



Bu bir MMO yayınıdır

MADEN MAKİNALARINDA KULLANILAN SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI VE YANMAZ HİDROLİK AKIŞKANLARA UYUMLULUK

Ozan DEVLEN¹
Seçkin SEMİZ¹

¹ KASTAŞ SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİ San. Ve Tic. A.Ş.

MADEN MAKİNALARINDA KULLANILAN SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI VE YANMAZ HİDROLİK AKIŞKANLARA UYUMLULUK

Ozan DEVLEN¹, Seçkin SEMİZ²

KASTAŞ SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİ San. Ve Tic. A.Ş.
A.O.S.B. 10001 Sk. No.19 35620 Çiğli-İZMİR Tel.: (0232) 376 88 26
¹odevlen@kastas.com.tr, ²ssemiz@kastas.com.tr

ÖZET

Ülkemizin gelişen ve lokomotif sektörlerinden madencilik sektöründe hidrolik makine ve ekipmanlar yoğun olarak kullanılmaktadır. Maden sektöründeki hidrolik silindirler ortam şartları nedeniyle zorlu koşullarda çalışmaktadır ve çalışmalarının sürekliliği hayati önem arz etmektedir. Yangın güvenliği gerekçesiyle de birçok maden uygulamasında Ateşe Dayanıklı Yanmaz Hidrolik Akışkanlar, bildiride Yanmaz Hidrolik Akışkanlar olarak adlandırılacaktır, standart hidrolik yağların yerini almıştır. Bu bildiride zorlu koşullarda uzun ömür ve performans gösterecek sızdırmazlık elemanları kombinasyonlarının uygulama yerlerine göre sunulması ve önerilen sızdırmazlık elemanlarının sistem yağlarıyla uyumluluklarının test edilerek raporlanması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hidrolik, Hidrolik silindirler, Sızdırmazlık elemanları, Maden makinaları, Ateşe Dayanıklı hidrolik akışkanlar.

ABSTRACT

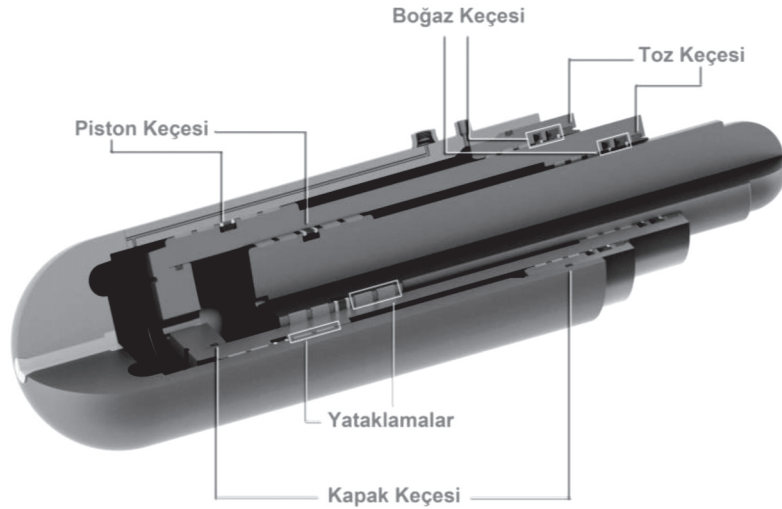
Hydraulic machines and equipments have been widely used in mining industry which is one of our country's developing and leading industries. Hydraulic cylinders operate in extreme conditions due to environmental conditions and continuity of operation has vital importance. Fire-Resistant Hydraulic Fluids has replaced standard hydraulic fluids in a variety of mining applications because of fire safety. In this paper it is aimed to present the configurations of sealing solutions which can provide long service life and performance under extreme conditions and their compatibility with system fluids.

Key Words: Hydraulic, Hydraulic cylinders, Sealing elements, Mining machines, Fire-resistant hydraulic fluids.

1. GİRİŞ

Madencilik, tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren temel sektörlerden biri olmuştur. Özellikle sanayi devriminden bu yana insanlığın gelişim sürecinin son iki yüz yılındaki baş döndürücü ilerlemede kömür ve demirin önemini yadsımak mümkün değildir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda da, madencilik faaliyetleri olmaksızın insan yaşamının sürdürülebilmesi olası değildir. Bugün, kullandığımız arabalardan, içinde yaşadığımız evlere, bilgisayarlardan telefonlara kadar yaşamımız için vazgeçilmez olan hemen her şey, madencilik etkinlikleri sonucu elde edilen ürünler sayesinde varlık kazanabilmektedir [1].

İnsan hayatında bu denli önemli bir yere sahip olan maden sektörü, gerekli önlemlerin alınmaması ve doğru sızdırmazlık elemanlarının kullanılmaması gibi ihmaller nedeniyle; madenin aranması, çıkarılması ve işlenmesi sırasında büyük riskler taşımaktadır. Madencilik sektöründe delme makinaları, yer altı yükleyicileri, galeri açma makinaları, tavan destek üniteleri gibi hidrolik silindir tahrikli birçok sistem kullanılmaktadır. Şekil 1’de örnek bir teleskobik silindir tasarımı ve sızdırmazlık elemanları gösterilmiştir. Standart bir hidrolik silindir, silindir borusu, mil, kapak, piston başı, boğaz keçesi, piston keçesi, yataklama elemanı, kapak keçesi ve toz keçesi gibi unsurlardan oluşur.

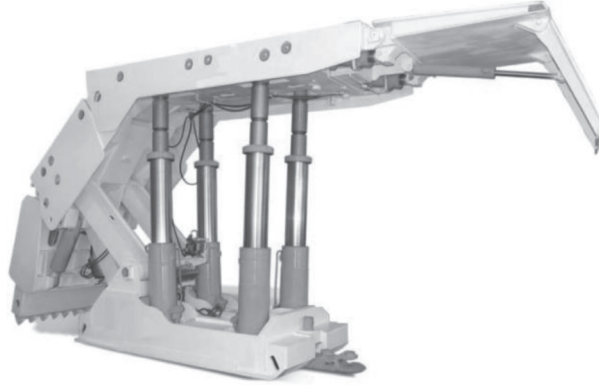


Şekil 1. Hidrolik Silindir ve Sızdırmazlık Elemanları

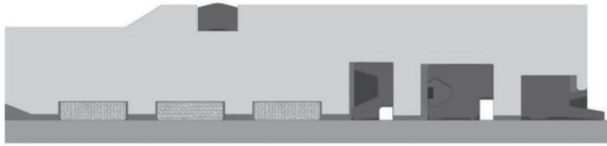
Bu sistemlerde, özellikle madencilik sektörü için güvenlik tedbirleri en üst düzeyde olmak zorundadır. Bu nedenle kullanılan hidrolik akışkanlar da yanma ve patlama tehlikesi nedeniyle yanmaz akışkan niteliğini taşırlar. Kullanılacak olan hidrolik akışkanın cinsine göre sızdırmazlık elemanı malzemesinin doğru seçimi hayati önem taşır. Bu çalışmada, maden sektörü için hazırlanmış sızdırmazlık tasarımları ve kullanılan hidrolik akışkana göre seçilmesi gereken doğru malzeme tipleri sunulmuştur.

2. MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE HİDROLİK UYGULAMALAR ve SIZDIRMAZLIK ÇÖZÜMLERİ

Her madencilik uygulaması, dikkatli malzeme ve sızdırmazlık profili seçimi gerektirmesi gibi kendine has zorluklara sahiptir. Her bir uygulamanın spesifik ihtiyaçlarını karşılayabilmek için dikkatli ve titiz bir çalışma ile sızdırmazlık elemanlarının ve malzemelerinin seçilmesi gerekmektedir [2]. Şekil 2’de madencilik sektöründe kullanılan Tavan Destek Ünitesi (Longwall Roof Support) örneği gösterilmiştir.



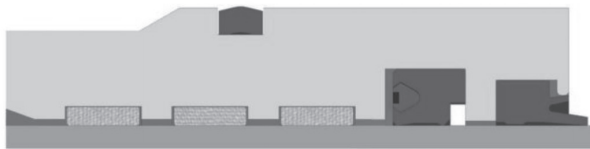
Şekil 2. Tavan Destek Ünitesi [2]



Şekil 3. Boğaz - Konfigürasyon 1 Tasarımı

Tablo 1. Konfigürasyon 1 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤400Bar	≤400Bar	≤400Bar
Hız	≤0,5m/s	≤0,5m/s	≤0,5m/s



Şekil 4. Boğaz - Konfigürasyon 2 Tasarımı

Tablo 2. Konfigürasyon 2 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤400Bar	≤400Bar	≤400Bar
Hız	≤0,5m/s	≤0,5m/s	≤0,5m/s

Bu tip boğaz sızdırmazlık sistemleri, çatı destekleri, iticiler ve yardımcı silindireler için tasarlanmıştır ve K31 boğaz keçesi, tercihen ani artan basınçlar ve dalgalanan basınçlar için K29 ön basınç ringi, K05 toz keçesi, ve K75 fenolik yataklamadan oluşmaktadır.

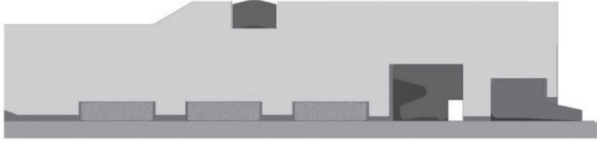
Bu tasarım, mükemmel yataklama ve yüksek yük taşıma kapasitesi, kolay montaj, yüksek aşınma dayanımı, K05’in ikinci dudağı ile çok iyi sıyırma, uygun olmayan yüzey pürüzlülüklerinde bile iyi sızdırmazlık performansı, şok ve değişken basınçlarda üstün performans sağlar.



Şekil 5. Boğaz - Konfigürasyon 3 Tasarımı

Tablo 3. Konfigürasyon 3 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤400Bar	≤400Bar	≤400Bar
Hız	≤0.5m/s	≤0.5m/s	≤0.5m/s



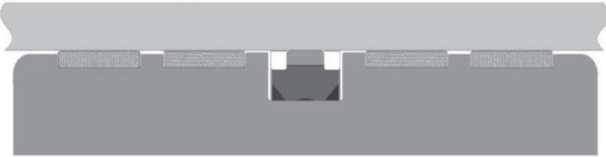
Şekil 6. Boğaz - Konfigürasyon 4 Tasarımı

Tablo 4. Konfigürasyon 4 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤400Bar	≤400Bar	≤400Bar
Hız	≤0.5m/s	≤0.5m/s	≤0.5m/s

Bu tip boğaz sızdırmazlık sistemleri, çatı destekleri, iticiler ve yardımcı silindireler için tasarlanmıştır ve K32 boğaz keçesi, tercihen ani artan ve dalgalanan basınçlar için K29 ön basınç ringi, K11 toz keçesi veya K94 toz keçesi ve K73 polyester yataklamadan oluşmaktadır.

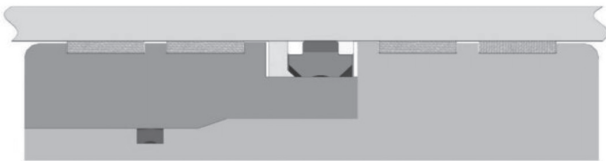
Bu tasarım, çok iyi sıyırma performansı, değişken basınçlarda yüksek sızdırmazlık, mükemmel yataklama performansı, üstün sızdırmazlık performansı sağlamak için tasarlanmıştır.



Şekil 7. Piston - Konfigürasyon 5 Tasarımı

Tablo 5. Konfigürasyon 5 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤700Bar	≤700Bar	≤700Bar
Hız	≤0.3m/s	≤0.3m/s	≤0.3m/s



Şekil 8. Piston - Konfigürasyon 6 Tasarımı

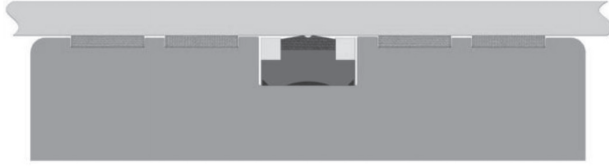
Tablo 6. Konfigürasyon 6 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Dinamik Basınç	≤700Bar	≤700Bar	≤700Bar
Statik Basınç	≤1500Bar	≤1500Bar	≤0.5m/s
Hız	≤0.5m/s	≤0.5m/s	≤0.5m/s

Bu tip piston sızdırmazlık sistemleri, çatı destekleri, iticiler ve yardımcı silindireler için tasarlanmıştır ve K48 piston keçesi ve K75 fenolik yataklamadan oluşmaktadır. Özel yüksek basınç uygulamaları için tek taraflı özel destek ringi ile 1500 bar basınca kadar kullanılabilir.

Bu tasarım, yüksek aşınma ve akma dayanımı, mükemmel yataklama ve sızdırmazlık performansı,

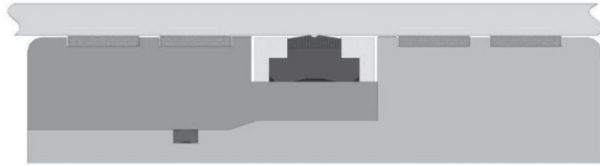
basit kanal tasarımı ve kolay montajlama, iyileştirilmiş ömür için hidroliz dayanımı, yüksek basınçlarda mükemmel performans, su bazlı hidrolik akışkanlarla çok iyi uyumluluk, yapışmadan çalışma imkânı sağlar.



Şekil 9. Piston - Konfigürasyon 7 Tasarımı

Tablo 7. Konfigürasyon 7 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Basınç	≤500Bar	≤500Bar	≤500Bar
Hız	≤0.5m/s	≤0.5m/s	≤0.5m/s



Şekil 10. Piston - Konfigürasyon 8 Tasarımı

Tablo 8. Konfigürasyon 8 Çalışma Koşulları

Çalışma Koşulları			
Akışkan	Mineral yağ (DIN51524)	HFA ve HFB	HFC
Sıcaklık	-30 °C +100 °C	+5 °C +60 °C	-30 °C +60 °C
Dinamik Basınç	≤500Bar	≤500Bar	≤500Bar
Statik Basınç	≤1500Bar	≤1500Bar	≤1500Bar
Hız	≤0.5m/s	≤0.5m/s	≤0.5m/s

Bu tip piston sızdırmazlık sistemleri, çatı destekleri, iticiler ve yardımcı silindireler için tasarlanmıştır ve tek taraflı yüksek basınç için tasarlanmış K504 veya çift taraflı yüksek basınç için tasarlanmış K505 piston keçesinden ve K73 polyester yataklamadan oluşur.

Bu tasarım, mükemmel yataklama ve sızdırmazlık performansı ile yüksek yük taşıma kapasitesi, şok ve değişken basınçlarda üstün sızdırmazlık sunar ve etkin destek ringinden dolayı daha büyük akma boşluğuna imkân verir.

3. MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE KULLANILAN SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI MALZEMELERİ

Genel olarak sızdırmazlık elemanlarında kullanılan malzemeler ve detaylı bilgileri aşağıda verilmiştir.

3.1. Nitril-Bütadien Kauçuk (NBR)

Bütadien ve akrilonitril karışımından oluşan ve hidrolik sızdırmazlık elemanlarının büyük bir çoğunluğu için kullanılan polimer çeşididir. Akrilonitril oranı %18 ile %50 arasında değişkenlik gösterirken bu değişikliğe bağlı olarak elastomerin mineral yağlar, gres ve yakıtlardaki hacimsel değişimi, gaz geçirgenliği, elastisitesi ve geri toplama kabiliyeti gibi özellikleri de değişkenlik gösterir.

3.2. Termoplastik Poliüretan (TPU)

Poliüretan, kimyasal yapısı çok sayıda üretan grubu tarafından karakterize edilen yüksek moleküler organik bir malzemedir. Poliüretan, belirli sıcaklık limitleri içinde kauçuğun elastik karakter özellik-

lerini taşır. Poliüretanın malzeme yapısını Polyol, Diizosiyanat ve Zincir Uzatici olarak üç bileşen karakterize eder. Poliüretanlar, yüksek mekanik dayanım, çok iyi aşınma dayanımı, yüksek esneklik, yüksek elastisiteyle beraber geniş sertlik aralığı, çok iyi oksidasyon ve ozon dayanımı, iyi yağ direnci gibi özellikler sunar.

3.3 Termoplastik Polyester Elastomer (TPE)

Polyester elastomerler, elastomer ve termoplastik malzemelerin özelliklerine sahiptir. Bu malzemeler sert ve yumuşak yapı olarak çok fazla yapıdadır. Sert segmentler katmanlanarak kristal yapıyı oluşturur ve yumuşak segmentlerle birbirine bağlanır. Hidrolik yağlara mükemmel dayanımı ve yüksek akma mukavemeti malzemenin en belirleyici özellikleridir.

3.4 Fluoro Elastomer (FKM)

Fluoro elastomerler yüksek kimyasal, sıcaklık ve yağ dayanımı olan sentetik kauçuk türüdür. Fluoro elastomer malzemeler, hidrojene göre artan florin oranı ve C-F bağının dayanımı sayesinde yüksek sıcaklık stabilitesi ve mükemmel yağ dayanımı sağlar. Viton veya Flourel ticari isimleriyle de bilinen malzeme, -30°C ile +225°C sıcaklık aralığında birçok gres, yağ ve solvante dayanım gösterir. Düşük gaz geçirgenliği ile vakum sistemlerinde tercih sebebidir. Hazırlanan özel karışımlar ile çalışma sıcaklık aralığı ve mekanik özellikleri değiştirilebilir.

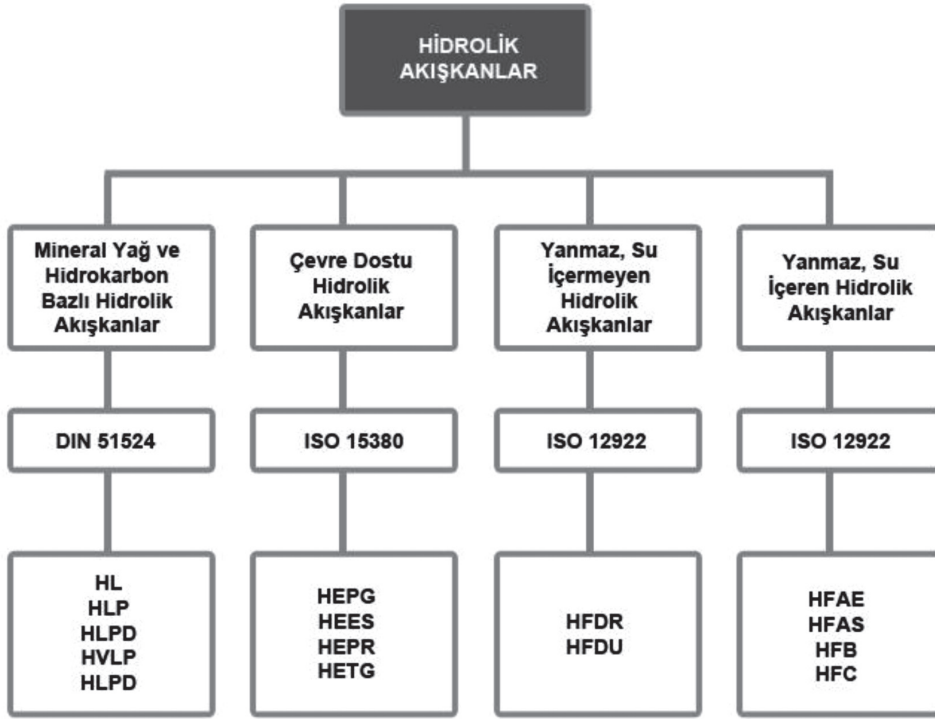
3.5 Politetrafloretillen (PTFE)

PTFE, etilenin florlanmasıyla oluşan bir polimerdir. Elastik olmayan bu malzeme, 260°C'ye kadar çalışma sıcaklığı, katılar arasında bilinen en düşük sürtünme katsayısı, diğer elastomer ve termoplastiklerden üstün kimyasal dayanım gibi özelliklerle öne çıkar. Cam elyafı, grafit, karbon, molibden di sülfid ve bronz gibi malzemelerin ilavesiyle fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilebilir.

Tablo 9. Malzeme cinsleri ve çalışma sıcaklıkları

Malzeme Grubu (ISO 1629)	Malzeme Cinsi	Kastaş Malzeme Kodu	Çalışma Sıcaklığı °C	Sertlik
TPU	Termoplastik Poliüretan	PU6001	-30 / +100	60 Shore D
		PU9201	-30 / +100	92 Shore A
		PU9203	-30 / +100	92 Shore A
		PU9204	-40 / +100	92 Shore A
		PU9401	-35 / +110	94 Shore A
		PU9404	-35 / +110	94 Shore A
TPE	Termoplastik Elastomer	TP5501	-40 / +120	55 Shore D
NBR	Nitril Bütadien Kauçuk	NB7001	-30 / +105	70 Shore A
		NB8001	-30 / +105	80 Shore A
		NB9001	-30 / +105	90 Shore A
		FB8001	-30 / +105	80 Shore A
FKM	Fluoro Elastomer	FK8001	-30 / +225	80 Shore A
		FK9001	-30 / +225	90 Shore A
		FK8005	-30 / +150	80 Shore A
PTFE	Politetrafloretillen	PT5501	-260 / +200	55 Shore D
		PT6003	-260 / +200	60 Shore D
		PT5505	-260 / +200	58 Shore D

4. HİDROLİK AKIŞKANLARIN SINIFLANDIRILMASI



Şekil 11. Hidrolik akışkanların sınıflandırılması ISO 6743

Tablo 10. Hidrolik Akışkan Tipleri ve Özellikleri [3]

Tip	HFA Su-Katkı Maddesi	HFB Yağ – Su Emülsiyonu	HFC Su-Glikol	HFDR Fosfat- Ester	HFDU Poliölester	Hidrolik Yağ
Yoğunluk 20°C (gr/cm ³)	1.002	0.950	1.050	1.150	0.915	0.850
Viskozite 40°C (mm ² /s)	1.260	46	46	46	68 46	46
Su İçeriği (%)	95	40	40	0	0	0
Ateş Direnci	Mükemmel	Zayıf	İyi	İyi <800°C	Önemsiz	Yok
Yağlama	Çok Zayıf	Önemsiz	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel

4.1 Yanmaz Hidrolik Akışkanlar

Bu çalışmada kullanılan hidrolik akışkanlar aşağıdaki gibidir;

4.1.1 HFA Grubu Yanmaz Hidrolik Akışkanlar

HFA akışkan tipi, suyun mükemmel yanmazlığına, yağlama ve korozyon koruma özelliklerinin eklenmiş olduğu yanmaz hidrolik akışkanlardır. HFA tipi hidrolik akışkanların ana bileşeni su olmasından ötürü (%90 ya da fazlası) bu tip akışkan kullanan hidrolik ekipmanlar, düşük viskoziteyle çalışabilme özelliğine sahip olmalıdır. HFA akışkan ile uyumlu hidrolik sistemler teoride sadece su ile çalışabileceği gibi, HFA tipi akışkan kullanılması halinde, valflerin yağlanması, sızdırmazlık elemanlarının ömrünün uzaması, borular ve diğer parçalarda korozyonun önlenmesi ve sistemde bakteri ve mantar oluşumunun engellenmesi gibi faydalar görülür [4].

HFA-E: Su ve yağ emülsiyonları

HFA-S: Su ve yağ solüsyonları

4.1.2 HFB Grubu Yanmaz Hidrolik Akışkanlar

HFB tipi yanmaz hidrolik akışkanlar, suya oranla çok daha fazla mineral yağ içerdiği için ters emülsiyon olarak bilinir. HFB yanmaz hidrolik akışkanların yanmaz özelliği su içeriğiyle sağlandığı için, karışım içerisindeki su miktarı kontrol altında tutulmalıdır. Çok yüksek sıcaklıklarda kullanımı aşırı su kaybına neden olacağından yanmazlık özelliğinde kötüleşmeye neden olabilir. Su içeriği genellikle %40 civarında olmakla beraber bazı uygulamalarda düşük sıcaklık stabilitesi sağlamak amacıyla glikol kullanılabilir [5]. Bu bildiride kullanımının yaygın olmamasından ötürü HFB tipi yağlara yer verilmemiştir.

4.1.3 HFC Grubu Yanmaz Hidrolik Akışkanlar

HFC grubu, su ve monoglikol ya da poliglikolden oluşmuş çözeltilerdir. Bu tip akışkanlar, yanmaz hidrolik akışkanlar içerisinde fiyat, performans ve yağlama özellikleri nedeniyle en yaygın olarak kullanılanlardır. Açık ateş, ergimiş metal ve ısıtma fırınları gibi yangın tehlikesi olan yerlerin hidrolik sistemlerinde kullanılmaktadırlar [4].

4.1.4 HFD Grubu Yanmaz Hidrolik Akışkanlar

HFD grubu ile belirtilen akışkanlar, su içermeyen ve yanmazlığını kimyasal formülüyle oluşturan, HFB ve HFC gruplarına göre daha iyi yağlama özelliği sunan yüksek performanslı yanmaz hidrolik akışkanlardır. Yüksek alev alma ve yanma noktasına sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı genellikle ilgili en mükemmel tercih olduğunu ispatlamıştır [5].

HFD tipi yağlar 7. Lüksemburg raporunda belirtilen “Püskürtme Ateşleme” (Spray Ignition) testinden geçecek şekilde formüle edilmektedir. HFDS ve HFDT tipleri Avrupa Konseyinin 91/339/EEC Direktifi ile belirlendiği üzere sağlık ve çevre konusundaki sıkıntılar nedeniyle günümüzde kullanılmamaktadır.

HFD tipi yağlar aşağıdaki tiplere ayrılır;
 HFDR – Fosfat Ester bazlı
 HFDU – Polioli Ester bazlı vb. (Fosfat Ester bazlı olmayanların hepsi)
 HFDS – Çevre ve Sağlık nedeniyle kullanılmamaktadır.
 HFDT – Çevre ve Sağlık nedeniyle kullanılmamaktadır.

4.1.5 Mineral Yağ Bazlı Hidrolik Yağ

DIN 51524 Bölüm 2 – HLP Grubu Standardı gerekliliklerini karşılar. Mükemmel viskozite-sıcaklık uyumu sayesinde yüksek sıcaklıklarda çalışmaya uygun, köpürmeye karşı dayanıklı, yüksek viskozite indeksine sahip mineral yağ bazlı hidrolik yağdır.

Tablo 11. Test dahilinde kullanılan hidrolik akışkanlar

Akışkan Tipi	Akışkan Adı
HFAE	Petrofer Ultra Safe 10 E
HFC	Petrofer Ultra Safe 620
HFDU	Petrofer Envolubric HE 46
HFDR	Petrofer Ultra Safe 1120
HLP	Petrofer Isolubric VG 46

5. YANMAZ HİDROLİK AKIŞKANLARLA ELASTOMER UYUMLULUK TESTLERİ

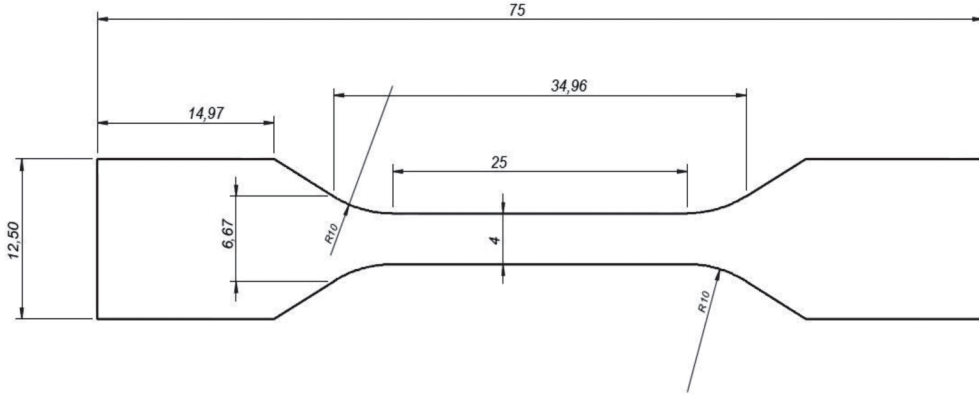
Madencilik dahil tüm sektörler için kullanılacak olan sızdırmazlık elemanı seçimi, sıcaklık, basınç, hidrolik akışkan gibi çalışma şartlarına göre yapılmaktadır. Bu seçim, doğru ürün profilinin seçimi yanında doğru malzeme seçimi zorunluluğunu da getirmektedir. Malzeme seçimi için dikkat edilen kriterler, kopma dayanımı, kopma uzaması, baskı altında deformasyon gibi mekanik özellikler ve kimyasala maruz kaldığında malzemenin akışkanı bünyesine alarak şişmesi, malzemenin iç yapısında değişiklikler oluşması gibi kimyasal değişimler olarak tanımlanabilmektedir. Doğru malzeme seçimi yapıldığı takdirde sızdırmazlık elemanı çalışma ortamına girdikten sonra kimyasal ve mekanik özelliklerinde çalışmasını engelleyecek bir kayba uğramamaktadır. Doğru akışkanlarla birlikte kullanıldıklarında KASTAŞ sızdırmazlık elemanları yüksek performansın yanında uzun çalışma ömrü sunmaktadır.

5.1 Test Metodolojisi

Yanmaz hidrolik yağlar ve elastomer malzemelerin uyumluluk testleri, sızdırmazlık elemanı malzemelerinin en yüksek çalışma sıcaklıklarını uygulayacak şekilde test düzenekleri kurularak yapılmıştır. Malzeme özelliklerini örnekleyebilmek için testi yapılacak malzemelerden basılan test plakaları, ISO 37-2'ye göre kesilerek Şekil 12'de tasarımı verilen test kaşıkları elde edilmiştir.

Test numunelerinin hacimsel değişimlerini hesaplayabilmek üzere numunelerin havadaki ve sudaki ağırlıkları, sertlik değişimlerini hesaplayabilmek açısından Shore A veya D cinsinden sertlik değerleri kaydedilmiştir. Test kaşıkları uzun stroklu bir ekstensometreye sahip çekme kopma cihazına bağlanarak kopma uzaması, kopma dayanımı değerleri elde edilerek kaydedilmiştir. Bu aşamayla her bir malzeme grubunun test öncesi verileri kayıt altına alınmıştır. Test grupları belirlenerek deney tüplerine test kaşıkları yerleştirilmiş, ilgili akışkan ile doldurulduktan sonra test fırınına yerleştirilmiştir.

Test sonunda, hacimsel değişimlerin hesaplanabilmesi için kaşıkların havadaki ve sudaki ağırlıkları, sertlik değişimlerinin hesaplanabilmesi için kaşıkların sertlikleri ve kopma dayanımı, kopma uzaması değerleri ölçülerek numunelerin değerlerindeki değişimler hesaplanmıştır.



Şekil 12. ISO 37-2 Test Kaşıkları

5.1.1 Test Sayıtları

Bu bildiriye elde edilen sonuçlar uygulanan test metodlarının ölçüm belirsizliği, ölçüm hassasiyeti ve örneklemin istatistiksel değişkenliğine bağlıdır. Elde edilen sonuçların genel yargılar için yeterli hassasiyette olduğu varsayılmaktadır.

5.1.2 Test Sınırlılıkları

Bu bildiriye sonuçları, alınan malzeme örneklemleri, testlerde kullanılan ve bir firmaya ait olan akışkanın uyumluluğu ve uygulanan ölçüm metodlarının hassasiyeti ile sınırlıdır.

5.2 Test Bilgileri

Madencilik sektörü için yapılan bu çalışmada, sektörde yaygın olarak kullanılmakta olan HFAE, HLP, HFC, HFDU, HFDR tipi yanmaz hidrolik akışkanlar teste dahil edilmiştir. Test edilen yağ tipleri ve çeşitlerine göre uygunluğu test edilecek olan malzeme listesi aşağıdaki gibidir.

Tablo 12. Test edilen hidrolik akışkan ve ürün çeşitleri

Malzeme Grubu	Kastaş Malzeme Kodu	Hidrolik Akışkan Tipi				
		HFAE	HLP	HFC	HFDU	HFDR
TPU	PU9201	√	√	√	√	-
	PU9204	√	√	√	√	-
	PU9203	√	√	√	√	-
	PU9401	√	√	√	√	-
	PU9404	√	√	√	√	√
	PU6001	√	√	√	√	-
TPE	TP5501	√	√	√	√	√
NBR	NB7001	√	√	√	√	√
	NB8001	√	√	√	√	√
	NB9001	√	√	√	√	√
	FB8001	√	√	√	√	-
FKM	FK8001	-	√	√	√	√
	FK9001	-	√	√	√	√
	FB8005	-	√	√	√	-
PTFE	PT5501	√	√	√	√	√
	PT6003	√	√	√	√	√
	PT5505	√	√	√	√	√

5.3 Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Teste alınan ürün grupları ve kullanılan hidrolik akışkanlara göre test sonuçlarının değerlendirilmesi 7. Lüksemburg raporu ve TÜV Elastomer Davranış ve Yönelimi Kriterleri esas alınarak belirlenmiştir. Test süresince değişkenlikleri kontrol edilen parametreler; Kopma dayanımı değişimi, Kopma uzaması değişimi, Sertlik değişimi ve Hacimsel değişim olarak incelenmiştir. Sonuçların değerlendirme kriterleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 13. Test edilen hidrolik akışkan ve ürün çeşitleri

TEST	4	3	2	1	2	3	4
Sertlik Değişimi (<i>Shore A-D</i>)	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15
Hacimsel Değişimi (%)	-5	-4	-3	0	+10	+15	+20
Kopma Uzaması Değişimi (%)	-50	-40	-30	0	+30	+40	+50
Dayanım Değişimi (%)	-50	-40	-30	0	+30	+40	+50

Bu değerlendirme sistemine göre;

1 Puan alan malzemeler: Mükemmel Uygunluk.

2 Puan alan malzemeler: Statik Uygulamalar için Uygun, Dinamik Uygulamalar için danışılmalı.

3 Puan alan malzemeler: Danışılmadan Kullanılmamalıdır.

4 Puan alan malzemeler: Uygun Değildir.

6. SONUÇ

Madencilik sektörü için büyük önem taşıyan hidrolik sızdırmazlık elemanı malzemelerinin çeşitli yanmaz hidrolik akışkanlarla uyumluluğu incelenmiş ve çalışmanın sonucu olarak aşağıdaki şekilde akışkan ve malzeme uyumluluk tabloları sunulmuştur.

Tabloda her bir hidrolik akışkanın her bir malzeme ile uyumluluğunu tespit etmek amacıyla Tablo 13'de verilen değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Uyumluluk değerlendirmesi amacıyla kullanılan dört test parametresi ayrı ayrı değerlendirilmiş ve bu dört kriterden en kötü sonuç veren değer baz alınarak Tablo 14 hazırlanmıştır.

Elde edilen değerlerin tamamı Kastaş tarafından üretilen ve aşağıda kodları paylaşılan ürünlerin numunelerinin, Petrofer firmasından temin edilen hidrolik akışkanlarla yapılan bağımsız testlerinin sonuçlarını yansıtmaktadır. Elde edilen sonuçların jenerik olarak tüm elastomerlerin aynı sınıfa giren benzer yağlarla uyumluluğu konusunda herhangi bir garanti taşımamaktadır. Tüm ürünler kendi üreticileriyle ve tüm akışkanlar da tedarikçileriyle görüşülerek bağımsız olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 14. Uyumluluk Test Sonuçları

Malzeme Grubu	KASTAŞ Malzeme Kodu	Malzeme Puanları				
		HFAE	HLP	HFC	HFDU	HFDR
TPU	PU9201	2	1	1	2	-
	PU9203	2	1	1	3	-
	PU9204	3	1	1	2	-
	PU9401	1	1	1	2	-
	PU9404	1	1	1	2	2
	PU6001	1	3	1	4	-
TPE	TP5501	1	1	1	1	1
NBR	NB7001	1	1	1	1	1
	NB8001	1	1	1	1	1
	NB9001	1	1	1	1	1
	FB8001	1	1	1	1	-
FKM	FB8005	-	1	1	1	-
	FK8001	-	1	1	1	1
	FK9001	-	1	1	1	1
PTFE	PT5501	1	1	1	1	1
	PT6003	1	1	1	1	1
	PT5505	1	1	1	1	1

KAYNAKLAR

- [1] TMMOB, "Madencilik Sektörü ve Politikaları Raporu", TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 2011.
- [2] Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri, "Maden Endüstrisi İçin Sızdırmazlık Çözümleri", 2012.
- [3] II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, "Ateşe Dayanıklı, Yanmaz Hidrolik Sıvılar Poliglikol-Su Çözeltileri (HFC)".



[4] http://www.quintolubric.com/products/products_hfc.html, 27.05.2014

[5] HSE Approved specifications for fire resistance and hygiene of hydraulic fluids for use in machinery and equipment in mines, 1999.

ÖZGEÇMİŞ

Ozan DEVLEN

1982 yılı İzmir doğumlu Ozan Devlen lise öğrenimi İzmir Özel Türk Koleji'nde tamamlamıştır. 2005 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Çeşitli firmalarda çalıştıktan sonra, 2008 yılında Ingolstadt University of Applied Sciences'tan Otomotiv Mühendisliği Yüksek Lisans (M.Eng.) derecesini almıştır. Almanya'da ITD ve IAF enstitülerinde çeşitli projelerde çalıştıktan sonra Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de görev almıştır. Ozan Devlen, 2009 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de çalışmakta ve Ar-Ge Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Seçkin SEMİZ

1989 yılı İzmir doğumludur. 2012 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2013 yılından itibaren Kâtip Çelebi Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans yapmaktadır. 2012 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de Ar-Ge mühendisi olarak görev yapmaktadır.