

YAĞ ANALİZ PROGRAMI İLE AŞINMAYA BAĞLI HASAR ANALİZİ

Burak GÖKALP, H. İbrahim SARAÇ, Cenk ÇELİK

University of Kocaeli, Department of Mechanical Engineering, Veziroğlu Campus, 41040
İzmit, Turkey

ÖZET

Bu çalışmada motor aşınma değerleri bir yağ analiz programı ile deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar , motor yağlarının kullanıldığı sistemlerde motor bünyesinde oluşabilecek aşınmaya bağlı hasarların yapılacak düzenli yağ analizleri ile daha önceden tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kullanılmış motor yağı, aşınma metalleri, yağ analizi.

DESTRUCTION ANALYSIS DEPEND ON THE WEARING WITH OIL ANALYSIS PROGRAM

ABSTRACT

In this study, wearing level of the contacting parts of an engine has been investigated experimentally with the oil analysis program. The experimental results show that, the destruction due to the wearing on the contacting-working parts of the engine under performing of the functionalities in mineral oil bath should be predicted beforehand by the help of chemical oil analysis program.

Key words: Used oil, wear metals, oil analysis.

1. GİRİŞ

Motor ve makine parçalarının uzun süre arıza yapmadan ve aşınmadan çalışabilmeleri için planlı bakımlarının zamanında ve sistemli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Motor üreticileri ürettikleri motorlarda kullanılmasını tavsiye ettikleri yağları ve bunların kullanım periyotlarını vermektedirler. Yenilebilir enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması, üreticileri yeni kaynak arayışlarına, tüketicileri de elindeki rezervlerin tasarruflu kullanımına sevk etmiştir. Bu amaçla, motorlarda kullanılan yağlardan maksimum seviyede yararlanmak ve bakım periyotlarını uzatabilmek için, motor yağlama yağlarını değiştirmeden önce periyodik olarak analize tabi tutup, özelliklerini koruyup korumadıklarının belirlenmesi gerekmektedir [1].

2. MOTOR YAĞLARINDAKİ BOZULMALAR

İçten yanmalı motorlarda madeni yağların bozulmasına sebep olan 2 önemli faktör bulunmaktadır;

- Oksidasyon nedeni ile fiziksel ve kimyasal değişikliklerinin ortaya çıkması,
- Yanma odasından karışan maddeler ile kirlenme.

Motorun çalışma şartları oksidasyona çok uygun şartlardadır. Karterde, yağ buharı hava ile yüksek sıcaklıklarda temas halindedir. Sıcaklık, yanma bölümünde çok daha yüksektir. Karterde asitli maddeler ve karmaşık karbonlu bileşikler meydana gelir. Yanma odasında ve piston segman etrafındaki karbon parçaları karterde toplanır. Bütün bu kirlenmeler neticesinde, asit konsantrasyonu fazla olan yağ, yatakların korozyonuna ve motorda aşınmalara sebep olur [2].

3. AŞINMA TEORİSİ VE YAĞ ÖMRÜ

Yağların temel özellikleri koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli bir süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak motor parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakıma girme periyodu kısalmaktadır. Son on yıl içerisinde motorlarda kullanılan yağlar geliştirilerek yağın çalışma süresi uzatılmakta, egzost emisyonları iyileştirilmekte, yakıt ekonomisinde iyileşme sağlanmakta ve bu amaçla yağ viskoziteleri azalmakta ve sürtünme azaltıcı katkı maddeleri kullanılmaktadır [3].

Motorlarda kullanılan yağların ömrü, tüm araçlar için genel bir değişim periyodu ile belirtilmektedir. Ancak; motorlarda yağ ömrüne etki eden parametreler kullanıldıkları motora göre farklılıklar göstermektedir. Bunlar; motorun markası, modeli, motorun genel durumu, ateşleme sistemi, çalışma sıcaklığı, çalışma koşulları, iklim şartları vb. Dolayısıyla farklı çalışma şartlarına sahip olan motorların yağ değişim periyotları da birbirleri arasında da değişim göstermektedir. Kullanılmış yağların kontrolü adı altında yapılan analizlerden en önemlileri aşınma metalleri, viskozite, viskozite indeksi, toplam baz sayısı (TBN) ve toplam asit sayısı (TAN) su % ve parlama noktasıdır. Aşınma metalleri spektrometre cihazı ile motor içerisinde aşınmadan ileri gelen metallerin konsantrasyonu tayin edilerek motorun hangi parçasında aşınma olduğu, aşınmanın miktarı ve filtrenin iş görüp görmediği tespit edilebilmektedir [3].

4. YAĞ ANALİZ PROGRAMI

Yağ analiz programı (JOAP), ilk olarak ABD'leri Kara, Hava ve Deniz Kuvvetlerinde uygulamaya konulmuş ve ayrı olarak yürütülen yağ analiz programlarını birleştirip tek merkezden idare etmeyi amaçlayan bir programdır. Yağ analizleri ile aşınmış ürünleri tanıyıp hasar oluşmadan koruyucu önlem alınabilir veya kullanılan yağın motor üreticisi tarafından saptanan yağ değişim periyodundan daha uzun süre ile kullanılmasına imkân verir [5].

5. YAĞ ANALİZİ TEORİSİ

Yağ numuneleri, içerisinde oluşan belirli büyüklüklerdeki aşınmış metalleri ve kirliliği tespit etmek için kullanılan bir periyodik bakım programıdır. Bu sayede motorlar, dişliler ve hidrolik sistemler izlenebilmektedir. Yağ numunesinin bünyesindeki metal konsantrasyonundaki anormal artışı, sistemde anormal bir sürtünmenin göstergesi olmaktadır. Bu metal konsantrasyonundaki anormal artış doğrulandığında, sistem daha büyük bir problemin meydana gelmesinden önce kurtarılmış olmaktadır. Yağ analizleri ile aşınmış ürünleri tanıyıp arıza oluşmadan koruyucu önlem alınabilmekte veya kullanılan yağın motor

üreticisi tarafından saptanan yağ değişim periyodundan daha uzun süre ile kullanılmasına imkân vermektedir [4].

Çizelge 1’de dizel motorlarda kullanılan yağlama yağının bünyesindeki metal konsantrasyonunun limitleri ppm mertebesinde görülmektedir.

Yağ analizinin faydalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Ekipman ömrünü uzatmak
- Yağ değişim aralıklarını uzatmak
- Yağın durumu hakkında bilgi sahibi olmak
- Bakım masraflarını düşürmek
- Aşınma eğilimini ölçmek
- Uygun bakım aralıklarını tespit etmek
- Yedek parça envanterini azaltmak
- Ekipman yenileme maliyetini düşürmek
- Onarım programlanmasını düzenlemek. [4].

6. AŞINMA METALLERİ

Aşınan metaller, genellikle hareketli iki metal yüzeyin birbiriyle olan fiziksel ilişkisinden meydana gelmektedir. Yağlamaya rağmen metal aşınması belirli oranlarda olmaktadır. Aşınma metalleri nemin sebep olduğu korozyondan ve yağlama sistemindeki electrolytic hareketten dolayı meydana gelmektedir. Aşınma konusunda şu iki konu unutulmamalıdır;

- Kopan metal parçaları ve ya metalin üzerindeki kaplamanın kimyasal kompozisyonu her zaman aynıdır.
- Her bir metal parçacığın yağ içerisinde bulunma seviyesi ve üretim oranı, her bir cihaz için belirli zamanlarda yapılan analizlerle tespit edilebilmektedir.

Yağın metal seviyesinde anormal bir artış gözleendiğinde, oluşan partiküllerin kimyasal yapısı hasarın hangi bölgeye ait olduğunu göstermektedir. Bazı metal elementlerin varlığı oluşabilecek hasarların önceden belirleyicisi olmaktadır. Bir motorda kullanılan yağlama yağının incelenmesi neticesinde, yağın performans ve içindeki metal değerleri beraber değerlendirilmeli, sadece yağın performans değerlerinin bozulması yağın değişimi için gerekli ölçüt olarak alınmamalıdır. Bunun yanında yağın bünyesindeki metal değerlerinin miktarları da kontrol edilmelidir [3].

Örnek verecek olursak; motorda kullanılan bir yağlama yağının metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmiş ancak; yağ performans değerlerinde (viskozite, TBN, akma, parlama, Viskozite İndeksi, vb.) anormal bir durum yok ise, o motorda yağ değişimi yerine, aşınma analizinde tespit edilen metalin ilgili olduğu motor parçası kontrol edilir ve değiştirilir.

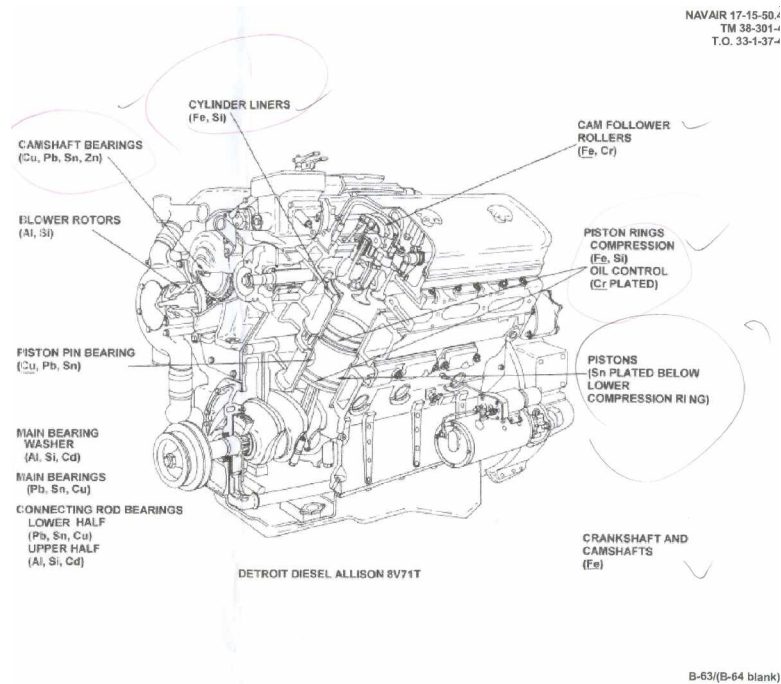
Şayet; bahse konu yağlama yağının metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmemiş ancak, performans değerlerinde anormal bir durum var ise, yağ değiştirilmelidir [3]. Yağlama yağında analiz edilmesi gereken aşınma metalleri ve sembolleri aşağıda olduğu gibidir. Çizelge 2’de Amerikan Donanmasındaki firkateynlerde kullanılan deniz tipi dizel motorlara ait metal aşınma değerleri görülmektedir.

Çizelge 1. Aşınma Metalleri Sembolleri.

Elementler	Sembolleri
Alüminyum	Al
Boron	B
Krom	Cr
Bakır	Cu
Demir	Fe
Kurşun	Pb
Magnezyum	Mg
Mobilden	Mo
Nikel	Ni
Silikon	Si
Gümüş	Ag
Sodyum	Na
Kalay	Sn
Titanyum	Ti
Çinko	Zn

Çizelge 2. Detroit Dizel ALLISON 8V71T Tipi Dizel Motor Aşınma Limitleri [5].

Durum	Fe	Al	Cr	Cu	Si	Pb
Normal	0-123	0-6	0-22	0-47	0-40	0-27
Marjinal	124-170	7	23-33	48-67	41-55	28-38
Yüksek	171-215	8-10	34-44	68-88	56-75	39-49
Anormal	216+	11+	45+	89+	76+	50+
Anormal trend	43	3	9	17	15	10



Şekil 1. Detroit Dizel Allison 8V71T Deniz Tipi Motor [5].

Çizelge 3. Detroit Dizel Allison 8V71T Deniz Tipi Motorun Karşılaştırmalı Metal Kompozisyon Analiz Raporları [5].

Motor	Silindir gömleği	Camshaft yatakları	Piston segmanları	Piston kol yatağı
Detroit Dizel Allison 8V71T	Fe-Si	Pb-Sn-Cu-Zn	Cr kaplama	Üst yatak Al-Si-Cd
				Alt yatak Pb-Sn-Cu

7. AŞINMA METALLERİNİN TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşınma metallerinin ölçümü için motor yağlama yağından alınmış çok az bir numunenin analiz cihazında tanımlanması mümkündür. Yirmi metallik element eş zamanlı olarak spektrofometrede tanınır, miktarları ölçülebilmektedir. Spektrometrik yağ analizi için iki analitik cihaz mevcuttur. Metallerin birbirleri ile olan ilişkisi aşınmanın sebebini bulmada bir anahtar görevi yapar. Aşınan metaller ve önemleri motor modeli ve kullanılan yağ ile değişir [5].

8. MÜŞTERİ İŞVEREN SORUMLULUKLARI, İHTİYAÇLARI VE PROGRAM YÖNTEMİ

Düzenli bir yağ analizi kullanarak bir bakım programı başlatmaya karar verildiğinde bilinmesi gereken bazı hususlar vardır. Programda her aşamada departmanların bir takım kuralları uygulanması programın işleyişi bakımından çok önemlidir.

Alınması gerekli yağ numunelerinin ilgili teknik personel tarafından tam zamanında, uygun yöntemlerle ve doğru bir şekilde analizi yapılacak laboratuara gönderilmesi gerekmektedir. Ayrıca kullanıcı tarafından yağ analiz programının önemini tam olarak kavranması gerekmektedir. Bu kapsamda yeterli ve gerekli eğitim yardımcısı her kademedeki kullanıcıya verilmelidir. Teknik malzeme yetersizliği programın işlevselliğini yitirmesine yol açacaktır.

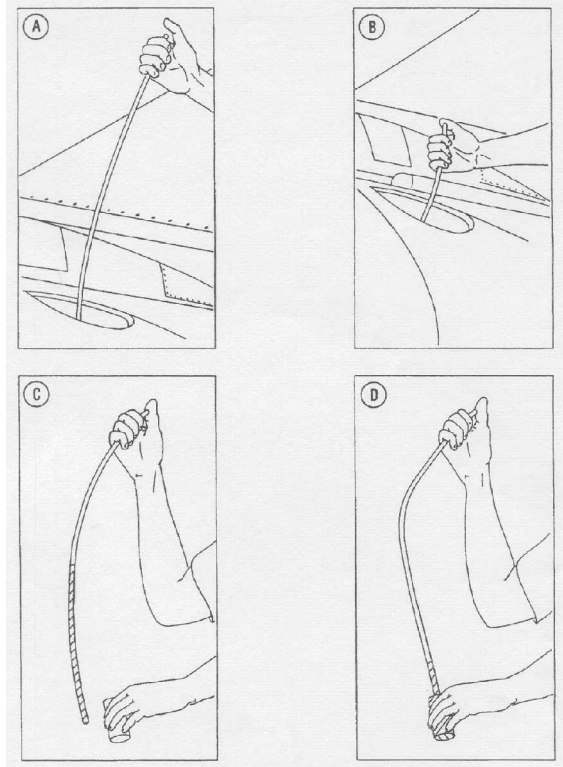
Veri toplamak; temel veri toplamanı oluşturmak için bütün yeni yağlardan numune alınıp analiz edilmelidir. Bu veriler bizi potansiyel bir problemin varlığı konusunda uyaracak kullanma limitlerini belirlemede kullanılacaktır.

Ünite Bilgisi; laboratuarda numune alımı yapılan her üniteye ait bilgiler bulunmalıdır. Bu bilgiler yapı, model, seri numarası ve yağ tipini içerir.

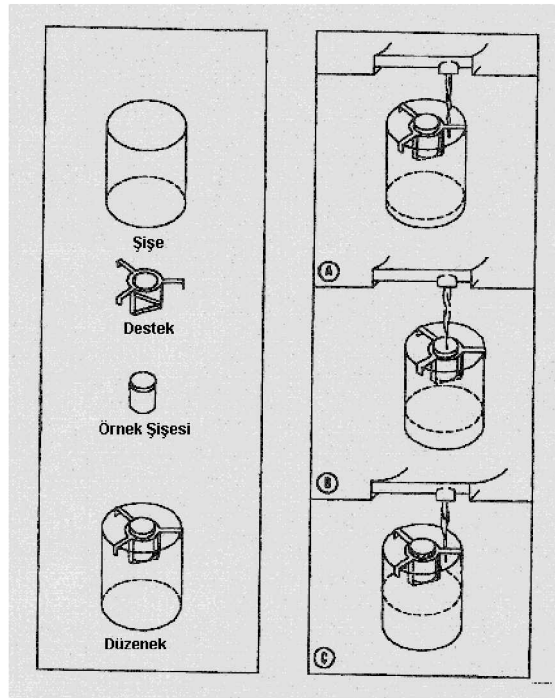
Düzenli Numune Alma Frekansının Saptanması; 3 ila 5 numunedan sonra bir geçmiş kaydı saptanmış olacaktır ve eğilimi tespit etmek kolay olacaktır.

Temsilci Numuneler Alınması; numuneler her zaman aynı şekilde ve yağ kartere inmeden sıcakken alınmalıdır.

Laboratuar Raporu; her yağ analiz programının anahtarıdır. Rapor; ünitenin ve yağın durumunu anlatır [5, 8].



Şekil 2. Daldırma Yöntemi İle Numune Alma Yöntemi [4].



Şekil 3. Dreyn Yöntemi İle Numune Alma Yöntemi [4].

Çizelge 4. Kullanılmış Yağ Metal Konsantrasyon Değerleri (Shell Derince Tesisleri, 2005)

Sistem/ppm	Fe	Pb	Cu	Sn	Al	Ni
Dizel motor	50	20	30	15	20	5
Benzinli motor	300	4999	37	20	37	7
Transmission	400	40	240	16	40	16
Hidrolik	60	16	40	8	40	4
Şanzıman	600	80	320	24	40	8

9. FİZİKSEL ÖZELLİK TESTİ (PERFORMANS KONTROLÜ)

Yağın fiziksel özelliklerinin test edilmesi, yağ kalitesinin anlaşılabilmesi için, ölçümün standartlaşmasını öngörmektedir. Fiziksel özellikler, yağlayıcının yanma odasında oluşan yakıt buharından dolayı kirlenmesini, fazla ısıdan dolayı oksidasyonu ve soğutma sisteminden dolayı oluşan kaçakların sebep olduğu kirlenmeyi tanımlamasına yardımcı olmaktadır. Fiziksel özelliklerin tespiti öncelikle deniz tipi makinelerde uygulanmaktadır [4].

10. FİZİKSEL ÖZELLİKLERİN ANLAŞILMASI VE SONUÇ ÇIKARILMASI

• Viskozite

En önemli özellik ve analizlerden biridir. Yağın fiziksel durumu için doğrudan referans oluşturur. Viskozitedeki değişiklik yağa yabancı madde karışığının göstergesi olabilir. Viskozite düşüşü, yağ filminin dayanıklılığını azaltır ve motorda aşınma hızlanır. Viskozite düşmesinin muhtemel nedeni yakıt karışmasıdır [4].

• Su miktarı

Miktarı ne olursa olsun, suyun varlığı anormal olarak değerlendirilir. Aşınma, çamur ve emülsiyon birikintilerine neden olur. Su soğutma sisteminden, düşük çalışma sıcaklığından, krank yatağının iyi havalanmamasından, sistemin sık sık kapatılmasından kaynaklanabilir [4].

• Glikol

Glikol ısı olarak kararsızdır. Yağ yetmezliğine erken aşamalarında yakalanmazsa motor arızalarına sebep olur. Glikol soğutma sistemine o-ringler ve contaların bozuk olmasından dolayı sızarak, silindir kafalarındaki çatlaklardan, cidarlardan girebilir. Bu sızıntılar motorun çalışması sırasında ve ya kapatıldıktan sonra soğuması sırasında gerçekleşebilir. Glikol en çok yataklarda bulunan bakıra etki eder [4].

• Oksidasyon

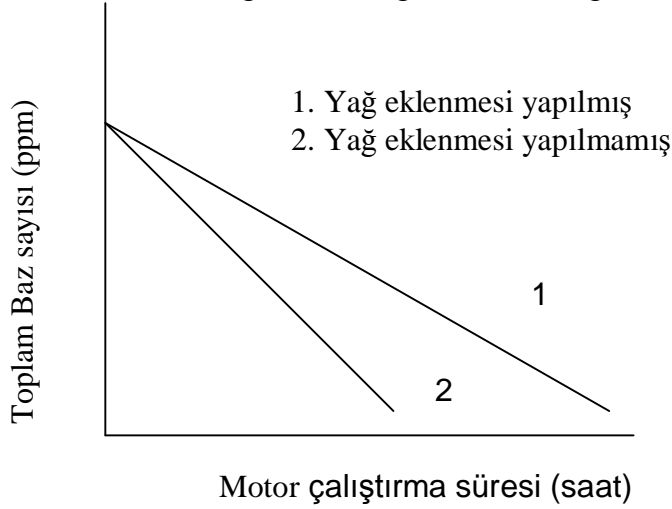
Yağın rengi açık kahverenginden siyaha doğru gittikçe bu onun çözünebilir/çözünemeyen oksidasyon ürünleri ile doygun halini gösterir. Oksidasyonun sebepleri, yetersiz yağ akışı, yağın kullanılmasıyla oluşan normal birikme, yüksek yağ ve su sıcaklığı ve motordaki bölgesel sıcak noktalardır [4].

• Toplam Baz Sayısı

Bu sayı yağın korozyona neden olan asitleri absorbe edebilme yeteneğinin ölçüsüdür. Yeni yağın toplam baz sayısı (TBN) olabilecek en yüksek değerdedir. Bu noktadan itibaren asitler yağın alkali öğelerini tükettikçe TBN değeri düşmeye başlayacaktır. Bu yağa yeni yağ eklenmesi TBN düşüşünü önlemeye yardımcı olur. Düzenli bakım yapılan motorlarda yağ

boşaltım aralıklarını uzatır. Tipik motor yağlarının TBN'ni 5–7 arası değiştirken, yüksek bileşimli yağların TBN'ni 12–15 arası olabilir. Yüksek kükürtlü yakıt kullanılan gemi makinelerinin yağları 35–40 TBN'e sahip olabilir.

Yüksek TBN yağın asitlere karşı koyma yeteneğinin daha iyi olduğunu gösterir, ancak; diğer özellikler bakımından yüksek TBN yağın daha iyi olduğunu göstermez. Yağlama yağına toz, toprak, su, yakıt kurumu ve ya kurşun karışımından ve aşırı sıcaklıkta çalışmadan dolayı viskozitede artış görülebilmektedir. Kullanım süresine de bağlı olarak yağ içerisinde bulunan çeşitli katkı maddelerinin ve yağın temizleyici özelliğinin göstergesi olan TBN değeri azalmaktadır. Ancak TBN değeri sadece yağın kullanım süresi ile orantılı olarak azalmamaktadır. Yağın saklandığı tankın kirliliği bile TBN değerini azaltıcı bir etkidir [4].



Şekil 4. Yağ kullanım süresine bağlı olarak TBN değişimi.[3].

• Toplam Asit Sayısı

TAN ve pH sıcaklıkla birbirleri ile karıştırırlar. Kavramlar birbirlerine çok yakındır. PH göreceli asit kuvveti, TAN ise kuvvetle ilgisi olmaksızın toplam asit miktarıdır. Yağ oksidasyonu ürünü zayıf asitler pH'ı önemli derecede etkilemezler [5].

11. NUMUNE ALMA YÖNTEMİ

Efektif ve başarılı bir yağ analiz programına, gerçek ve sistem bütünlüğüne sahip bir numune ile ulaşılabilir. Numune alırken bir takım basamaklara çok dikkat edilmelidir. Numune motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınmalıdır. Eğer makine 30 gün çalışmayacaksa, numune almak için makine, çalışma sıcaklığına ulaşana kadar çalıştırılır. Daha sonra numune motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınmalıdır. Bir numune bir üniteye yeni yağ eklenmesinden sonra alınmalıdır.

Numune almak için, yağ seviyesi çok düşükse veya laboratuvarın özel bir numuneye ihtiyacı var ise, yeni ve eski yağ karıştırılır.

Ve motor, çalışma sıcaklığına ulaşana kadar motor çalıştırılır. Daha sonra motor/cihaz stop edilir edilmez hemen sonra ve sisteme herhangi bir sıvı eklenmeden önce alınır [4,5].

12. SPECTRAL ANALİZ YÖNTEMİ (DENEYSSEL YÖNTEM)

Bir numune içindeki kimyasal elementlerin, uygun bir sistemle uyarılarak ve yine optik aparatlarla dalga boylarının difraksiyona uğrattırılıp, dalga boyu ve spektral hatların intensitesinin ölçülerek elementlerin niteleyici, niceleyici tayinine spektro kimyasal analiz olarak tanımlanmakta olup, bu ölçümler optik emisyonlu cihazlar ile yapılabilmektedir. Genel olarak bu cihazlarda analizi yapılacak numune havasız ortamda enerji verilerek uyarılmaktadır. Uyarılan numunenin belirli dalga boylarını kapsayan spektrumu meydana gelmektedir. Aşınma metallerinin tespiti için, yağın kullanıldığı motorun metal kompozisyonunun bilinmesi önemlidir. Çünkü aşınma metalleri tespit edildiğinde, motor parçalarının hangi metal kompozisyonuna sahip olduğu bilinmediği takdirde, yapılan aşınma metal analizinin hiçbir anlamı olmayacaktır. Bu nedenledir ki; periyodik yağ analizi yapılacak olan bir motorun ve ya sistemin tüm teknik bilgilerinin yanı sıra metal kompozisyonun da bilinmesi gerekmektedir. Numune her zaman için bütünü temsil etmelidir. Emisyon spektrometresinde analizi yapılacak numunenin özellikleri şunlar olmalıdır [6].

- Bütün yanma yüzeyi boyunca homojenlik göstermesi.
- Hava boşlukları ve kabarcıklardan yoksun olması.
- Elektrot tutucusu içine uyacak biçimde ve ölçüde olmalıdır.
- Yanmanın oluşacağı yüzey iyi parlatılmış olmalı ve yüzeye el sürülmemelidir. Kir, yağ gibi bileşikler ihtiva etmemelidir [6].

Çizelge 5, 6, 7, 8 ve 9’da örnek bir deniz tipi dizel motorun, 2001 model Alman yapımı optik emisyonlu spektrometre vasıtasıyla planlı bakımlarında ve arıza onarımlarında değiştirilen parçalarından talaş alınarak yapılmış spektral metal analizlerinin sonuçları görülmektedir. Bu şekilde parçaların bileşimine yüzde olarak hangi metalden ne kadar katıldığı bulunabilmektedir [1].

Çizelge 5. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Ateş Segmanı Kimyasal Metal Analiz Raporu [1].

C	Si	Mn	P	S	Sb	Bi	Ce	Zn
2,58	3,33	0,133	0,036	0,008	0,004	0,003	0,018	0,010
Al	Nb	V	W	Co	Mo	Cu	Pb	Ni
0,022	0,005	0,008	0,006	0,004	0,007	0,383	0,004	0,026
Te	Ca	Zr	La	Fe	Mg	Sn	Ta	As
0,001	0,0038	0,001	0,050	93,2429	0,022	0,002	0,005	0,004

Çizelge 6. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Egzost Valfinin Kimyasal Metal Analiz Raporu [1].

C	Si	Mn	P	S	Zr	Al	Ti	B	Nb
0,037	0,263	0,063	0,004	0,001	0,028	1,361	2,827	0,0033	0,034
Ni	Mo	Cu	Fe	Cr	W	Co	Mg	Pb	V
76,4	0,212	0,032	1,271	17,046	0,01	0,382	0,005	0,001	0,021

Çizelge 7. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Kol Yatağının Dış Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu [1].

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
0,195	0,008	0,539	0,006	0,008	0,025	0,014	0,005	0,019	99,099
As	Sb	Bi	Ce	Zn	Te	Ca	Zr	La	Al
0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,0001	0,001	0,001	0,05
Ti	B	Nb	V	W	Co	Ta	Mg	Sn	Pb
0,001	0,001	0,001	0,002	0,004	0,003	0,005	0,001	0,001	0,001

Çizelge 8. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Piston Kol Yatağının İç Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu [1].

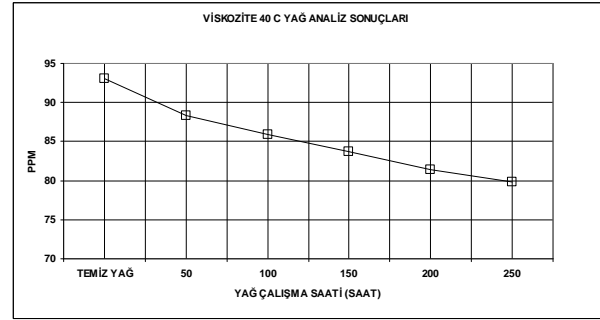
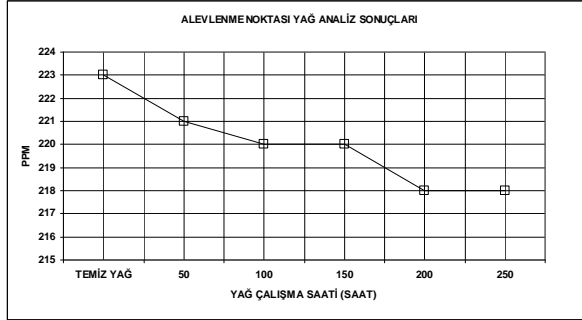
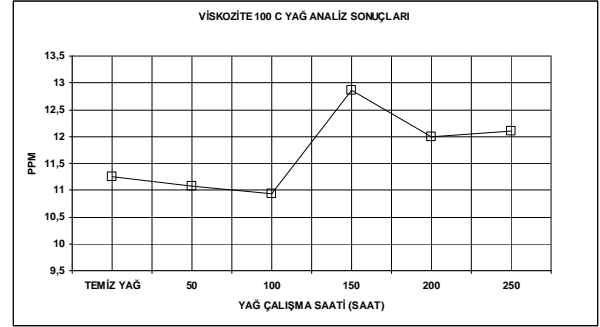
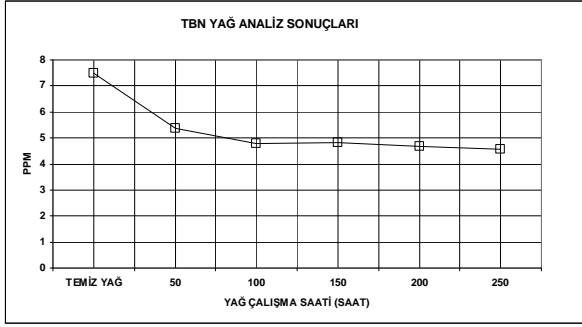
Na	Mn	S	Cr	Ni	Cu	Co	Mg	Sn	Pb
0,0037	0,0113	1,1253	0,0236	0,0278	0,0417	0,009	0,015	7,886	83,44
As	Sb	Bi	Zn	In	Ca	Tl	Fe	Te	Al
0,0001	0,546	0,001	0,0524	0,0128	0,0009	0,0024	0,0248	0,005	6,766

Yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar, yapılacak yağ analizlerindeki aşınma metallerinin tayini konusunda kullanıcıya bilgi verecektir. Motor üreticisi firmaların çeşitliliği, ürettikleri aynı tip motorların bile farklı metal kompozisyonunda olabileceğini ve aşınma limit değerlerinin de farklı olabileceğini göstermektedir [1].

Çizelge 9. Örnek Bir İçten Yanmalı Deniz Tipi Motor Silindir Gömleğinin İç Yüzeyinin Kimyasal Metal Analiz Raporu [1].

Co	Fe	Mo	Sn	V
0,007	93,045	0,324	0,079	0,045
Al	Mn	S	Cr	Sb
0,005	0,674	0,091	0,267	0,009
Si	C	P	Ni	Cu
1,86	3,14	0,297	0,034	0,123

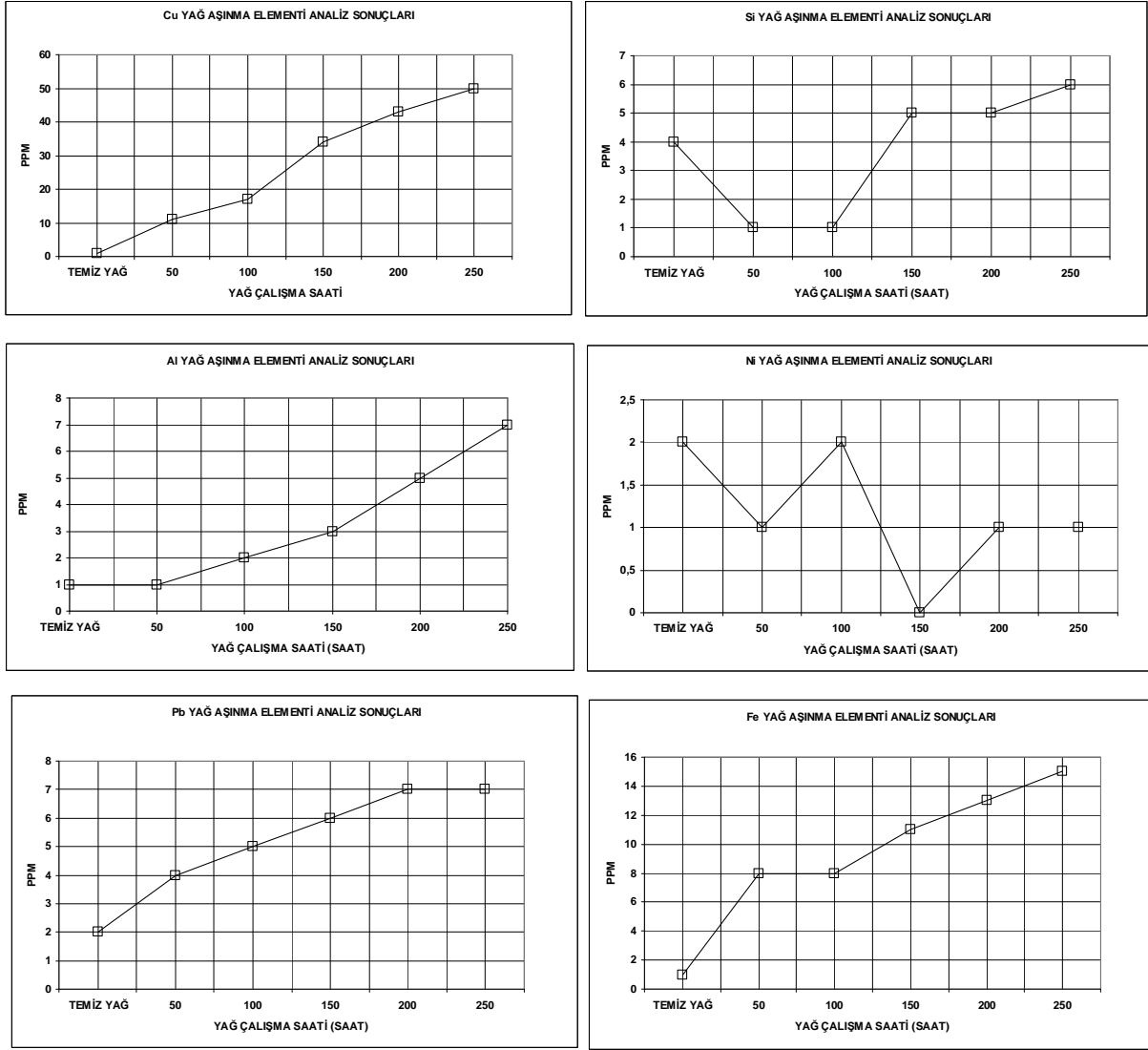
Çizelge 10. Örnek Dizel Motorun Yağ Performans Analiz Raporu.



Çizelge 11. Yağ Performans Kritik Değer Çizelgesu.

TBN	Viskozite 40 °C	Viskozite 100 °C	Alevlenme Noktası °C
Yeni yağın % 50'si kritik değer kabul edilir.	Yağ değişimi için 100 °C viskozite kabul edilir.	Min: 9 Max: 15	Min: 150

Çizelge 12. Örnek Dizel Motorun Yağ Metal Analiz Raporu.



Çizelge 13. Yağ Metal Analiz Kritik Değer Çizelgesi.

Yağ Çalışma Saati (Saat/ppm)	Pb	Ni	Al	Fe	Si	Cu
Limit Değer	20	5	20	50	15	30

13. YAĞ ANALİZ PROGRAMI MALİYET ANALİZİ

Yapılan çalışmada deniz tipi dizel motorlarda kullanılan yağlama yağı örnekleri kullanım sürelerinin düzenlenmesi ve buna bağlı olarak bakım masraflarının azaltılması konuları deneysel olarak incelenmiştir. Deniz tipi dizel motordan belirli aralıklarla düzenli bir şekilde numune alınmış ve bu numunelerin kinematik viskoziteleri, yoğunlukları, tortu, parçacık sayısı, su, alevlenme noktası, akma noktası, ICP element analizi ve ASTM standartlarına göre tespit edilmiştir [1].

14. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu ölçüm ve analizler neticesinde incelenen dizelin motor üreticisinin belirlemiş olduğu 250 saatlik yağ değişim zamanı geldiğinde, kullanılan yağlama yağının Çizelge 10'daki Yağ Performans Değerleri, Çizelge 12'de belirtilen dizel motorlar için kullanılan yağ analitik limit değerleri ile karşılaştırıldığında, yağlama yağının halen kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Ancak; sadece bu değerler karşılaştırılıp yağlama yağının değiştirilmemesi kararına varıldığında hata yapılmış olduğu görülecektir. Çünkü numune alınan yağlama yağının Çizelge 11'deki Metal Analiz Raporuna bakıldığında görülüyor ki, bakır (Cu) değerinin artan bir eğilimde olduğu ve 250 saat sonundaki değerinin de limit değere ulaştığı görülmektedir. Bir sonraki aşamada ise; limit değerinde tespit edilen Cu elementinin bulunduğu motor parçası (piston kol alt yatak) incelenmiş, gerekli ölçümleri yapıldıktan sonra, değiştirilmesine karar verilmiştir. Böylece yapılan analiz neticesinde alınan bu değiştirme kararı ile piston kol yatağının değiştirilmeseydi sebep olabileceği daha büyük bir arıza önlenmiş oldu.

Dizel motorların kullanım ömürleri, bakımları, periyotları ve yağ değiştirme zamanları firma tarafından belirlenmektedir. İncelenen dizel motorda her 250 saatte bir yağ değişimi yapılmakta ve bakım setleri her 250, 1000, 2000 ve 6000 saatte bir kullanılmaktadır. Yağ değişim periyodunun bir başka deyişle bakım saatinin uzatılması ile hem yağ değişimi geç yapılarak, hem de bakım setlerini daha az miktarda kullanarak tasarruf yapılabilmektedir. Fakat bu çalışmada yağlama yağının tasarrufundan ziyade, motor bünyesinde kritik bir aşınmanın olduğu ve müdahale edilmez ise; daha maliyetli sorunlara yol açabilecek bir durum ortaya çıkabileceği görülmektedir.

Yapılan araştırmada; incelenen dizel motorun normal çalışma süresi içerisinde rast gele seçilmiş bir bakım periyodu incelenmiştir. İncelenen dizel motorun periyodik olarak yağ analizine tabi tutulduğu zamanki teknik verileri Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 14. Motor Üreticisinin Motorlarında Kullandığı Yağlar İçin Uygun Gördüğü Kullanılmış Yağ Limitleri.[7].

Analiz	Test metodu	Limit değerler
Max Viskozite, 100°C, cst	ASTM D 445 DIN 51562	SAE 30 SAE 5W-30 15.0 SAE 10W-30
	ASTM D 445 DIN 51562	SAE 40 SAE 10W-40 19.0 SAE 15W-40
Min Viskozite, 100°C, cst	ASTM D 445 DIN 51562	SAE 30 SAE 5W-30 9.0 SAE 10W-30
	ASTM D 445 DIN 51562	SAE 40 SAE 10W-40 10.5 SAE 15W-40
Parlama noktası °C	ASTM D 92 ISO 2592	Minimum 190
Kül	DIN 51452 CEC-L-82-A-97	Maksimum 2,5-3,0 ağırlık
TBN (mg KOH/g)	ASTM D 2896 SIO 3771	Yeni yağın %50 si
Su	DIN 51777	Maksimum % 0,2 hacim

Çizelge 15. Örnek Dizel Motor Teknik Verileri

Çalışma Saati (saat)	Tipi/ Modeli	Kullanılan Yağın Cinsi
17835	Deniz Tipi	Shell Rimula X-30

15. SONUÇLAR

Yağın metal seviyesinde anormal bir artış gözlemlendiğinde, oluşan partiküllerin kimyasal yapısı problemin hangi kısım olduğunu göstermektedir. Bazı metalik elementlerin varlığı olması muhtemel arızanın habercisi olmaktadır. Ancak; sadece yağın performans değerleri için yeterli değildir. Bunun yanında yağ içerisindeki metal artışı da kontrol edilmelidir. Şayet, bir yağın metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmiş ancak, performans değerlerinde anormal değişim söz konusu ise; yağ değişimi yerine, aşınan metalin ilgili olduğu makine parçası kontrol edilir ve gerekiyorsa değiştirilir. Bunun yanında bahse konu yağın metal değerlerinde anormal bir artış gözlenmemiş ancak, performans değerlerinde anormal bir durum var ise, yağ değiştirilmelidir.

Genel olarak sistemin maksimum yükleme şartlarında uzun süre kullanılması, aşınma metallerinin oranını arttırmaktadır. Aşırı yüklemeli çalıştırma şartları makine üzerinde çok ciddi problemlere sebep olmaktadır. Normal çalışma koşullarında ise; aşınma metallerinin sabit oranda olduğu görülmektedir. Çalıştırma şartları kullanıcı tarafından tespit edilen ve her makine ve kullanım yerine göre farklılık gösteren bir durumdur.

KAYNAKLAR

1. GÖKALP Burak, Kullanılmış Motor Yağlarını İyileştirme Yöntemleri, Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, Mayıs 2005.
2. ERGÜN Barış, Kullanılmış Motor yağlarının geri kazanım Yöntemleri ve Ekonomik Değerlendirilmesi, Bursa, 17-18 Ekim 2003.
3. BALCI Mustafa, Motor yağı kullanım süresinin, yağ viskozitesi değişimine ve motor performansına etkisi, Yanma Sempozyumu, BURSA, 21-23 Temmuz 1997.
4. US NAVY, JOINT OİL ANALYSIS PROGRAM MANUAL, 15 MART 1999.
5. NAVAIR, JOINT OIL ANALYSIS PROGRAM MANUAL Volume1, 0817LP0292140, 15 MARCH 1999
6. TUĞCU Tülin, Spektral Analiz Laboratuvarı Çalışma Esasları, T.D.Ç.İşlem Karabük Müessesesi Laboratuvar Müdürlüğü, Yayın No: 31, Mayıs 1986.
7. Technical Publications Fluid And Lubricants Specifications, Detroit Diesel and MTU A001061/29E
8. KARAOSMANOĞLU Filiz, Yağlama Yağları, Mühendis ve Makine Cilt 35, Sayı: 429.
9. Anonim 2000, Yakıtlar Yağlar ve Yağlama SHELL Madeni Yağlar Yayını.