre birtakım çizelgeler sistemi geliştirilmiştir (İmir, 2019). Standart ve insert tipi matkaplar için uygulanan IADC sisteminde yer alan döner konili matkapların sınıflandırma yöntemi bu sektör bakımından standart bir uygulama haline gelmiştir.

Mevcut kullanılan IADC sınıflandırma sistemi ilk olarak 1992 yılında geliştirilmiş ve daha sonra SPE (Society of Petroleum Engineers) ile birlikte yeni güncellemeler de eklenerek bugünkü versiyonu kullanılmaktadır (McGehee vd., 1992). Bu sınıflandırma sisteminde ilk üç kısmın rakam son kısmın da harf olacak şekilde toplamda dört hanesi bulunmaktadır.

Çizelge 2.2’te görüldüğü gibi döner konlu matkaplarda IADC sisteminde ilk kısım (rakam) matkap serisini ifade etmektedir (Akar, 2020). Bu matkap serisinde 1 ile 8 arası rakamlar kullanılır. Rakamlar yumuşak formasyondan sert formasyona doğru nitelikler taşır. 1 ile 3 arasındaki rakamlar standart matkapları, 4 ile 8 arasındaki rakamlar da insert matkapları temsil etmektedir.

Çizelge 2.2. Konlu matkapların IADC sınıflandırılmasında 1.kısım (Tüy, 2021)

Matkap Tipi	Seri No	Formasyon Tipleri
Standart-Çelik (Oyma Dişli) Matkaplar	1	Yumuşak Formasyonlu, Düşük Basınçlı
	2	Sertçe-Sert Formasyonlu, Yüksek Basınçlı
	3	Sert, Aşındırıcı Formasyonlu
İnsert (Gömme Dişli) Matkaplar	4	Yumuşak Formasyonlu, Düşük Basınçlı
	5	Yumuşak, Sert Formasyonlu, Düşük Basınçlı
	6	Sertçe-Sert Formasyonlu, Yüksek Basınçlı
	7	Yarı Aşındırıcı Sert Formasyonlu
	8	Aşırı Sert ve Aşındırıcı Formasyonlu

Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi ikinci kısım (rakam) formasyon ya da litolojinin sertlik durumunu nitelemektedir. 1 ila 4 arasında numaralandırma yapılacak şekilde gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Konlu matkapların IADC sınıflandırılmasında 2.kısım

Sayı	Formasyon Sertliği
1	Yumuşak Formasyon
2	Orta-Sert Formasyon
3	Sert Formasyon
4	Çok Sert Formasyon

Çizelge 2.4'te üçüncü kısım (rakam) 1 ila 7 arasında rakamlandırılıp matkabın yatak ve aşınmaya karşı korunma tipini ifade etmektedir.

Çizelge 2.4. Konlu matkapların IADC sınıflandırılmasında 3.kısım (Acaroğlu vd., 2020)

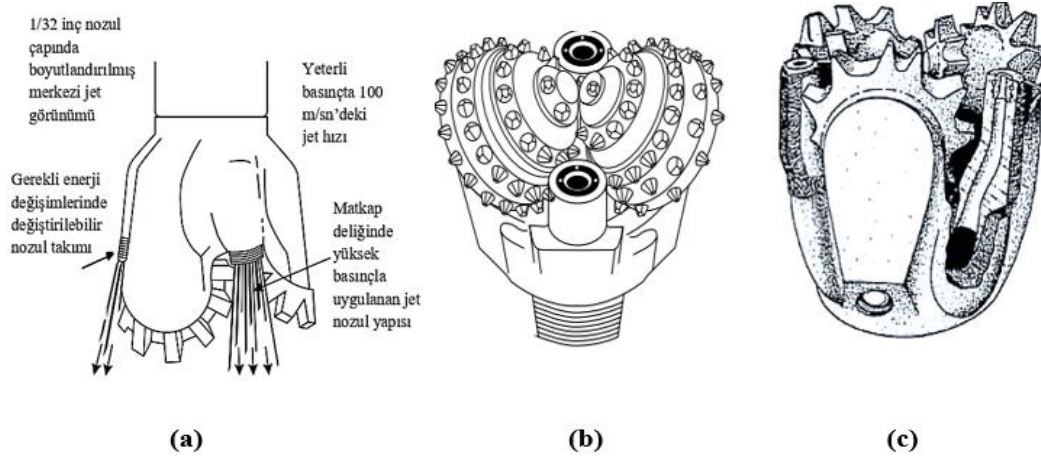
Sayı	Yatak ya da Gövde Tipi
1	Standart Keçesiz (Açık) Masuralı Yatak
2	Standart Hava Soğutmalı Keçesiz (Açık) Masuralı Yatak
3	Tungsten Karbid Korumalı Standart Keçesiz (Açık) Masuralı Yatak
4	Keçeli (Kapalı) Sızdırmaz Masuralı Rulman Yatak
5	Tungsten Karbidli Keçeli (Kapalı) Sızdırmaz Rulman Yatak
6	Tungsten Karbidli Keçeli (Kapalı) Sızdırmaz Mil
7	Keçeli (Kapalı) Sızdırmaz Açılı Yatak Rulman

Dördüncü kısımda (harf) ise matkabın diğer özelliklerini belirtmektedir. Bu kısımda harfle ifade edilen durumlar şöyledir (İmir, 2019). A harfi; havalı sondaj çalışmalarını ve hava soğutmalı matkapları, B harfi; özel sızdırmazlık elemanı olup matkapların özel uygulama alanlarında sağlanan avantajlarını (yüksek dönme hızı gibi), C harfi; matkaplarda merkezi jet özelliğini ve hidrolik enerjinin matkaplardaki etkisini, D harfi; döner konlu matkaplarda sapmayı minimize etmek için özel kesici yapılarını, E harfi; matkaplarda jet ya da uzatılmış jet dolaşımli sistemini ve dolayısıyla kuyu dibinin daha iyi temizlenmesi için sağlanan yapıyı, G harfi; yönlü ya da jeotermal sondajlarda matkaplara ilave edilen çap korumalarını, H harfi; yatay ve yönlü sondajlardaki matkap tasarımlarını, J harfi; delinmesi kolay formasyonlarda saptırma işlemini gerçekleştiren saptırma jetini, M harfi; kuyu dibi motoru, L harfi; ek gövde korumasını, S harfi; standart çelik dişli matkabı, T harfi; yaygın olmasa da saptırma da kullanılan iki konili matkabı, X harfi; keski şekilli tungsten karbid dişli matkabı, Y harfi; konik şekilli tungsten karbid dişli matkabı ve Z harfi ise diğer şekilli tungsten karbid dişli matkabı göstermektedir.

Çizelge 2.5. Konlu matkapların IADC sınıflandırılmasında 4.kısım

Harf	Anlamı	İşlevi
A	Havalı sondaj çalışmaları	Havalı sondajları ve hava soğutmalı matkapları açıklar.
B	Özel sızdırmazlık elemanı	Özel uygulama alanlarında matkap avantajlarını belirtir.
C	Merkezi Jet	Merkezi jet ve hidrolik enerjiyi sağlar.
D	Sapma Kontrolü	Sapmayı minimize etmek için özel kesici yapılarını gösterir.
E	Uzatılmış Jet	Jet dolaşımı ve kuyu dibi temizliğini sağlar.
G	İlave Çap Koruma	Yönlü ve jeotermal sondajlarda ilave çap korumasını tanımlar.
H	Yatay ve Yönlü Sondaj	Yatay ve yönlü sondajlarda matkap tasarımlarını gösterir.
J	Saptırma Jeti	Yumuşak formasyonlarda matkap saptırmasını sağlar.
M	Kuyu Dibi Motoru	Kuyu dibi motorları ile kullanılan matkapları tanımlar.
L	Ek Gövde Koruması	Aşındırıcı formasyonlarda ek gövde korumasını belirtir.
S	Matkap Tipi	Standart çelik dişli matkabı gösterir.
T	Matkap Tipi	İki konili matkabı gösterir.
X	Matkap Tipi	Keski şekilli tungsten karbid dişli matkabı gösterir.
Y	Matkap Tipi	Konik şekilli tungsten karbid dişli matkabı gösterir.
Z	Matkap Tipi	Diğer şekilli tungsten karbid dişli matkabı gösterir.

Döner konlu matkaplarda IADC sınıflandırılmasında çizelgelere bağlı olarak bir örnek matkap kodu ve anlamına bakacak olursak; **212S** = Standart (oyma dişli) matkap, yumuşak formasyonlu, standart hava soğutmalı keçesiz (açık) masuralı yatak ve standart çelik dişli matkabı tanımlar. Çizelge 2.5'teki konili matkap özelliklerine örnek olarak aşağıda merkezi jet, iki konili matkap ve uzatılmış jet tipi matkabın görselleri yer almaktadır.



Şekil 2.2. Konili matkap görselleri; merkezi jet (a), iki konili matkap (b) ve uzatılmış jet tipi matkapların (c) görünümü (ADITC, 2015 ve IADC, 2000'den değiştirilerek)

2.4. Üç Konili Matkapların İşlevsizleşme Açısından Sınıflandırılması

Sondaj operasyonlarında kullanılan üç konili matkaplarda meydana gelen aşınmalar, körelmeler ya da diş kırılmaları gibi olumsuz durumları belirlemek amacıyla IADC tarafından işlevsiz duruma gelmiş matkapların saptanması ve derecelendirilmesi amacıyla ilk olarak 1987 yılında dull bit grading sistemi geliştirilmiştir (İmir, 2019). İlerleyen yıllarda 1992 yılında bu sistem tekrardan revize edildi.

Günümüz itibariyle yakın zamanda 2021 yılında IADC Advanced Rig Technology (ART, IADC Gelişmiş Teçhizat Teknolojisi) Komitesi tarafından işlevsiz duruma gelmiş matkapların sınıflandırılmasındaki derecelendirme sistemini daha da geliştirmek için birtakım projeler de başlatılmıştır (Whitfield, 2022).



Şekil 2.3. Dull bit grading sisteminin tarihsel gelişiminin değerlendirilmesi (Whitfield, 2022'den değiştirilerek)

Sondaj esnasında kuyulardan çıkarılan matkapların durumları, hangi tür bir hasara ve aşınma durumuna maruz kaldığı, diğer sondajlar için kullanılıp kullanılmama gibi durumları belirlemek amacıyla döner konlu ve sabit başlı makaralar için IADC tarafından geliştirilen bu sistemde (dull bit grading) matkaplar için 8 temel özellik belirtilmektedir.

Çizelge 2.6. Matkapların aşınma durumunu gösteren sistem (dull bit grading) (Akar, 2020)

Kesici Yapı				Yataklar	Çap	Düşünceler	
1	2	3	4	5	6	7	8
İç Dişler	Dış Dişler	Aşınma Tipi	Aşınma Yeri	Yataklar ve Sızdırmazlıklar	Çap Aşınması	Diğer Aşınma	Çekme Nedeni
I	O	D	L	B	G	O	R

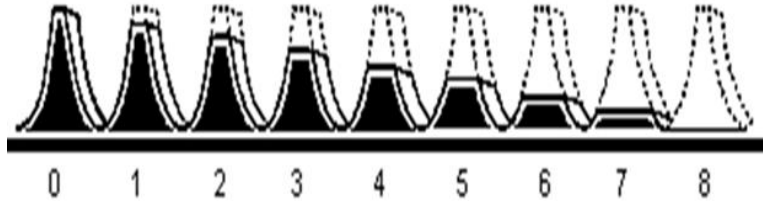
Bu 8 temel özellik Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi genel görünümünde ilk dört kolonunda matkabın kesici yapısındaki özelliklerinden iç dişler (Inner rows), dış dişler (Outer rows), aşınma tipi (Dull characteristic) ve aşınma yeri (Location) durumları yer alır.

Beşinci kolonda matkap yatak ve sızdırmazlık özellikleri (Bearing), altıncı kolonda çap aşınması (Gauge), yedinci kolonda matkabın diğer aşınma durumları (Other dull) ve sekizinci kolonda ise matkabın kuyudan çekilme nedenleri (Reason pulled) yer almaktadır.

T				B	G	Gözlemler	
Kesme Kısımı				B	G	Gözlemler	
İç Dişler	Dış Dişler	Aşınma Durumları	Aşınma Yeri	Yataklar	Çaptan Düşme 1/16	Diğer Aşınma Durumları	Matkabın Çıkış Nedeni
(I)	(O)	(D)	(L)	(B)	(G)	(O)	(R)
<p>(I) – Kesici Yapısı – İç, Matkabın 2/3'ü (O) – Kesici Yapısı – Dış, Matkabın 1/3'ü Kolon (I) ve (O)'da kesicilerin durumunu tanımlamak için 0-8 arası olan lineer ölçek aşağıdaki gibi kullanılır: Standart Matkaplar – Dişlerdeki aşınma miktarının ölçütü; 0 – Tüm dişler sağlam 8 – Dişler tamamen aşınmış, hiç boyu kalmamış Insert Matkaplar – Insertlerdeki kayıp miktarının kırılma, kaybolma veya aşınmaya bağlı olarak ölçülmesi; 0 – Insertlerde düşme, kırılma yok 8 – Insertlerin hepsi kırık veya/ve düşmüş (D) Yıpranma/(O) Diğer Yıpranma Özellikleri *BC – Kırık kon BT – Kırık diş/insert BU – Sarmış matkap *CC – Çatlak kon *CD – Kilitlenmiş kon CI – Birbirinin içine geçmiş kon CR – Ortası düşmüş kon CT – Ucu çentiklenmiş diş/insert ER – Hidrolik aşınma FC – Düzlenmiş diş HC – Isıdan insertlerin çatlaması JD – Junk tahribatı *LC – Kon düşmesi LN – Nozzle düşmesi LT – Diş/insert düşmesi OC – Merkezden kaçık şekilde aşınma PB – Oturma bacaklarının hasar görmesi PN – Tıkalı nozzle RG – Kabaklaşmış kon kenarı RO – Sızdırmazlık elemanı yağ tapası düşmüş SD – Kolların dış yüzey aşınması SS – Dişlerin kesilmesi TR – Kon tahribatı WO – Wash Out olması WT – Aşınmış diş/insert NO – Tahribat yok * kon numaralarını (L) Aşınma Yerinde, -kolon 4- belirt.</p>				<p>(L) Aşınma Yeri N – Çıkıntılı kısım M – Orta kısım H – Dış kısım A – Bütün kısımlar (B) Yataklar Standart Yataklı Matkaplar – Yatak durumunu açıklamak için 0-8 arası olan lineer ölçek aşağıdaki gibi kullanılır. 0 – Yataklar sağlam 8 – Yataklar tamamen bitmiş Sızdırmazlı Yataklar E – Yataklar sağlam, F – Yataklar bozuk N – Ölçüm mümkün değil (G) Çap Yeni matkaplar için API tolerans değerleri Matkap Çapı API Toleransı 5 5/8 - 13 3/4 + 1/32 : -0 14 - 17 1/2 + 1/16 : -0 17 5/8 & larger + 3/32 : -0 (R) Matkabın Çıkış Nedeni BHA – Dizi değişimi DMF – Motor arızası DSF – Dizi arızası DST – Drill Stem Test DTF – Kuyudaki alet arızası LOG – Log alımı CM – Çamur ıslahı CP – Karot alımı DP – Tapa sondajı FM – Formasyon değişimi HP – Kuyu sorunları HR – Matkap çalışma saati PP – Pompa basıncı PR – İlerleme hızı RIG – Tamirat TD – Son derinlik (casing) TQ – Tork TW – Takım sökülmesi WC – Hava şartları</p>			

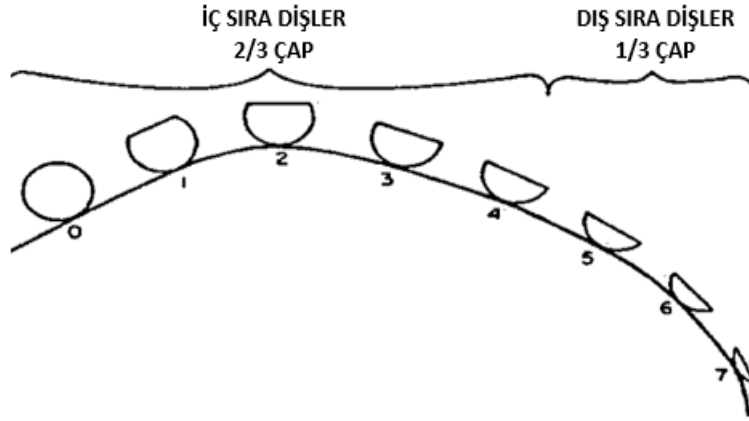
Şekil 2.4. Üç konili matkaplarda IADC durum kodlaması şeması (TPAO, 2004)

Çizelge 2.6'da görüldüğü gibi bir ve ikinci sütun iç ve dış sıra dişlerin sondaj operasyonu sırasında uğradığı aşınma oranını belirtir. Matkap dişlerinin aşınma derecesine göre 0'dan 8'e kadar doğrusal bir ölçek kullanılarak matkabın hem iç hem dış sıralardaki dişlerin durumuna bakılır. Bu derecelendirme sayıları aşınma miktarı ile artar.



Şekil 2.5. Döner konlu matkapta diş aşınma dereceleri (IADC, 1987)

“0” hiç aşınmayan, “8” rakamı ise tamamen aşınmış dişleri temsil eder. Sabit başlı matkaplarda iç sıra diş olarak matkap çapının $2/3$ kısmında kalan dişler, dış sıra dişler olarak da çapın $1/3$ kısmında kalan dişler belirtilir (Akar, 2020). Döner konlu matkapların da dış sıra dişler açısından sadece çap sırası, iç sıra dişlerin de çap sırası dışındaki tüm



içteki dişler gösterilir.

Şekil 2.6. İç ve dış sıra dişlerde aşınma durumları (IADC, 2000'den değiştirilerek)

Üçüncü sütunda matkap kısmındaki aşınma tipleri iki harfle belirtilmektedir. Baskın olarak gözlemlenen ve kesici yapıya uygun aşınma şekli yazılmaktadır. Örneğin matkap konlarında meydana gelen kırılmayı belirtmek için BC (Broken Cone), matkap dişlerinde oluşan kırılmayı ifade etmek için de BT (Broken Teeth) olarak yazılır.



BC (Broken Cone)

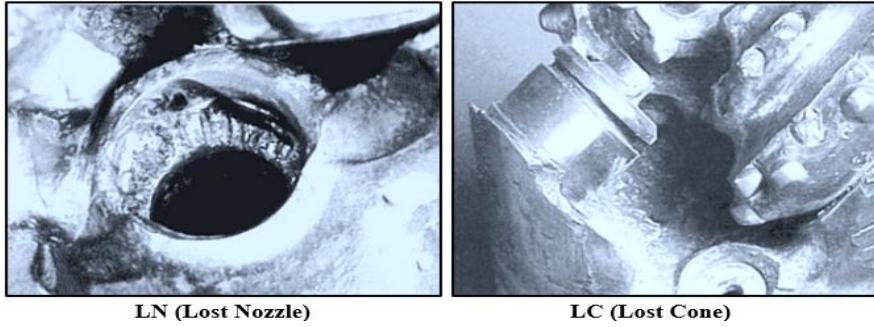


BT (Broken Teeth)

Şekil 2.7. Döner konlu matkaplarda koni ve diş kırılması (IADC, 2000'den değiştirilerek)

Çizelge 2.7. Matkap Aşınma Türleri (IADC, 2000)

Harf Kodu	Açılımı	Anlamı
BC	Broken Cone	Kırık Kon
BF	Bond Failure	Matkap Bağ Hatası
BT	Broken Teeth	Kırık Diş
BU	Balled Up	Matkap Sarması
CC	Cracked Cone	Kon Çatlaması
CD	Cone Dragged	Kon Kilitlenmesi
CI	Cone Interference	İç İçe Geçmiş Kon
CR	Cored	Orta Kon Kaybı
CT	Chipped Teeth	Çentiklenmiş Diş
ER	Erosion	Erozyon
FC	Flat Crested	Kon Düzleşmesi
HC	Heat Checking	Isıl Çatlaklar
JD	Jung Damage	Malzeme Hasarı
LC	Lost Cone	Kon Kaybı
LN	Lost Nozzle	Nozul Kaybı



Şekil 2.8. Döner konlu matkaplarda nozul ve kon kaybı (IADC, 2000'den değiştirilerek)

3. MATERYAL VE METOD

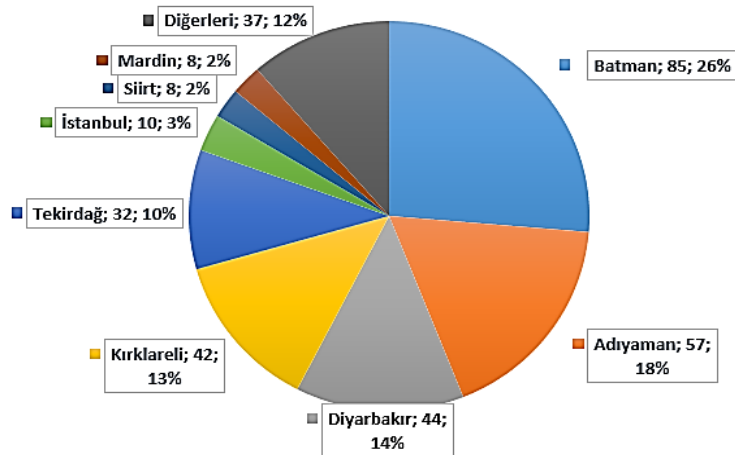
Bu tez çalışmasında 2003-2018 yılları arasında Türkiye'nin petrol ve doğalgaz arama ve üretim havzalarında delinen 324 sondaj kuyusundan elde edilen 1582 adet üç konili matkapların değerlendirme formları incelenerek matkapların çap, IADC kod, formasyon tipi ve diğer sondaj parametrelerine (wob, rpm, tork, mud weight vb.) bağlı olarak matkaplarda meydana gelen işlevsizleşme durumların sınıflandırılma analizleri yapılmıştır.

Yapılan üç konili matkap analizleri genel olarak Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu ve Trakya havzalarında delinen kuyularda (Şekil 3.1) yapılmakla beraber bölge ve illere göre dağılımına bakıldığında Batman (85 kuyu, %26), Adıyaman (57 kuyu, %18), Diyarbakır (44 kuyu, %14), Kırklareli (42 kuyu, %13), Tekirdağ (32 kuyu, %10), İstanbul (10 kuyu,

%3), Siirt (8 kuyu, %2), Mardin (8 kuyu, %2) ve diğer iller (37 kuyu, %12) yer almaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Güneydoğu Anadolu ve Trakya havzalarında incelenen kuyuların genel olarak konumu

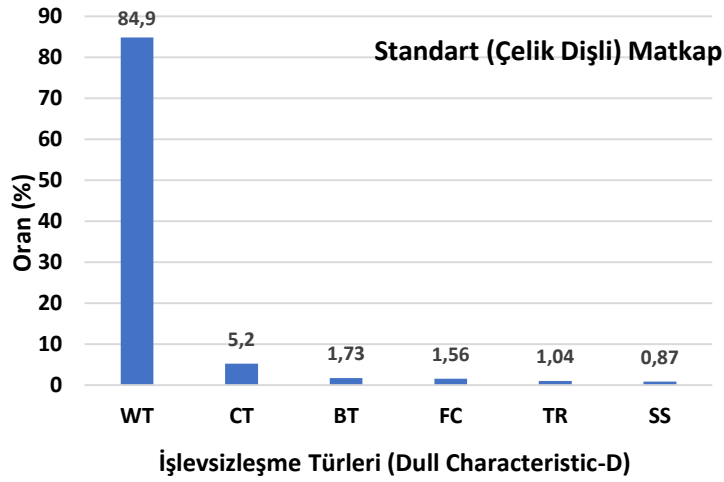


Şekil 3.2. İncelenen kuyuların illere göre dağılımı

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2013-2018 yılları arasında Türkiye'nin petrol ve doğalgaz arama ve üretim havzalarında delinen 324 sondaj kuyusundan elde edilen 577 adet standart (çelik dişli) ve 1005 adet insert (gömme dişli) matkapların genel olarak matkap tipine göre değerlendirme neticesinde standart (çelik dişli) matkaplarda en sık görülen işlevsizleşme durumunun %84,9 diş aşınmaları (WT) olduğu ve bununla birlikte çok az oranlarla da olsa %5,2 diş çentikleri (CT) ile %1,73 diş kırıkları (BT) görülmüştür. Diş aşınmalarıyla beraber standart matkaplarda oluşan diğer işlevsizleşme durumlarına bakıldığında çoğunlukla %85,74 hasar oluşmadığı (NO) görülürken bu durumu takiben yine düşük oranlarda %6,5 diş çentikleri (CT) ve %3,56 diş kırıkları (BT) yer almaktadır. Standart matkapların diş aşınma derecelerinin çoğunlukla düşük düzeyde (0,1,2 ve 3 derece), matkap yataklarının sağlam (E) ve çaptan düşmelerin de genelde olmadığı (I ya da 1) görülmektedir. Insert (gömme dişli) matkapların genel olarak matkap tipine göre analiz sonuçlarına bakıldığında ise çoğunlukla %63,15 diş aşınmaları (WT) ve %25,6 diş kırıkları (BT) ile beraber az miktarda da olsa %2,79 diş çentikleri (CT) ile %2,19 diş kayıpları (LT) oluşmuştur. Insert matkaplarda diş aşınmalarıyla beraber oluşan diğer işlevsizleşme durumlarına bakıldığında %73,07 hasar oluşmadığı (NO) ve %14,8 diş kırıkları (BT) ile beraber az miktarda da olsa %3,46 çentik dişler (CT), %1,42 matkap sarması (BU) ile %1,26 erozyon (ER) oluşmuştur. Insert matkaplarda ikinci en yüksek işlevsizleşme durumu olan diş kırılmaları ile beraber meydana gelen diğer işlevsizleşme durumlarına bakıldığında ise %40,4 diş aşınmaları (WT), %23,6 hasar oluşmadığı (NO), %10,8 diş kayıpları (LT), %6 matkap malzeme hasarı (JD) ve düşük oranlarla da olsa kon kilitlenmesi (CD), matkap yüzey hasarları (SD), erozyon (ER) ve iç içe geçmiş kon (CI) hasarları yer almaktadır. Insert matkaplarda görülen diş aşınma dereceleri standart matkaplara göre yer yer orta (3-5) ve yüksek derecelerde (5-8) seyretmiştir. Matkap yataklarının genelde sağlam (E) ve çaptan düşmelerin çoğunlukla olmadığı (I ya da 1) görülmektedir. Insert matkapların standart matkaplara göre diş kırıklarına daha fazla maruz kalmaları çalışılan formasyonun daha sert özellikli olmasına bağlanmaktadır. Bu nedenle insert matkaplarda eğer matkap çalışma saati süresini doldurmamışsa bu tür diş kırıkları normal olarak karşılanır. Ama standart matkaplarda bu diş kırıkları insert matkaplarda olduğu gibi normal karşılanmaz. Eğer

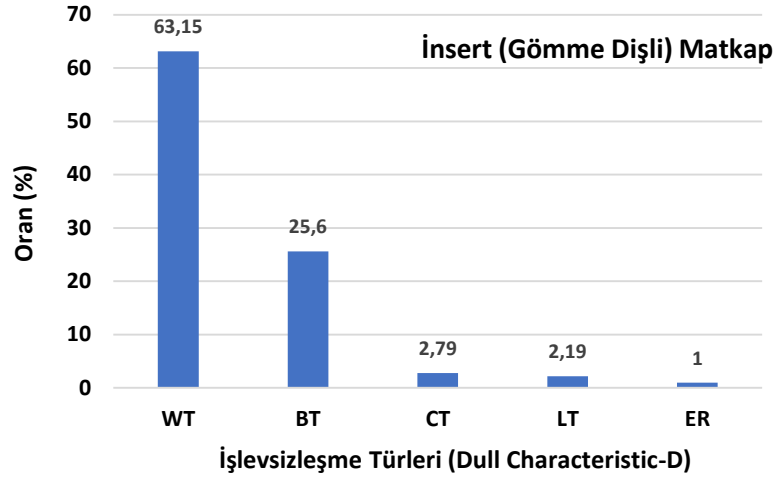
kullanılan standart matkaplarda diş kırıkları yoğun bir şekilde gözlemlenirse bu durum matkabın kuyu içerisinde ve formasyona göre uygun parametrelerde çalıştırılmadığı ya da



kuyu dibinde formasyonda problemler yaşandığı sonucuna varılır.

Şekil 4.1. Standart (çelik dişli) matkaplarda en sık görülen işlevsizleşme durumları

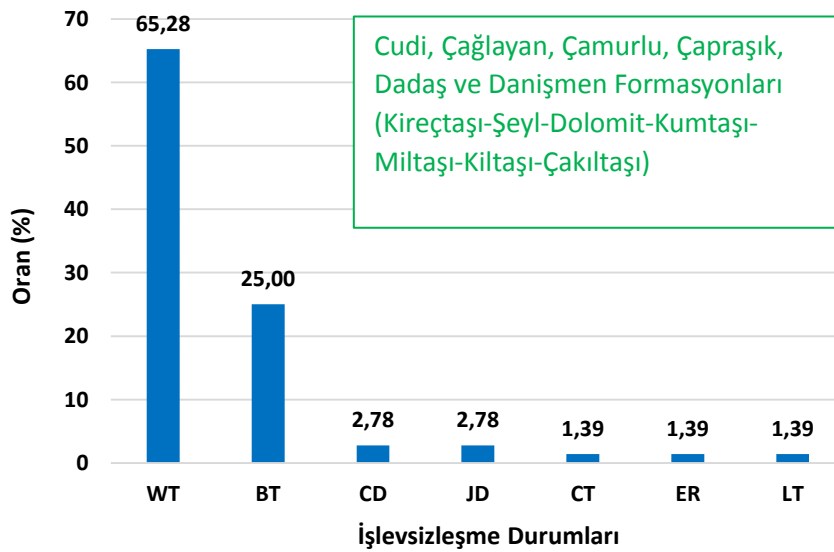
Matkap çaplarına göre en sık görülen işlevsizleşme durumlarına bakıldığında 8 1/2" standart (çelik dişli) matkaplarda %76 diş aşınmaları (WT) ve %10,38 diş çentikleri (CT) ile beraber az miktarda da olsa diş kırılmaları, 12 1/4" standart matkaplarda %86,32 diş aşınmaları (WT) ile beraber az miktarda da olsa diş çentikleri, diş kırıkları ve en son olarak da 17 1/2" standart matkaplarda %91,54 diş aşınmaları (WT) ile beraber az miktarda diş çentikleri, diş kırıkları, kon düzleşmeleri ve matkap sıkışmaları görülmüştür. 8 1/2", 12 1/4" ve 17 1/2" çaplı standart matkaplarda daha çok 117, 135 ve 137 IADC kod özelliği tercih edilmiştir.



Şekil 4.2. İnsert (gömme dişli) matkaplarda en sık görülen işlevsizleşme durumları (dull characteristic-D)

İnsert (gömme dişli) matkapların matkap çaplarına göre analiz sonuçlarına bakıldığında 8 1/2" insert matkaplarda %62 diş aşınmaları (WT), %27,33 diş kırıkları (BT) ile beraber az miktarda da olsa diş çentikleri, diş kayıpları ve erozyon, 12 1/4" insert matkaplarda %61,18 diş aşınmaları (WT), %23,88 diş kırıkları (BT) ile beraber az miktarda diş kayıpları, çentik dişler ve erozyon ve en son olarak da 17 1/2" insert matkaplarda %72,16 diş aşınmaları (WT) ve %19,58 diş kırıkları (BT) ile beraber az miktarda yine diş çentikleri, iç içe geçmiş kon ve kon kilitlenmeleri meydana gelmiştir. 8 1/2", 12 1/4" ve 17 1/2" insert matkaplarda daha çok 437, 515, 537 ve 537X IADC kod özelliği tercih edilmiştir.

Kireçtaşı, şeyl, dolomit, kumtaşı, miltaşı, kıltaşı ve çakıltaşı özellikli Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen formasyonlarında kullanılan insert matkaplarda %65,28 diş aşınmaları (WT) ve %25 diş kırıkları (BT) ile beraber çok az miktarlarda da olsa kon kilitlenmeleri, matkap malzeme hasarı, çentik dişler, erozyon ve diş kayıpları oluşmuştur. Bu formasyonlarda kullanılan insert matkaplarda özellikle kireçtaşı ve dolomit ardalımalı özellikli Cudi formasyonunda 417, 437 ve 447 IADC kod özellikli insert matkapların diş aşınma derecelerinde yüksek seviyede (5-8) işlevsizleşmeler görülmüştür. Sondaj faaliyetinde Cudi formasyonunda tercih edilen bu IADC kod özellikli matkaplarda kuyu içerisinde belirli bir süre sonra ilerleme düşüklükleri sıklıkla gerçekleşmiştir. Bu da Cudi formasyonunda 417, 437 ve 447 IADC kod özellikli matkapların kullanımının

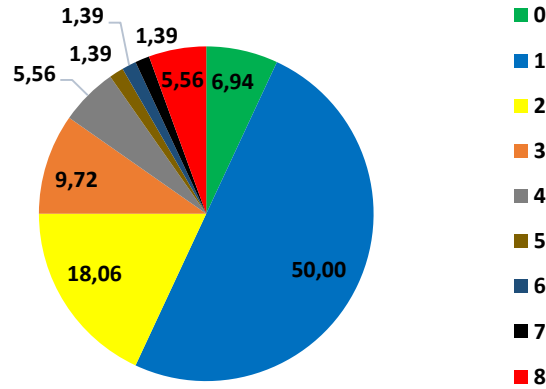


elverişli olmadığını açıklar niteliktedir.

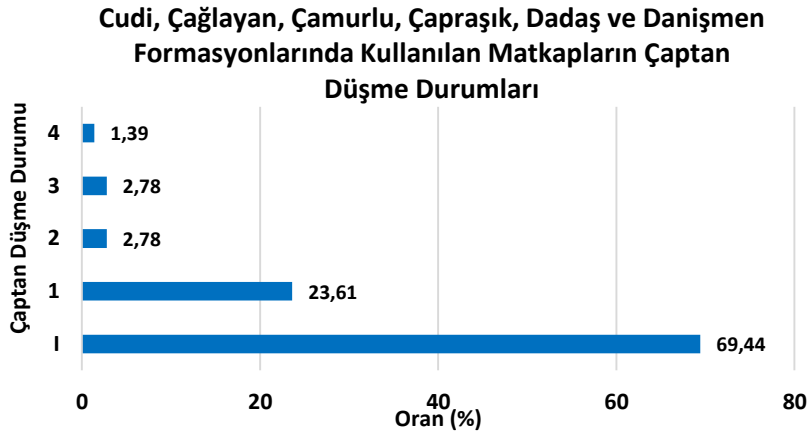
Şekil 4.3. Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen formasyonlarında kullanılan matkaplarda en sık görülen işlevsizleşme durumları

Kireçtaşı, marn, şeyl, dolomit, çört, çakıltası ve kumtaşı özellikli Hoya, Karababa, Karababa-A, Karababa-B, Karababa-C, Karaboğaz ve Karadut formasyonlarında kullanılan 435, 437, 437X, 517, 537 ve 537X IADC kodlu insert matkapların işlevsizleşme durumlarına bakıldığında ise %77,86 diş aşınmaları (WT) ve %16,79 diş kırıkları (BT) ile beraber çok az miktarda da olsa diş çentikleri, diş kayıpları, nozul kayıpları ve erozyon oluşmuştur. dereceleri genelde düşük, matkap yatakları sağlam ve çaptan düşmelerin çoğunlukla olmadığı görülmüştür.

Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen Formasyonlarında Kullanılan Matkapların Diş Aşınma Dereceleri

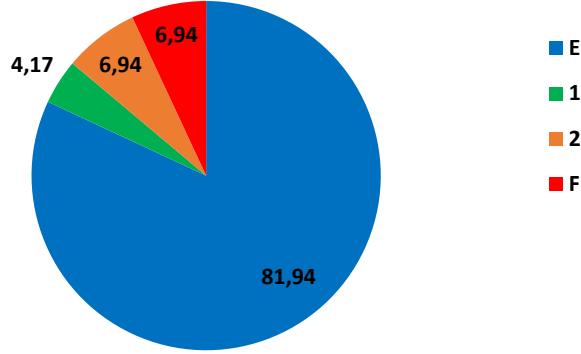


Şekil 4.4. Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen formasyonlarında kullanılan matkapların diş aşınma dereceleri



Şekil 4.5. Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen formasyonlarında kullanılan matkapların çaptan düşme durumları

**Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen
Formasyonlarında Kullanılan Matkapların Yatak Durumları**



Şekil 4.6. Cudi, Çağlayan, Çamurlu, Çapraşık, Dadaş ve Danişmen formasyonlarında kullanılan matkapların yatak durumları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz neticesinde formasyonda sert dolgularla karşılaşılması durumlarında matkaplardaki işlevsizleşmeleri en az indirmek için genelde 437, 437X, 537 ve 537X IADC kodlu insert (gömme dişli) matkapların tercih edilmesi daha uygundur. Özellikle matkap çalışma saatlerinin takibi sürekli yapılmalıdır. Aksi takdirde sürenin çokça aşılması durumunda matkap dişlerinin aşınmaları yüksek seviyede gerçekleşip bundan sonra matkabın kon ve yüzeylerinde tahribata geçecektir. Bu da matkapta kon gevşemeleri, kon çatlama ve bununla birlikte kuyuda matkap konlarının bırakılmasına neden olacaktır. Formasyon sondajı esnasında tork oluşumu, vibrasyon ve matkap sarma durumlarının takip edilmesi matkap işlevsizleşmeleri açısından önem taşır. Özellikle sondaj takibinde eleklerde numunenin görülmemesi ve ilerleme hızında düşüş yaşanması matkap sarma olayının gerçekleştiği anlamına gelir. Daha önce kullanılmış matkaplarla formasyon sondajı yapılmak istenirse matkabın daha önce kaydedilmiş matkap kayıt formları incelenmelidir. Matkap çıkışlarında matkabın hangi amaçla çıkışa geçtiği (ilerleme düşüklüğü, tork, çalışma saatinin dolması, basınç değişimleri vb.) saptanmalıdır. Formasyon tiplerinde yapılan sondajlarda daha önce kullanılan IADC kod özellikli matkapların işlevsizleşme durumlarına bakılarak matkap seçimi yapılmalıdır. Özellikle Cudi formasyonu gibi yoğun dolomitlere sahip formasyonlarda 417, 437 ve 447 IADC kod özellikli matkapların elverişli olmadığı görülmüştür. Kireçtaşı, marn, şeyl, dolomit, çört, çakıltası ve kumtaşı özellikli formasyonlarında kullanılan 435, 437, 437X, 517, 537 ve 537X IADC kodlu insert matkapların işlevsizleşme durumlarına bakıldığında ise

%77,86 diş aşınmaları (WT) ve %16,79 diş kırıkları (BT) ile beraber çok az miktarda da olsa diş çentikleri, diş kayıpları, nozul kayıpları ve erozyon oluşmuştur. Diş aşınma dereceleri genelde düşük, matkap yatakları sağlam ve çaptan düşmelerin çoğunlukla olmadığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abbas R., 2018, A Review on the Wear of Oil Drill Bits, Conventional and the State of the Art Approaches for Wear Reduction and Quantification, Chemical Engineering dept., Faculty of Engineering, University of Al-Qadisiya, Al-Diwaniya city, 58002, Iraq.
- Abbas R.K., Ghanbarzadeh A., Hassanpour A., 2020, A novel method for estimating the real-time dullness of tri-cone oil drill bits, Engineering Failure Analysis
- Acaroğlu Ö., Ünlü S., Hasipek B., 2020; Üç Konili Rotari Matkapların Seçiminde Dikkat Edilecek Önemli Parametreler, Madencilik, 2020, 59(4), 275-285.
- Adil Özdemir, Ahmet Güllü, Ergül Yaşar, Yıldırım Palabıyık (Temmuz 2021). Türkiye'de Karada Açılan Petrol ve Gaz Kuyularının Sondaj Mühendisliği Değerlendirmesi ve Maliyet Analizi. Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi ve Uygulama Dergisi (2021) 3 (3) 235-243. Araştırma Makalesi, e-ISSN: 2687-5993.
- Adil Özdemir, Ergül Yaşar, Yıldırım Palabıyık, Ahmet Güllü (Ocak 2022). Tricone Kaya Bitlerinin Penetrasyon Oranları ile Metre Başına Maliyetleri Arasındaki İlişki: Güneydoğu Anadolu ve Trakya Havzalarından Örnekler (Türkiye). Uluslararası Yer Bilimleri Bilgi ve Uygulamaları Dergisi (2022) 4 (1) 79-99. Araştırma Makalesi, e-ISSN: 2687-5993.
- Ahmet Güllü, Adil Özdemir, Yıldırım Palabıyık, Ergül Yaşar (Kasım 2021). Türkiye Kara Alanlarında Delinen Petrol ve Doğalgaz Kuyularında Kullanılan Sondaj Akışkanı Katkı Maddeleri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi. Sayı 27, s398-406. Araştırma Makalesi.
- Akar, A., 2020; MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, S. 165-175.
- Australian Drilling Industry Training Committee Limited (ADITC), 2015; The Drilling Manual, Second Edition: The Manual of Methods, Applications and Materials.
- BENTEC, 2018; Bentec Designs Top Drives That Withstand The Harshest Conditions and Reduce Rig Downtime, Various Top Drive Configurations..Bilgin, N., 1991; Maden İşletmelerinde Kullanılan Deliciler, Çalışma Şartları ve Ekonomisi, İTÜ Maden Fakültesi, 49 s.
- Bobo, R. A.,1968; Drilling-Tree Decades Back,One Ahead,JPT,July,pp.700-708.
- Canpolat C., 2008; Üç Konili Matkaplar, DSİ Teknik Bülteni, Sayı 104, Sf. 1-7.
- Clark, D.A., Coolidge, R.B., Kelety, J.T., Kerr, J., 1987; Application of the New IADC Dull Grading System for Fixed Cutter Bits, SPE/IADC 16145.
- Delafon, H., Bannerman, J., 1989; Extended Nozzles and Gauge Drilling are Keys to Bit Design in Alwyn 17 1/2". The 1989 IADC/SPE Drilling Conf., New Orleans, Febr.28. March 2., pp. 114-126.

- D.J. Reddish, Yaşar, E. (Temmuz 1996). Sondaj özgül enerjisine dayalı yeni bir taşınabilir kaya mukavemeti indeksi testi. Uluslararası Kaya Mekaniği ve Maden Bilimleri ve Jeomekanik Dergisi Özetler 33(5):543-548. DOI:10.1016/0148-9062(95)00083-6.
- Ersoy A. ve Waller M.D.,1996, The Influence Of The Rock Proporties On The Performance Of Thermally Stable PDC Core Bits, Department of Mineral Resources Engineering, The University of Nottingham, UK.
- Göktekin, A., 1991; Sondaj Tekniği, S.431.
- Grimes R.E., Felderhooff, F.C., Brown H.,1992; Heavy Weight Rock Bits Increase Penetration Rates in Hard Rock.Oil & Gas J.,May 18,pp.76-79.
- Gümüşay, E., 1974; Su Sondaj Matkaplarının Kullanılması, Bakımı ve İmalatı Üzerine Düşünceler, DSİ Yayını, S. 137
- IADC, 2000; IADC Drilling Manual eBook Version (V.11), Chapter A.
- İmir, Ö., 2019; Batı Raman Sahası Üretim Kuyularında Matkap Performans Değerlendirmesi Ve Matkap Jet Çapı Seçimi Optimizasyonu, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- İNTERNET: <http://www.guneyyildizi.com.tr/15-f-320-de/> (URL-1)
- Jimeno C.L., Jimeno E.L., Carcedo F.J.A.,1995; Drilling and Blasting of Rocks.p 391.
- Kahraman S.,1995, Konili Matkaplar; Seçim Kriterleri Sınıflandırılması, ÇJJ, Maden Müh. Bölümü, ADANA
- Kahraman, S.,1996; Konili Matkap Seçim Kriterleri, Sondaj Sempozyumu, S.137-144.
- Madigan J.A., Caldwell R.H.,1981; Application for Polycrystalline Diamond Compact Bits from Analysis of Carbide Insert and Steel Tooth Bit Performance. JPT, July, pp.1171-1179.
- McGehee, D.H., Dahlem, J.S., Gieck, J.C., Kost, B., Lafuze, D., Reinsvold, C.H., and Steinke, S.C. 1992, The IADC Roller Bit Classification System. Paper SPE 23937 presented at the IADC/SPE Drilling Conference, New Orleans, 18–21 February
- M. Elyasi, A. Maghsoudpour, H. Soleimanimehr & A. Akhavan Ferid. (Aralık 2023). 15□5PH paslanmaz çeliğin tornalanmasında çökeltme sertleşmesinin kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 54(12):1523-1536. DOI:10.1002/mawe.202300002.
- Moore, P.L.,1986; Drilling Practices Manual, Second Edition, Oklohama, USA, pp.363-399.
- Müftüoğlu Y.V., 1993, Delme Parametrelerin Otomatik Kayıt Yöntemleri Ve Uygulamaları
- Onan M. ve Müftüoğlu Y.V., 1993, Gelik-44 Sondajında Sondaj Parametreleri ve İlerleme Hızı İlişkilerinin Etüdü, Türkiye XIII. Madencilik Kongresi, Sf. 221-234.
- Oteri, V, A., 2010, Drilling Optimization: Drill Bit Performance Optimization Using DROPS Simulator (Ekofisk/Eldfisk Field).
- Özdemir A.,2009, Sondaj Tekniğine Giriş, 2. Baskı (c), Ankara.

- Özüdođru, S., Babür, E., 2001; Jeotermal Akışkan Üretim Ve Re-Enjeksiyon Kuyuları, Jeotermal Enerji Smineri, S.41-106.
- Rabia H., 1982, "Specific Energy as a Criterion for Drill Performance Prediction." International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 19(1): 39-42.
- Rabia H., 1985, Oilwell Drilling Engineering, Principles and Practice-Graham & Trotman .pdf
- Saether L.,2016, Detection of Bit Wear in Sandstone and Conglomerate, Analysis of Drilling Data and Formation Characteristics, Norwegian University of Science and Technology.
- Sobhi İ., Dobbi A., Hachana O., 2022, Prediction And Analysis Of Penetration Rate İn Drilling Operation Using Deterministic And Metaheuristic Optimization Methods, Journal Of Petroleum Exploration And Production Technology Volume.
- Teale, R., 1965, "The concept of specific energy in rock drilling." International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts 2(1): 57-73.
- Tianshou Ma, Keyan Liu, Xue Su, Ping Chen, P. G. Ranjith & Dmitriy A. Martuyushev. (Aralık 2023). Şeyl kayalarının mezo-mekanik özelliklerinin anizotropisinin mikro-indentasyon kullanılarak araştırılması. Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Bülteni, 83(1), DOI:10.1007/s10064-023-03510-y.
- TPAO, 1976; Sondaj Eğitim Yayınları, D Kursu 4.Kitap [1]
- TPAO, 2004; TPAO Sondaj Grubu Operasyon El Kitabı, V-2000/1.
- Tüy, M.U., 2021; Jeolojik Formasyonlarda Matkap Seçimi, İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Petrol Ve Doğalgaz Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ünlü, S., 2017; Gli Açık Ocağ İşletmeleri'nde Delici Makine Performansını Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, S.15.
- Whitfield, S., 2022; IADC ART Committee Moves Closer to Launching Updated Drill Bit Dull Grading System, Innovating While Drilling, Drilling Contractor March-April 2022, Page 20-21.
- Yaşar, E. (October 2020). The Strategic Assessment of Eastern Mediterranean Hydrocarbons Exploration of Turkey. 2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2020).
- Young, T.L. and Durkee, D.L. 1990. The Effect of Extended Nozzles and Crossflow Hydraulics with 17I/2 in. In Northern Germany, The 1990 IADC/SPE Drilling Conf., Febr.27-March 2, Houston, Texas, pp.67-75.
- Yünsel, Y., 2001; Rotari (Döner) Sondajlarda Matkap Çalışma ve Kaya Parametrelerinin İlerleme Hızı Üzerine Etkileri, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 92 S. (Yayımlanmamış)