

ÇEVRE DOSTU HIDROLİK YAGLAR

Ertugrul DURAK
Wilfried J. BARTZ

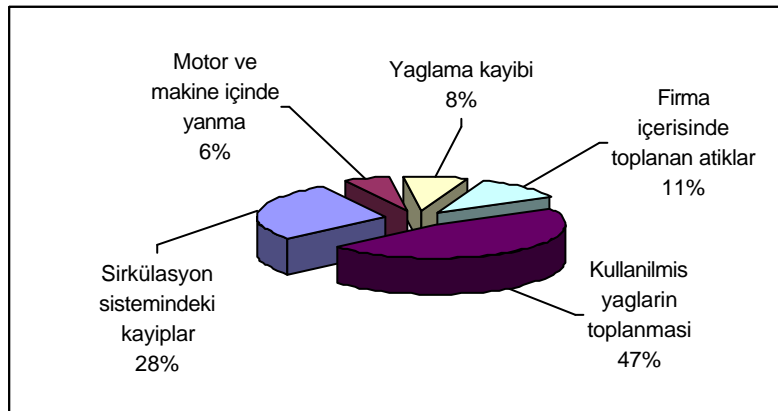
ÖZET

Günümüzdeki teknolojik araştırma ve çalışmalar, sınırlı enerji kaynaklarımızın daha verimli kullanılması ile beraber aynı zamanda çevreyi kirletmeyen veya daha az kirleten malzeme ve proseslerin geliştirilmesi konularında yoğunlaşmıştır. Bu konulardan bir tanesi de çevre dostu hidrolik yağları ve hidrolik akışkanlara ilave özellikleri kazandırmak için kullanılan çevre dostu katkı maddeleridir. Bu çalışmada, çevre dostu hidrolik yağlayıcıların genel bir tanıtımı yapılarak günümüzdeki konularının ortaya konulması ve çevre uyumlu katkı maddelerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Hidrolik sistemlerde kullanılan hidrolik akışkanların kullanılması sırasında, bakım ve/veya arıza sırasında ve kullanıldıktan sonra atılmaları sırasındaki çevre ile ilişkilerinin ele alınması amaçlanmıştır.

1. GİRİŞ

Yağlayıcıların üretimi, uygulaması ve atılması gibi her aşama, doğanın ve çevrenin en iyi şekilde korunmasını gerektirecek şekilde olması gerekir. Bunlar genellikle insanoglunun sağlığını doğrudan tehlikeye atmamakta, genellikle dolaylı yoldan çevremizi tehdit etmektedirler.

Her açıdan insan varlığıyla yağlayıcı maddelerin ve doğanın uyumluluğu kontrol edilmelidir. Çevreyle uyumluluk testlerinde elde edilmesi gereken neticeler, yağlayıcıların üretilmesi, uygulaması ve atılması gibi konularda, çalışanlarca iyi anlaşılmalıdır[1]. Yağlayıcı maddelerin büyük bir kısmı farklı birçok uygulamada kullanıldıktan sonra az veya çok şekilde değişerek çevreye geri döner. Şekil 1.'de Almanya'daki yağlayıcı maddelerin durumu gösterilmektedir.



Şekil 1. Almanya'da kullanılan yağlayıcı maddelerin durumu

Genellikle yağlayıcılarla çevre ilişkisinin neden olduğu problemleri tamamen ortadan kaldırma veya en aza indirme ve çevrenin bozulmasını azaltan yöntem ve metotları şöyle sıralanabilmektedir;



- Çevresel gerçekler ve ekolojik gereksinimler,
- Halkın duyarlılığı,
- Hükümetlerin çıkardıkları yönetmelikler ve düzenlemeler,
- Pazarların globalizasyonu,
- Ekonomik teşvikler.

Çevre dostu yağlama yağlarının baslıca uygulama alanlarını da şöyle sıralamak mümkündür;

- İki stroklu tekne (deniz ve göl) motor yağları,
- Motorlu zincirli testere yağları,
- Raylı tekerlekli sistem yağları,
- Kalıp parçalarında kullanılan kalıp yağları,
- Tel halat yağları,
- Yük araçlarındaki merkezi yağlamalı sistemlerde kullanılan yağlar,
- Bina ve köprü inşaatı, yer altı çalışmalarındaki makinelerde kullanılan hidrolik yağlar,
- Ziraat ve orman ekipmanları için hidrolik yağlar,
- Artık su, kanalizasyon arıtma üniteleri ve kapı kilit mekanizmaları için yağlar,
- Gıda makinelerinde kullanılan yağlar,
- Kar araçları ve kayak bakım ekipmanlarında kullanılan yağlar,
- Takım tezgahlarında kullanılan kesme ve metal şekillendirme yağları,
- İçten yanmalı motor ve hidrolik sistemler için genel yağlar.

2. ÇEVRESEL PERSPEKTİFLER

Yağlayıcı maddelerin çevresel meseleleri şu noktalarda odaklanmaktadır;

- Sağlıkla ilgili tehlikeler,
- Su kirliliği ile ilgili tehlikeler.

Genellikle yağlayıcı maddeler, aşağıdaki özelliklere sahip ise, çevre dostu (çevre ile uyumlu) olarak tanımlanmaktadır. Bunlar;

- Hızlı bir şekilde doğaya zarar vermeden yok olabilmesi,
- İnsan bünyesine karşı zehir özelliği göstermemesi,
- Balıklara karşı zehir etkisi özelliği göstermemesi,
- Bakterilere karşı zehir etkisi göstermemesi.

Yağlayıcıların çevreye etkilerinin değerlendirilmesi, doğaya zarar vermeden biyolojik bozunma testleri ve ekozehirlilik testleri ile yapılmaktadır[2].

2.1. Su Tehlikesinin Sınıflandırılması

Basitçe yağlayıcı maddelerin çevreyle uyumluluğu tanımlandığında,

- Su tehlikesi sınıflandırması <1
- Hızla yok olabilme (biyolojik bozunma) anlamına gelmektedir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliği suda tehlikeli ve zararlı maddeler tebliği Madde 3.'de " Suda tehlikeli ve zararlı maddeler; kısa sürede solunum, sindirim veya deri absorpsiyonu yoluyla akut toksisite (zehirlilik) ve uzun sürede kronik toksisiteye yol açan, kanserojen veya teratojen etki yapan, suların biyolojik yöntemlerle arıtımına karşı direnç gösteren veya biyolojik arıtmayı inhibe eden, yer altı ve



yüzeysel sulari kirletmemeleri için özel muamele ve bertaraf işlemleri gerektiren, çevrede tehlike yaratan maddelerdir” olarak tanımlanmaktadır. Tabii kökenli veya sentetik olarak elde edilen bu tür maddelerin üretimi, depolanması, taşınması ve kullanılması sırasında olabilecek kazalar, kaçaklar veya üretim ve kullanım atıklarının su ortamları için zararlılık ve tehlikelilik durumlarına; söz konusu maddelerin miktarına; fiziksel, kimyasal özelliklerine ve çevredeki biyolojik etkilerine göre karar verilir. Bu maddelerin alıcı su ortamları için tehlike yaratma durumu, yerel koşullara, maddenin konsantrasyonuna ve özelliklerine bağlıdır. Herhangi bir maddenin alıcı su ortamındaki ve beslenme zincirindeki canlılar için tehlikeli olup olmadığına;

- Memeli hayvanlar için akut-oral toksisite,
- Bakteriler için akut-toksisite,
- Balıklar için akut-toksisite
- Biyolojik ayırılabilirlik

testleri yapıldıktan sonra karar verilebilir. Su ortamları için tehlikeli ve zararlı maddeler, tehlike seviyelerine göre gruplandırılmış ve dört "su tehlike sınıfı"na (STS) ayrılmıştır:

- Alıcı su ortamı için "çok tehlikeli ve zararlı" maddeler sınıfı (STS 4)
- Alıcı su ortamı için "tehlikeli ve zararlı" maddeler sınıfı (STS 3)
- Alıcı su ortamı için "az tehlikeli ve zararlı" maddeler sınıfı (STS 2)
- Alıcı su ortamı için "tehlikesiz ve zararsız" maddeler sınıfı (STS 1)[3]

Bu çalışmada Almanya'nın su kirlilik tehlikesi sınıflandırması esas alınmıştır(WKG standartları, Wasser-Gerfährdungs-Klasse). Tehlikeli maddelerin yeni sınıflandırılması aşağıdaki gibidir;

- WGK 3 : Kirlilik yönünden çok tehlikeli su
- WGK 2 : Kirlilik yönünden tehlikeli su
- WGK 1 : Kirlilik yönünden az tehlikeli su

Önceki WGK 0 ihmal edilmektedir. Genellikle suyun içindeki tehlikeli olmayan maddeler artık kategorize edilmemektedir. Hidrolik yağların dahil olduğu yağlayıcılar için su tehlike sınıfının hesaplaması, aşağıdaki faktörlere dayandırılmaktadır;

- Sudaki tehlikeli maddelerin listesi
- Avrupa tehlikeli maddeler yönetmeliğindeki R risk terimleri olarak adlandırılan su kirlilik kategorileri ile bağlantısı. En önemli risk terimleri Tablo 1.'de verilmektedir.

Tablo 1. En önemli risk terimleri

R 21	Solunum yoluyla bulaşan sağlık tehlikesi
R 22	Oral yolla bulaşmayla sağlık tehlikesi
R 24	Dermal yoldan bulaşma tehlikesi
R 25	Oral yoldan zehirli
R 27	Dermal temasla çok zehirli
R 28	Oral yoldan çok toksisite
R 50	Sudaki organizmalar için çok zehirli
R 53	Suda uzun sürede etkiler ortaya çıkabilir
R 50/53	Çok zehirli su organizmaları. Suda uzun sürede etkiler ortaya çıkabilir
R 51/53	Zehirli su organizmaları. Suda uzun sürede etkiler ortaya çıkabilir
R 52/53	Zararlı su organizmaları. Suda uzun sürede etkiler ortaya çıkabilir

Artan rakamlar, sağlık tehlikesinin arttığını simgelemektedir. Çift sayılar, organizmaların uzun dönemde zayıfladığını göstermektedir. Bir maddenin tehlikeli su davranışını karakterize eden değerlendirme puanlarının risk terimleri Tablo 2.'de verilmektedir. Daha yüksek puanlar suyun tehlikesinin arttığını temsil etmektedir. Bir maddenin toplam değerlendirme puanı, bio-zehirlilik verilerine göre,



başlangıç puanları ile risk terimlerine (sağlık tehlikesi) göre değerlendirme puanlarının toplamıdır. Avrupa yasalarına göre değerlendirme puanlarıyla su tehlikesinin sınıflandırılması (WGK) arasında bir ilişki vardır.

- 0-4 puan: WGK 1
- 5-8 puan: WGK 2
- =9puan: WGK 3

Tablo 2. Değerlendirme puanlarıyla risk ibarelerinin bağlantısı

Risk Terimleri	Puan	Risk Terimleri	Puan	Risk Terimleri	Puan	Risk Terimleri	Puan
R21	1	R63	2	R39/23/24	4	R48/22	2
R22	1	R65	1	R39/23/24/5	4	R48/20/21	2
R24	3	R15/29	2	R39/24/25	4	R48/20/22	2
R25	3	R20/21	1	R39/23/24/25	4	R48/21/22	2
R27	5	R20/22	1	R39/27	6	R48/20/21/22	2
R28	5	R20/21/22	1	R39/28	6	R48/24	4
R29	2	R21/22	1	R39/26/27	6	R48/25	4
R33	2	R23/24	3	R39/26/28	6	R48/23/24	4
R40	2	R23/25	3	R39/27/28	6	R48/23/25	4
R45	9	R23/24/25	3	R39/26/27/28	6	R48/24/25	4
R46	9	R24/25	3	R40/21	6	R48/23/24/25	4
R50	6	R26/27	5	R40/22	2	R50/53	8
R52	3	R26/28	5	R40/20/21	2	R51/53	6
R53	3	R26/27/28	5	R40/20/22	2	R52/53	4
R60	4	R27/28/	5	R40/21/22	2		
R61	4	R39/24	4	R40/20/21/22	2		
R62	2	R39/25	4	R48/21/	2		

Suda zehirli maddeler olmadığı hükmüne varmak için aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir;

- Toplam değerlendirme puanı =0
- Belirlenmiş düşük su çözünürlüğü
- Balık, su organizmaları veya yosun büyümesini geciktiren belirtileri gösteren testlerde bilinmeyen maddeler,
- Hızlıca çözünüp doğaya zarar vermeden toprağa karışabilme

Tablo 3.'de yağlayıcılar ve hidrolik akışkanlar için bazı yağlar olarak kullanılan bazı mineral ve sentetik yağların tehlikeli su sınıflandırması için bazı örnekleri verilmiştir[4].

Tablo 3. Bazı temel akışkanların su tehlikesinin sınıflandırılmasındaki örnekleri

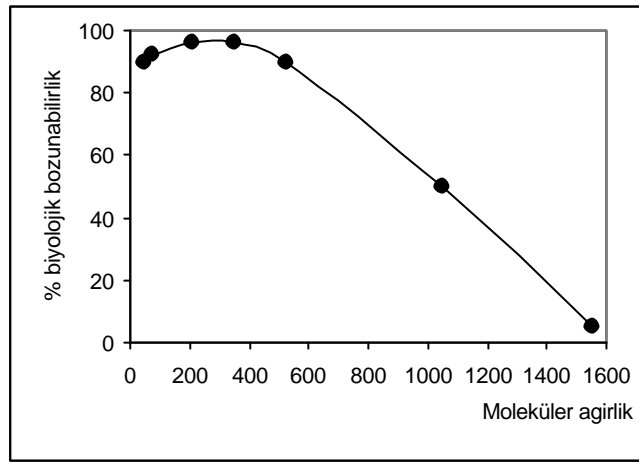
Mineral Yağlar	WGK	Sentetik Akışkanlar	WGK
Beyaz yağlar	1	Polyalkyleneglycols	1
Mineral yağlar(<%5 aromatik)	1	Doğal esterler	-
Mineral yağlar(>%5 aromatik)	2	Sentetik esterler	-
Mineral yağlar(kanserojen)	3		
Katkili mineral yağlar(Su ile karışmaz)	2		
Katkili mineral yağlar(Su ile karışabilir)	3		

2.2. Hidrolik Akiskanlar İçin Uygun Baz Yağlar

Yağlayıcı maddelerin ve kullanıma hazır akiskanların doğada zarar vermeden çözümlerinde iki farklı baz yağ sınıflandırması vardır. Bunlar;

- Su ile karışabilen baz yağlar
- Su ile karışamayan baz yağlar

Su ile karışabilen baz yağlar poliglükollerini kapsamaktadır. Polietilenglikoller (PEG), sadece ekotoksolojik olarak zararsız olmakla kalmayıp, aynı zamanda hızlı toprakta doğaya zarar vermeden, moleküler ağırlıklarının 21 gün içinde % 90 dan fazlasını da kaybederek çözümler (Şekil 2). Su ile karışabilenlerin avantajları, iyi oksidasyon stabilitesi, iyi yüksek sıcaklık davranışı, iyi düşük sıcaklıkta akışkanlık davranışı ve özellikle iyi karışık filmli yağlama bölgesinde yağlayıcılık özelliğidir. Dezavantajları ise, su karışabilen ve karışamayan veya mineral yağlarla uyumlu değildir. Buna ilaveten bazı sızdırmazlık malzemeleri ile uyum göstermezler.



Şekil 2. Poliglükollerin bozunabilirliği (21 gün)

Su ile karışmayan baz yağlar ise;

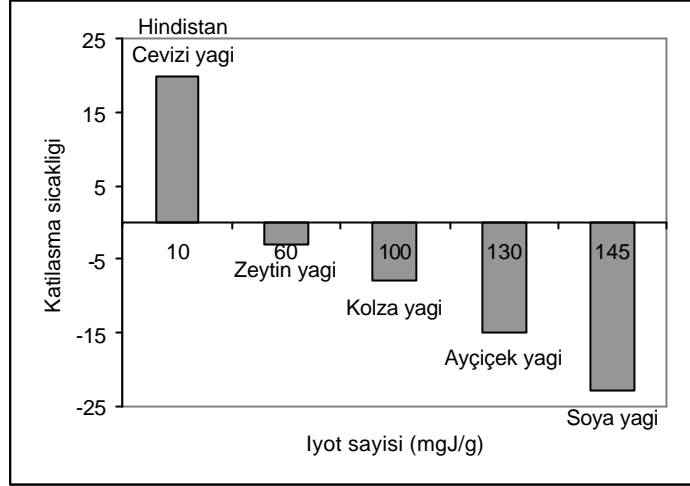
- Sentetik esterler
- Doymamış esterler
- Doymuş esterler
- Trigliseritlerin doğal esterleri

Sentetik esterler, çok geniş moleküler yapı ile karakterize edilmiş akiskanların büyük kısmını temsil etmektedirler. Bes ana grupta tanımlanabilmektedirler;

- Mono esterler,
- Dikarboksilik asit esterleri (Yani Dikarboksilik Asit Esterleri),
- Polyol Ester,
- Kompleks Esterler,
- Gliserin Esterler.

Esterlerin avantajları, Mineral yağlarla sınırsız oranda karışabilirlik, iyi soğuk akışkanlık özelliği ve iyi oksidasyon stabilitesi. Dezavantajları ise, limitli hidrolik stabilite ve düşük korozyon korumasıdır. Sentetik Ester yağların üretimi için, üretimlerinde esas hammadde olarak ester yağlar kullanılabilir. Doğal yağlar veya doğal esterler, doğal katı yağların, başlıca palmitik, stearik, oleik veya linoelik asitlerin trigliseritleridir. Hindistan cevizi yağı, zeytinyağı, ayçiçek yağı, soya yağı ve kolza yağı tipik yağlardır. Asitlerin bazıları, doymamış doğal yağlar açığa çıkarttığından dolayı sınırlı oksidasyon stabilitesine sahiptirler. Oysaki yüksek miktarlarda doymamış bileşikler, oksidasyon stabilitesini azaltır ve soğuk akışkanlık davranışı geliştirirler. Kolza yağı, soğuk akıcılık davranışı ve

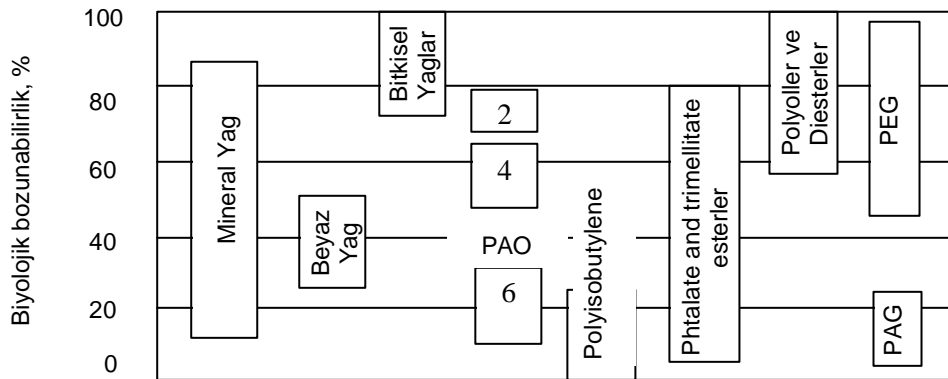
oksidasyon stabilitesi arasında iyi bir bileşim gösterir(Sekil 3.). Sekil 3.'te artan iyot numarası, doymamış bileşik miktarının artmasını, fakat soğuk akıcılık özelliğinin de daha iyi olmasını temsil etmektedirler. Ayrıca doğal ester yağlar gibi sentetik ester yağların üretilmesinde hammadde olarak da kullanılabilirler.



Sekil 3. Iyot numarasıyla soğuk akışkan davranışı arasındaki ilişki

2.3. Doğada Kolay ve Çabuk Bozunabilme

Sekil 4.'de farklı içerikli yağların doğada kolay ve çabuk bozunabilme ölçümleri CEC-L-33-A-94 testi ile yapılmıştır. Açıkçası polietilenglikoller, bazı sentetik esterler ve bazı doğal esterler mineral yağların davranışından üstündür. Fakat göz önünde bulundurulması gereken sadece bunların kimyasal yapıları değil, aynı zamanda viskozite gibi diğer parametrelerdir. Düşük viskoziteli mineral yağlar ve polyalfaolefinler, CEC testi kullanılarak, yaklaşık %80 kadarının hızlıca bozunabildiği görülebilmektedir. Moleküler ağırlığın, poliglikoller üzerinde bozunabilmeye etkisi Sekil 2.'de gösterilmiştir. Bu farklı bozunabilirlik testleri, farklı test sonuçları göstermektedir(Tablo 4). En eski CEC testi esasen iki zamanlı motor yağları değerlendirmek için geliştirilmiştir. Diğer yağlayıcı maddeler için OECD 301 testi de gelecekte daha da önem kazanacaktır.



Sekil 4. Farklı içerikli yağların bozunabilirlikleri(FLC-L-33-A94-test)

2.4. Sağlık Yönünden Yağlayıcılar

Bazı bazı akışkanlar için eko-zehirlilik(ekotoksiklik) datalarının bir karşılaştırması Tablo 5.'te verilmektedir[2] Uyumlu akışkanların ortaya çıkardığı avantajlar mineral yağların özellikleriyle karşılaştırılmıştır.



Uygulamalar özellikle bakteriler, balıklar, memeliler ve yosunlarda zehir miktarı, PNA ve PCB verileriyle dikkatle bakılmıştır. Fakat göz önünde bulundurulması gereken eközehirlilik özelliklerinin kullanım esnasında bozunma olmasıdır (Tablo 6). Bitkisel yağlar için bu etki daha az belirgindir. Sentetik esterler ve özellikle mineral yağlayıcılar, kullanım esnasında az veya çok dikkate alınacak şekilde zehir açığa çıkartırlar.

Tablo 4. Farklı bozunabilirlik testleri

	Mineral yağ	PAO (Polyalphaolefin)	PIO (Polyintemalolefin)	Diester	Polyoester	Bitkisel Yağlar
Viskozite		4-6-8	4-6-8			
CEC L 33-A-metot %	20-80	35-30-25	60-30-20	50-80	85-95	>95
OECD 301 B metot %	20-85	70-35-30	65-30-30	50-85	90-95	>95

Tablo 5. Eközehirlilik verilerinin karşılaştırılması

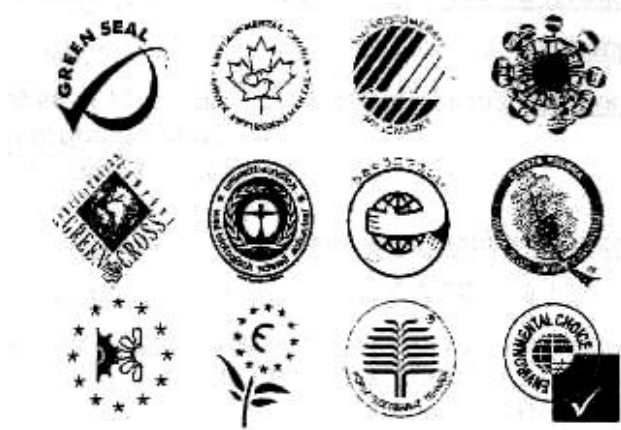
			Saf baz (100SN)	Tekrar Rafine Edilmiş (150SN)	Pharma Beyaz Yağ	PAO4	Dies-ter	Bitkisel Yağ
Memeli hay. zehirliliği	OECD 401	LD50 mg/kg	>5000	>5000	>10000	>5000	>10000	Zehirsiz
Bakteri zehirliliği	ISO 10712	EC0 mg/l	20	20	>100	>100	>200	>1000
Balık zehirliliği	OECD 203	LC50 mg/l	500	500	>1000	>1000	>10000	>10000
Küçük su organizma zehirliliği	OECD 202	EC50 mg/l	5000	5000	>10000	>10000	>10000	>10000
Yosun zehirliliği	OECD 201	EC50 mg/l	2500	2500	5000	5000	5000	5000
Biyolojik bozunma	OECD 301 B	%	30.2	35.2	36.0	68.5	85.5	98.2
Bio-toplanma	OECD 117	-	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Hidro-çözünürlük	OECD 105	mg/l	5-10	5-10	2-5	-	10-20	10-20
WGK (1999)			2	2	0	1	0	0
PNA	IP 346	%	1.75	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0
PCB	HPLC	mg/l	<1.0	<1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tablo 6. Eközehirlilik özelliklerinin kullanimdaki değişimleri

	Mineral yağ		PAO/PIO		Diester		Polyester		Bitkisel	
	Yeni	Kullanılmış	Yeni	Kullanılmış	Yeni	Kullanılmış	Yeni	Kullanılmış	Yeni	Kullanılmış
Yosun zehirliliği EC50 mg/l	1300	790	-	-	5400	5000	2800	1800	4800	4800
Balık zehirliliği LC50 mg/l	390	380	-	-	>10000	>10000	>100000	>10000	>10000	>10000
Küçük su org. zehirliliği EC50 mg/l	5400	2450	-	-	>10000	5900	>100000	10000	>10000	8500
Bozunabilirlik, %, OECD 301B	30	28	-	-	96	79	60	55	85	70

2.5. Çevre Dostu Yağların Etiketlendirilmesi

Uluslar arası aktiviteler çevre dostu ürünleri karakterize etmek ve etiketlendirmek için farklı ülkelerdeki enstitüler tarafından çevre semaları ve özel işaret veya etiketler geliştirmişlerdir. Bu semaların amacı yağlayıcı madde kullananların dikkatlerini çevreyle uyumlu yağlayıcılara çekmektir. Bazı şekiller ve işaretler Şekil 5.'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Farklı ülkelerin çevresel etiketlendirmeleri

3. TRIBOLOJİK ELEMENT OLARAK HIDROLİK AKISKANLAR

3.1. Hidrolik Pompaların Gereksinimleri

Yaygın kullanılan hidrolik pompalar;

- Disli pompalar
- Paletli pompalar
- Eksenel pistonlu pompalardır.

Genellikle paletli pompalarda, hidrolik akiskanların aşınma koruma özelliklerine yüksek gereksinim duyarlar. Aşınmaya hassas sürtünme temasları rotorun kanalındaki ve statorun iç yüzeyi ile paletlerin uç yüzeyleridir.

3.2. Hidrolik Akiskanların Gereksinimleri

Hidrolik akiskanlar aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Düşük kayıplarla güç iletimi
- Yüzeylerin birbirlerine göre yağlanması
- Metal yüzeylerin korozyona karşı korunması

Hidrolik akışkanın önemli özelliklerini şöyle sıralamak mümkündür,

- Sürtünme, aşınma ve yenme aşınmasını azaltarak iyi bir yağlama özelliği,
- Kabul edilebilir viskozitelerle geniş çalışma sıcaklık aralığında yüksek viskozite indeksi,
- Tüm boyalarla, tribolojik materyallerle, sızdırmazlık malzemeleri ile uyumluluk,
- Uzun süreli çalışmalarda yüksek oksidasyon stabilitesi,
- Viskozite indeksi geliştirici katığı içeren çok dereceli yağlar için yüksek kayma stabilitesi,

- Sikistirilamazlık,
- İyi hava tahliyesi, düşük köpürme davranışı,
- Düşük buhar basıncı, yüksek kaynama noktası,
- Yüksek özgül ısı, düşük genleşme katsayısı,
- İyi di-elektriklik ve izolasyon özellikleri,
- Nem tutmama veya çok düşük nem tutuculuk,
- Tüm gerekli viskozitelerde bulunabilirlik,
- Düşük yanıcılık özelliği,
- Çevreyle uyumluluk,
 - Düşük miktarda su ve sağlığı tehlikeye atmak
 - Non-toksitlik,
- Uygun ve ekonomik fiyat

3.3. Hidrolik Akışkanın Önemli Özellikleri

DIN 51524 standardına göre yüksek performanslı hidrolik yağlar (HLP), bir çok özellikleriyle karşımıza çıkar. Örneğin, asınma ve sürtünmeye karşı koruma davranışı ve oksidasyon stabilitesi gibi. HLP'nin anlamı; oksidasyon ve korozyon inhibitörleri (L) ve asınma önleyici, yüksek basınç (P) katkı maddesi içeren hidrolik yağ (H)'dir. HLP hidrolik yağlarında dikkate alınan asınma ve yenme asınma davranışında minimum gereksinimler Tablo 7.'de gösterilmektedir. Açıkça görülmektedir ki çevreyle uyumlu yağlar, en azından bu özellikleri taşımalıdır. Tablo 7.'den de görüldüğü üzere sentetik esterlerin, doğal esterler ve Poliglükollerin FZG testi ve paletli pompa testi ile ölçülen tribolojik özelliklerin mineral esaslı hidrolik yağlardan daha iyi olduğu açıktır. Oksidasyon stabilitesi göz önüne alınmaz bazı sınırlı faktörlerle değerlendirildiğinde;

- İyi bilinen oksidasyon stabilitesi testi, DIN 51587, mineral yağlar için geliştirilmiştir ve diğer tüm baz akışkanlar için kullanılamazlar. Sadece poliglükol esaslı hidrolik akışkanlar bu test ile değerlendirilebilirler.
- Doğal esterlerin oksidasyon stabilitesi mineral yağlarıkiyle daha az karşılaştırıldığında çok daha düşüktür. Bu yüzden doğal ester esaslı hidrolik yağlar sadece daha düşük çalışma sıcaklıklarında kullanılırlar. Sonuç olarak oksidasyon testi daha düşük sıcaklıkta yapılmalıdır.
- Sentetik esterlerin daha yüksek oksidasyon testi yüksek oksidasyon stabilitesine göre, daha yüksek sıcaklıklarda daha yüksek çalışma sıcaklıklarında kullanılabilir.
- Bu yüzden, sadece mineral yağlar ve poliglükol esaslı hidrolik yağların değerlendirilmesinde aynı oksidasyon testlerinin kullanıldığına dikkat edilmelidir. Doğal ve sentetik esterler için diğer testler kullanılır, ancak farklı sıcaklıklarda uygulanmalıdır.

Tablo 7. HLP hidrolik yağlarında dikkate alınan sürtünme ve asındırma davranışında minimum gereksinimler

	HLP Mineral yağ	HEES Sentetik ester	HETG Doğal ester (Kolza yağı)	HEPG Poliglükol
FZG Makinasındaki mekanik test (DIN 51354) Hasar yükü	10	>10	>12	11->12
Paletli pompa testi (asınma, mg) (DIN 51389) Ring	<120	<120	10	10
Palet	<30	<30	5	5

Tablo 8 farklı esaslı hidrolik yağlar için minimum oksidasyon stabilitesi gereksinimlerini göstermektedir. Düşünülmesi gereken, oksidasyon stabilitesi bilgilerinin farklı yağlarla direkt olarak karşılaştırılamayacağı gerçektir. Farklı yağların ayrıntılı karşılaştırması Tablo 9.'da gösterilmiştir. Çevreyle uyumlu akışkanların bazı önemli özellikleri dikkate alındığında, mineral yağlardan üstün davranış gösterdikleri görülmektedir. Bu özellikle uygulamada, eközehirlik davranışında, bozunabilirlikte, yağlayıcılık ve



uçuculuk özelliklerinde daha iyidir. Ayrıca bazı durumlarda viskozite indeksi ve katkı madde çözünürlüğü de mineral yağların davranışından üstündür.

Tablo 8. Farklı içerikli yağlar için minimum oksidasyon stabilitesi gereksinimleri

	HLP Mineral yağ	HEES Sentetik ester	HETG Doğal ester (Kolza yağı)	HEPG Poliglikol
Oksidasyon stabilitesi (DIN 51587, max. 95°C de 1000 saatten sonra nötrleşme sayısının artışı)	2	-	-	2
Oksidasyon stabilitesi (DIN 51554) -110°C de 72 saatten sonra viskozitedeki artış, % max.)	-	20	-	-
-95°C de 72 saatten sonra viskozitedeki artış, % max.)	-	-	20	-

Tablo 9. Farklı akışkanların bağlı performansları (2 zayıf, 4 vasat, 6 iyi, 8 çok iyi, 10 mükemmel, PAO Polyaolefin, PIO Polinterolefin)

	Mineral Yağ		PAO/PIO		Diester	Polyol ester	Bitkisel Yağlar
	Parafanik	Çok yüksek VI					
Düşük sıcaklık özellikleri	4	4	6	6	6	10	2
Yüksek sıcaklık özellikleri	2	4	10	8	8	6	4
Viskozite indeksi(VI)	4	6	6	6	10	8	8
Uçuculuk	2	4	6	6	6	10	6
Yağlayıcılık	4	4	2	2	8	8	8
Katki madde çözünürlüğü	8	8	4	4	10	10	8
Biyolojik bozunma	2	2	2	2	8	10	10
Ekotoksitlik	2	2	4	4	8	8	10

3.4. Sınıflandırma

Hızlı bozunabilen doğal ve sentetik ester esaslı hidrolik yağlar için standartlar sadece Avusturya'da vardır[5]. Almanya'da yüksek performanslı hidrolik yağları standardize etmek için eğilim aşağıdaki gibidir;

- HEPG: Polietilen esaslı glikol,
- HETG: Doğal yağ esaslı, örneğin kolza çekirdeği yağı,
- HEES: Sentetik ester esaslı,
- HEPR: Polyaolefin esaslı

Tablo 10. Doğal ve sentetik esaslı yüksek performanslı yağlar için bazı minimum gereksinimleri göstermektedir. Sentetik ester esaslı yüksek performanslı hidrolik yağlar, genellikle inşaat makinelerinde, orman makinelerinde, kayak bakım aracı ve diğer ekipmanlar da kullanılır. Tüm bu makineler çevresel duyarlılık gerektiren makinelerdir. Tarımda, ormancılıkta, inşaat mühendisliği ve endüstride, kolza çekirdeği yağı esaslı hidrolik yağlar kullanılmaktadır. Bu tip yağlarla 55-70°C gibi düşük sıcaklıklarda yüksek performanslı hidrolik performanslar sadece sınırlı yükleme şartlarıyla ve/veya büyük yağ depoları ile gerçekleştirilebilir.



3.5. Yağ Katkı Maddeleri ve Çevre

Genelde yağ katkı maddeleri çok az da olsa fiziksel tehlike sergilemektedirler. Düşük memeli hayvan zehir potansiyelinden dolayı, yağlayıcı katkı maddelerinin çoğunluğu tehlikeli olarak sınıflandırılmaktadır. Katkı maddelerinin en önemlileri, çinko dialkylfosfat ve bazı düz zincirli kalsiyum alkaril sulfonat tahris edicileri olarak sınıflandırılırlar. Avrupa düzenlemelerine göre bunlar tehlikeli olarak sınıflandırılmalıdır. Ancak sulfonatların tümü laboratuvar testlerinde dermal hassasiyette rastlanmamıştır. Katkı maddelerin zehirlilikleri Tablo 11.'de verilmiştir.

Tablo 10. Trigliserid esaslı (HETG) ve Sentetik ester esaslı hidrolik yağlar (HEES) için minimum gereksinimler

	Trigliserit esaslı				Sentetik esaslı			
	HETG 22	HETG 32	HETG 46	HETG 68	HEES 22	HEES 32	HEES 46	HEES 68
ISO Viskozite derecesi	ISO VG 22	ISO VG 32	ISO VG 46	ISO VG 68	ISO VG 22	ISO VG 32	ISO VG 46	ISO VG 68
Kin. Viskozite, mm ² /s, 0°C, max.	300	420	780	1400	300	420	780	1400
40°C, max.	24.2	35.2	50.6	74.8	24.2	35.2	50.6	74.8
min.	19.8	28.8	41.4	61.2	19.8	28.8	41.4	61.2
100°C, min.	4.1	5.0	6.1	7.8	4.1	5.0	6.1	7.8
Akma noktası, °C	-	-	-	-	-21	-18	-15	-12
Alevlenme noktası, °C, min.	165	175	185	195	165	175	185	195
Oksidasyon stabilitesi, 110°C, 72 saat Viskozite artışı, °C, % max.	20	20	20	20	20	20	20	20
FZG test, Hasar yükü, min.	-	10	10	10	-	10	10	10
Paletli pompa testi, asinma, mg. max.								
Ring	120	120	120	120	120	120	120	120
Palet	30	30	30	30	30	30	30	30

Tablo 11. Petrol katkı maddelerinin zehirliliği

Katkı maddeleri	Tipik LD ₅₀		Tipik tahris etme sınıflandırılması	
	Agiz(Fare) mg/kg	Dermal(Tavsan) mg/kg	Göz	Deri
Çinko alkil dithiosfat	≥ 2000	> 2000	Tahris edici	Tahris edici
Çinko alkaril dithiosfat	≥ 5000	> 2000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Uzun zincirli kalsiyum alkaril sulfonat	>5000	> 3000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Uzun zincirli kalsiyum alkilfenat	>10 000	> 2000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Uzun zincirli kalsiyum alkilfenat sulfid	>5000	> 2000(fare)	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Polyolefin amit alkeneamine	>10 000	>2000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Polyolefin amit alkeneamine borat	>2000	>3000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Olefin/alkil ester co-polimer	>10 000	>3000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Poli alkil methyacrylate	>15 000	>3000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen
Polyolefin	>2000	>3000	Tahris etmeyen	Tahris etmeyen



SONUÇ

Büyük miktarda yağlayıcı maddeler, kullanılıp servis ömürlerini tamamladıktan sonra, hızlı bir şekilde çevreye geri dönerler. Çevreyi en az şekilde bozmak, etkilemek için, belirli yağlayıcı akışkanlar kullanılır. Sentetik esterler ve doğal esterler en önemli akışkanlardır. Oysaki poliglikoller en az önemi olan role sahiptirler. Bu akışkanların bazı ekotribolojik özellikleri belirlenip ve kıyaslanmalıdır. Hidrolik akışkanın başarılı bir şekilde uygulamasında, akışkanın çevreyle uyumluluğuyla ekotribolojik davranışı arasında bir denge kurulmalı, akışkanın teknik veya toksolojik özellikleri keşfedilmelidir.

Gelecekteki Durum;

- Çevreyi korumak adına, çevre dostu yağlayıcılar daha fazla önem kazanacaktır. Artan halkın bilinçlenmesi ve kati yönetmeliklerin uygulanması bunu zorunlu kılacaktır.
- Yağlayıcı maddelere çevresel perspektiften bakıldığında, sağlık ve su tehlikesi üzerine odaklanmaktadır.
- Teknik gereksinimlerin, toksolojik perspektifin ve sanayi ilaçlarının yağlayıcı maddelerin formülasyonunda da önemli etkileri olacaktır.
- Ekonomik imkanlarla ekolojik gereksinimler arasındaki dengeyi kurmak daha da zor olacaktır. Yağlayıcı maddeler uygulamada herhangi bir sağlık tehlikesi içeriyorsa, toksolojik ve ekolojik olarak şüpheli olan bu ürünler kullanımın dışında bırakılmalıdır.
- Kolza çekirdeği yağı gibi doğal esterlerin sınırlı yüksek ve düşük sıcaklık özelliklerinden dolayı bu yağların uygulama alanlarında kayıplı yağlama yöntemi ile yağlanan yüzeyleri ile temsil edilirken, poliglikoller sirkülasyon sistemli yağlamalarda kullanılacaktır.
- Sentetik Esterlerin kullanım alanları yüksek performanslı hidrolik sistemler olurken, doğal ester tipi yağlar orta işletme koşullarına sahip sistemlerde kullanılabilir. Hidrolik yağlar olarak Poliglikoller daha az önemli role sahip olacaklardır.

KAYNAKLAR

- [1] BARTZ,E.J, "Lubricants and the Environment.New Directions in Tribology", 103-119, Mech. Eng. Publ. Limited, 1997,
- [2] VAN DIEVOET,F., "Comparision of base oils and fluids from an Ecological of View", Proc.7 th Internatinal LFE Congress, Brussels 2001.
- [3] BARTZ,W.J., "Regulations Regarding Water Endangering Lubricants comparing Old and New Water Hazard Classes", Proc.7 th international LFE Congress, Brussels, 2001.
- [4] T.C. Çevre Bakanlığı, "Su kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Suda Tehlikeli Ve Zararlı Maddeler Tebliği Madde 3-4", Resmi Gazete, 20 106 sayılı ve 12.03.1989 tarihli tebliği, 1989.
- [5] NORRBY,T.AND KOPP, M., "Environmentally Adapted Lubricants in the Nordic Marketplace-Recent Developments", Proc.13 th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, 2002.
- [6] BARTZ, W.J., "Environmentally Acceptable Hydraulic Fluids, Part I. Environmental Aspects and Acceptable Base Fluids, . Technische Akademie Esslingen.
- [7] WENDORFF, J. L, "Long-Time Tests with Rape Seed Based Hydraulic Oils in Agricultural Machineries (in German)", Course Material, Fast Biodegradable Hydralic Oils, Technische Akademie Esslingen, 1994.
- [8] SCHÜLERT, G., et al., "HEES Hydraulic Fluids-Testing and Experinces in Practical Applications", Proc. 10 th International Colloquium Tribology, Technische Akademie Esslingen, 1996.
- [9] BARTZ, W.J., "Lubricants and the Environment, Tribology", International, Vol. 31, 1-3, 35-47, 1998.



ÖZGEÇMİSLER

Ertugrul DURAK

06.12.1968 tarihinde Erzincan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzincan'da tamamladı. 1986-1990 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Isparta Müh. Fak. Makine Müh. Bölümünde Lisans, 1990-1993 tarihlerinde A.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans, 1993-1998 yılları arasında S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktorasını tamamladı. Ağustos 1999'dan itibaren Makine Mühendisliği Bölümünde Yrd.Doç.Dr. olarak çalışmaktadır. Triboloji (Yağlama, yağ katkı maddeleri, çevre dostu yağlar, aşınma, sürtünme) ve makine elemanları tasarımı üzerine çalışmaktadır. İngilizce ve Fransızca bilmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Wilfried J. BARTZ

Profesör W. Bartz Zerbst'te (Almanya) doğdu. 1961 Hanover Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesinde yüksek makine mühendisi ünvanı, 1968 yılında da aynı üniversiteden doktora (PhD) ünvanını aldı. Madeni yağ endüstrisinde yağlama mühendisliği birim başkanlığı ve Hanover Petrol Araştırma Enstitüsü bölüm başkanlığını yürütmüştür. 1976'da Esslingen Teknik Akademisi direktörlüğüne atanmıştır. Viyana ve Stuttgart Üniversitelerinde profesör olarak çalışmıştır. Birçok ülkede (Rusya, Çin, Mısır, Küba, vb.) kurslar düzenlemiştir. 300'den fazla triboloji, madeni ve sentetik yağlar, non-newtonyen yağlar, hidrolik yağlar, yataklar ve yağlama, çevre dostu yağlar üzerine makaleleri vardır. 20'den fazla kitap editörlüğü yapmıştır. Uluslararası Teknoloji Transferi 2001 Triboloji Altın Madalya ödülünü kazanmıştır.