

BOĞAZ SIZDIRMAZLIK ELEMANLARINDA PERFORMANS KRİTERLERİNİN ÇALIŞMA KOŞULLARIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Ozan DEVLEN
Kubilay SAKARYA

ÖZET

Hidrolik silindirlerde güç aktarımının sağlanabilmesi için boğaz ve piston düzeneklerinde sızdırmazlığın kusursuz olarak sağlanması gerekmektedir. Bir sızdırmazlık elemanının çeşitli karşıt yüzeylerde, sıcaklıklarda, hızlarda ve basınçlarda nasıl bir performans sergileyeceği, ürün tasarımı, kullanılan malzeme ve uygulama parametreleri gibi kriterlere bağlıdır. Sızdırmazlık elemanlarının performanslarının test edilebilmesi amacıyla bir test düzeneği oluşturulmuş ve ürün tasarımı, malzeme tipi, çalışma hızı, sıcaklık ve karşıt yüzey kriterlerinin sürtünme kuvvetleri, sızıntı, aşınma ve kalıcı deformasyon ile ilişkileri tespit edilmiştir. Bu bildiride yürütülen testlerin sonuçları derlenmiş ve sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Boğaz Keçeleri, Malzeme Testi, Tasarım Testi, Basınç Testi, Hız Testi, Akma Boşluğu Testi.

ABSTRACT

To provide power transmission in hydraulic cylinders, sealing at piston and rod must be done perfectly. The performance of a sealing element against different counter surfaces, temperatures, speeds and pressures depends on criteria such as the design, material and application parameters. A test rig has been setup to examine the performance of sealing elements and relations among design, material, speed, temperature and friction forces, leakage, wear and permanent deformation determined. In this paper, results of the tests are collected, evaluated and presented.

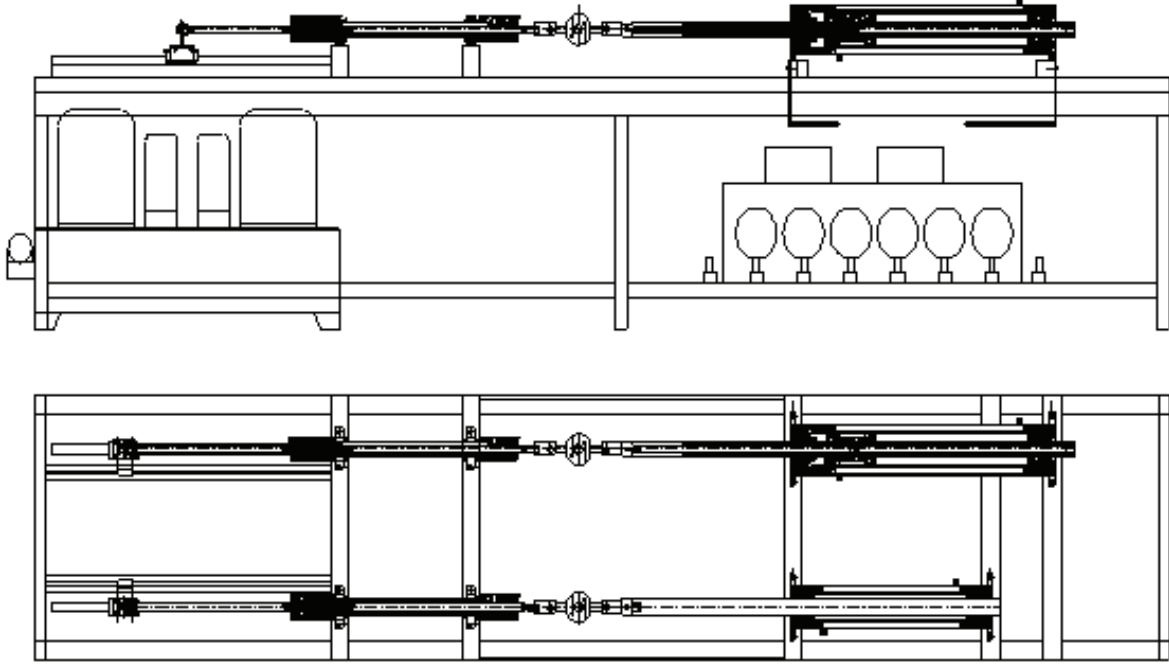
Key Words: Rod Seal, Material Test, Design Test, Pressure Test, Speed Test, Sealing Gap Test.

1. GİRİŞ

Boğaz sızdırmazlık elemanları günümüzde çok farklı uygulamalarda ve şartlarda çalışmaktadır. Uygulamaya ve şartlara göre bir boğaz sızdırmazlık elemanının mükemmel sızdırmazlığı sağlayabilmesi için malzemesinin, tasarımının, çalışma basıncının, çalışma hızının ve uygulamadaki akma boşluğu değerinin büyük önemi vardır. Bu bildiride tüm bu parametreler için belirlenen şartlara göre yapılan testlerin sonuçlarına ve karşılaştırmalara yer verilmiştir.

Testler Şekil1'de görülen boğaz-piston test cihazında gerçekleştirilmiştir. Bu test cihazı sızdırmazlık elemanlarının farklı basınç ve hızlar altında, aşınma ve sürtünme kuvvetlerini test etmek için yapılmıştır. Bir hidrolik ünite, iki tahrik silindiri ve bir adet boğaz keçesi test aparatı, bir adet piston

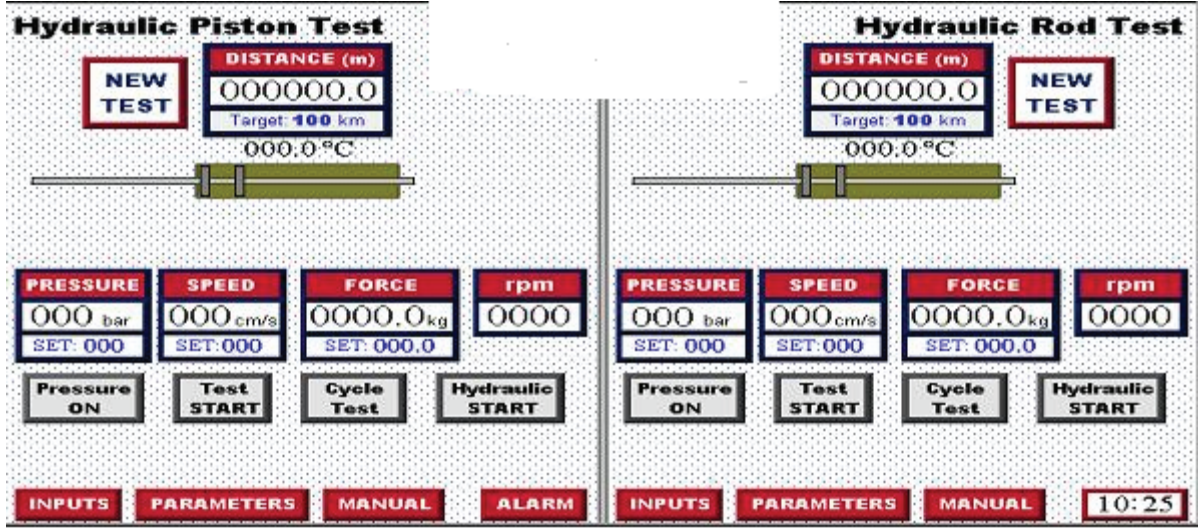
keçesi test aparatı, test aparatlarına basınç sağlayan hava ile çalışan hidrolik ünite, kuvvetleri, sıcaklığı, basıncı ölçen sistem ile sistemi çalıştıran elektrik-elektronik donanımdan meydana gelmiştir. Hidrolik ünitelerden gelen basınçlı yağ iki tarafı da millî olan hidrolik silindirleri tahrik etmektedir. Silindirlerin ucunda mafsallı bağlantı ile yük hücresi takılmıştır. Yük hücresinin diğer ucuna test aparatları bağlanmıştır.



Şekil 1. Boğaz-Piston Test Cihazı.

Test aparatları altına test için gerekli olan basıncı temin eden iki adet hidrolik ünite yerleştirilmiştir. Basınç birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir. Maksimum basınç 250 bardır. Basınç elektronik olarak da ölçülmektedir.

Test silindirlerinin sıcaklığı keçenin 5mm yakınından ölçülmektedir. Buradan alınan sıcaklık değerlerine göre boru soğuk su ile soğutulmaktadır. Test silindirlerinden kaçan yağ bir kaptan toplanmaktadır. Test silindirlerinin her strokta yaptığı mesafe lineer enkoderle ölçülmektedir. Test parametrelerinin ve şartlarının ayarlandığı, test şeklinin seçildiği bir dokunmatik pano bulunmaktadır. Bu panoda bulunan PLC tarafından kontrol edilen sisteme basınç, hız ve mesafe girişleri Şekil 2'de görülen dokunmatik ekran HMI'dan (insan-makine arayüzü) girilir.

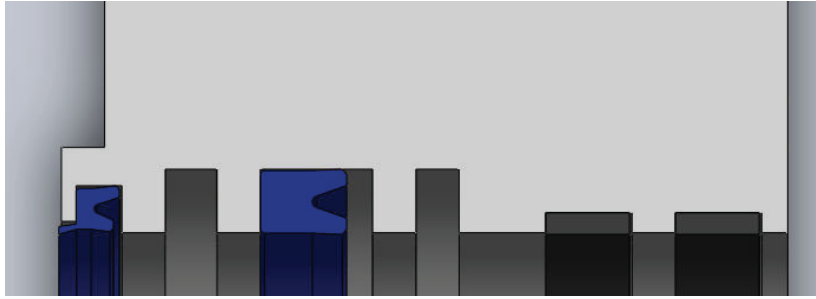


Şekil 2. Hidrolik Piston-Boğaz Testi Ekranı.

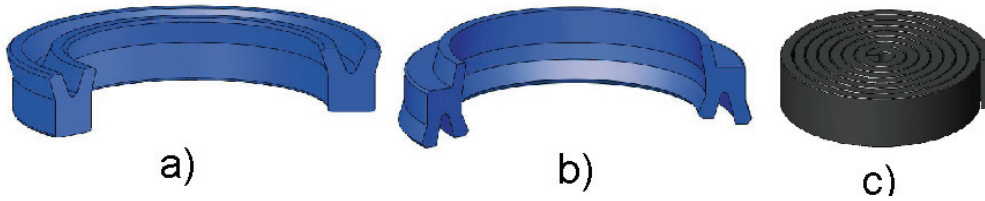
Makineden toplanan basınç, sıcaklık ve kuvvet değerleri bilgisayara gönderilmekte ve verilerin anlık kaydı sağlanmaktadır.

1.1. Test Prosedürü

Test edilecek keçeler Şekil 3'de görüldüğü gibi boğaz takozuna monte edilir. Sistemde ayrıca Şekil 4'de görülen, iki adet yataklama elemanı ve bir adet toz keçesi bulunur.



Şekil 3. Test Edilecek Boğaz Keçesinin Boğaz Takozuna Monte Edilmiş Görüntüsü.



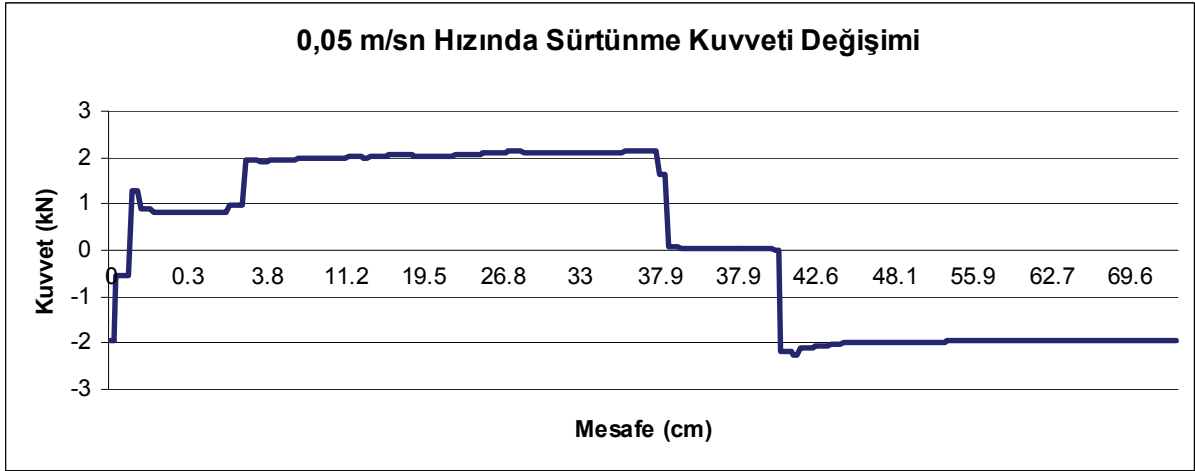
Şekil 4. Boğaz Takozunda Bulunan Sızdırmazlık Elemanlar a) K21 Boğaz – Piston Keçesi, b) K27 Toz Keçesi, c) KKT Yataklama Elemanı.

Toz keçesi ve boğaz yataklamaları silindire monte edilmiş, basınçsız olarak sürtünme kuvveti ölçülmüştür. Böylece test edilen sızdırmazlık elemanı dışındaki sürtünme ve sistem kayıpları (F_0) belirlenmiştir. Elde edilen bu değer, keçe takıldıktan sonra ölçülen değerden çıkartılmasıyla keçelerin oluşturduğu sürtünme kuvveti hesaplanmış olur.

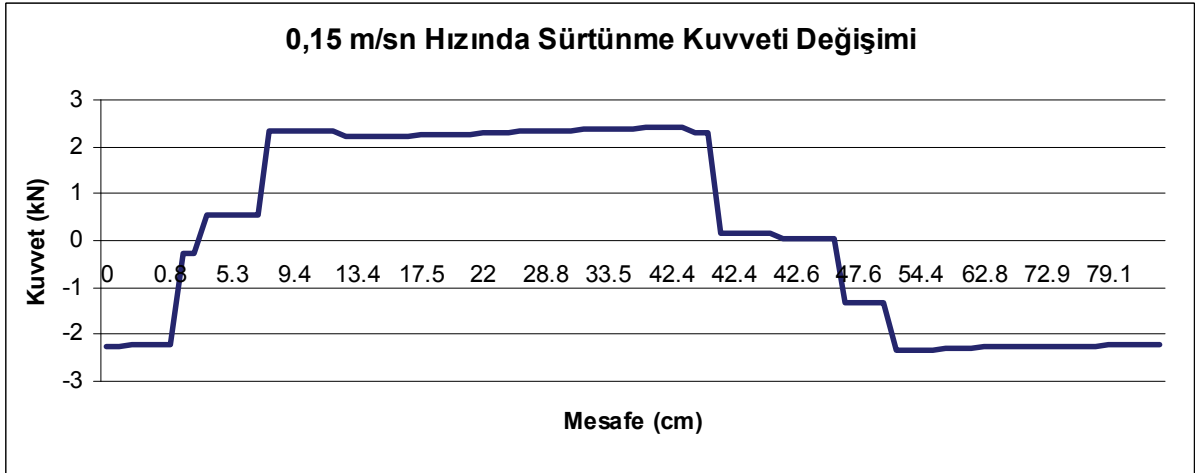
$$\frac{F_T - F_0}{2} = F \quad (kN) \quad (1)$$

1.1.1 Sistem Sürtünmelerinin Tespit Edilmesi

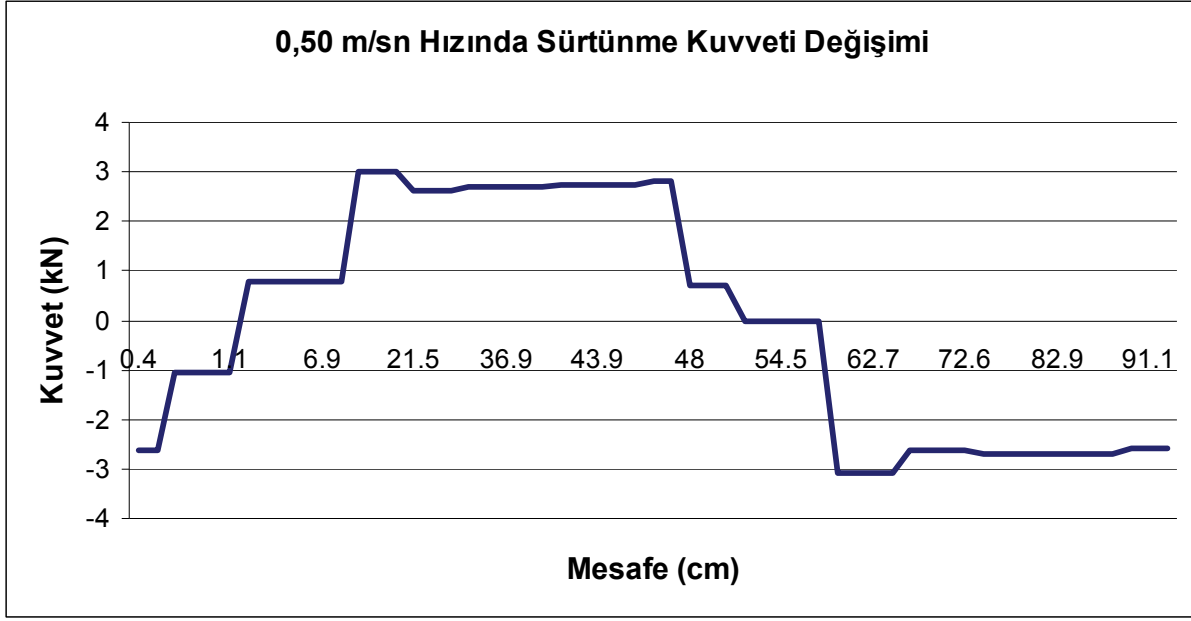
Yapılan testler sonucunda farklı hızlarda farklı sürtünme grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler 0,05 m/sn, 0,15 m/sn ve 0,50 m/sn hızları için sırasıyla Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'den bulunabilir. Grafiklerden elde edilen değerler, yapılan cycle testler sonucunda elde edilen ortalama değerlerdir. Bu değerler ilgili testlerde kullanılan hızlara bağlı olarak F_0 değeri olarak kullanılmışlardır. Tespit edilen değerler sırasıyla 0,05 m/sn için 0,204 kN, 0,15 m/sn için 0,215 kN, 0,30 m/sn için 0,230 m/sn ve 0,50 m/sn için 0,276 kN'dir.



Şekil 5. 0,05 m/sn Hızı İçin Kuvvet Değişim Grafiği.



Şekil 6. 0,15 m/sn Hızı İçin Kuvvet Değişim Grafiği.



Şekil 7. 0,50 m/sn Hızı İçin Kuvvet Değişim Grafiği.

1.1.2 Kalıcı Deformasyon Değerlendirmesi

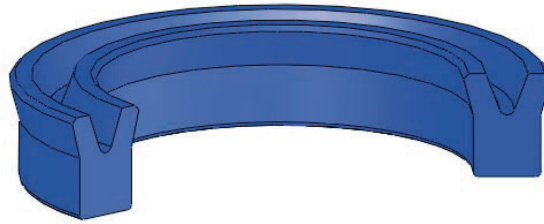
Compression Set (Kalıcı Şekil Değiştirme) bir elastomer malzemenin basınç ve ön yükleme altında çalıştıktan sonra ilk haline dönme kabiliyetinin bir göstergesidir. Uluslar arası standart olarak ISO 815 testi kalıcı deformasyon değerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada ISO 815 standardındaki hesaplama yöntemleri kullanılarak sızdırmazlığı sağlayan dudaktaki ön yükleme değişiklikleri incelenerek saha uygulamaları için anlamlı sonuçlar verecek Kalıcı Deformasyon karşılaştırmaları yapılmıştır.

2.TESTLER

2.1. Malzeme Testi

2.1.1. Testin Amacı

Malzeme karşılaştırması testi için Şekil 8'de görülen ve üç farklı malzemedan yapılan K21 boğaz-piston keçesi kullanılmıştır. Bu malzemeler sırasıyla PU9401 (Poliüretan), NB9001 (Nitril-Bütadien Kauçuk) ve FK9001 (Fluoro elastomer - FKM)'dir.

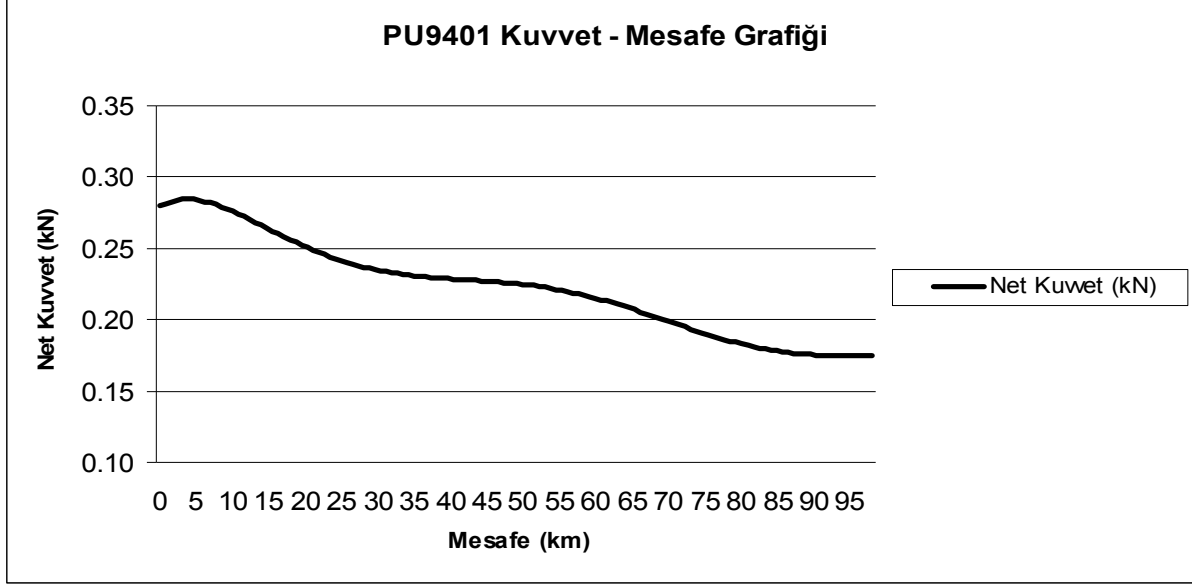


Şekil 8. K21 Boğaz – Piston Keçesi.

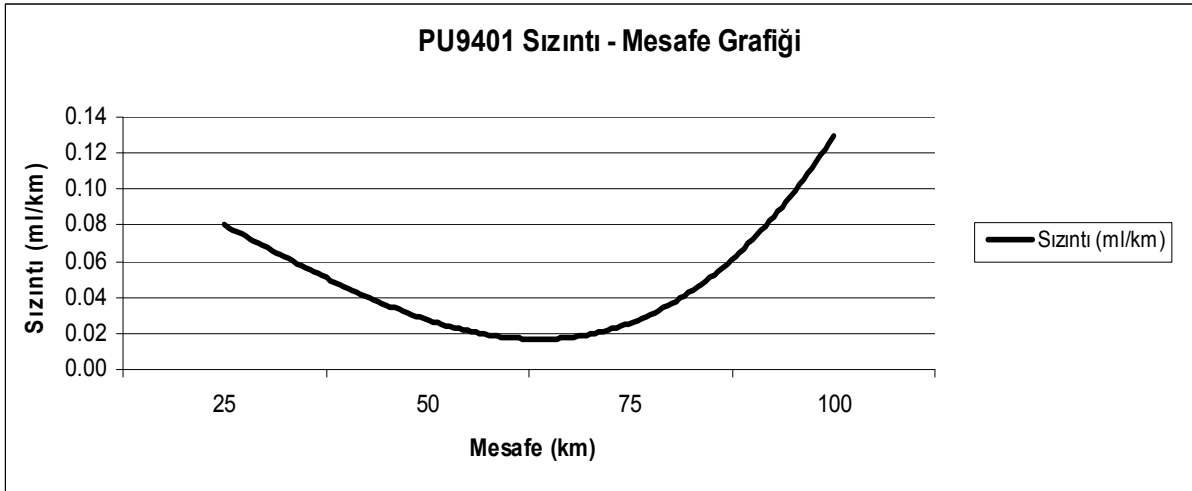
2.1.2. Test Şartları

Tüm keçeler 50°C sıcaklık, 100 Bar basınç ve 0,5 m/sn hız altında 100 km boyunca çalıştırılmıştır. Mil yüzeyi sert krom kaplıdır ve $R_a < 0,4\mu\text{m}$ pürüzlülüğe sahiptir.

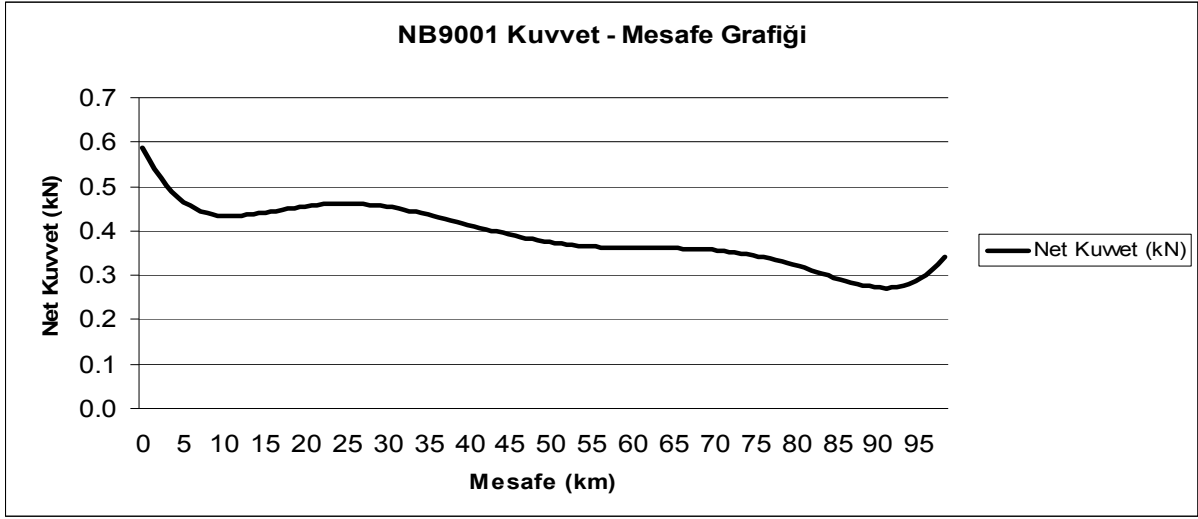
2.1.3. Test Sonuçları



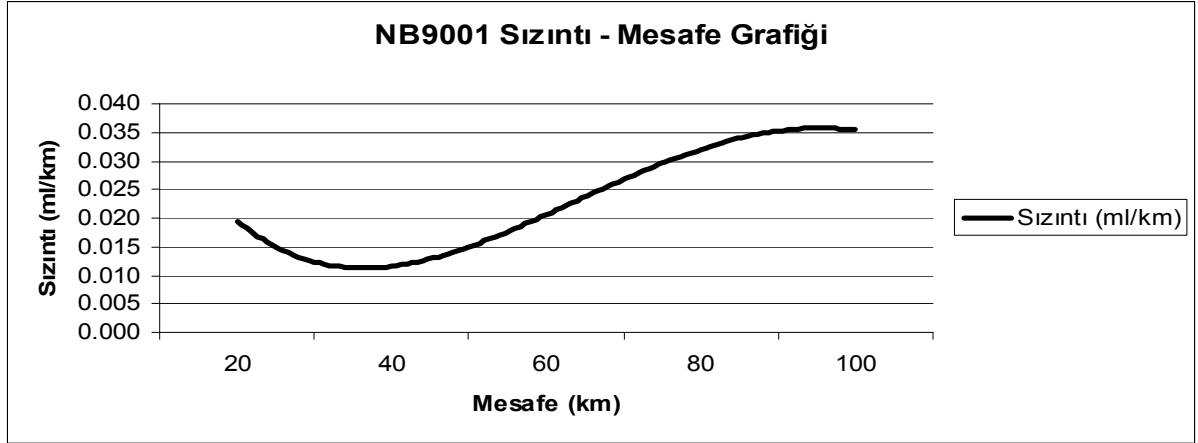
Şekil 9. PU9401 Malzemesi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



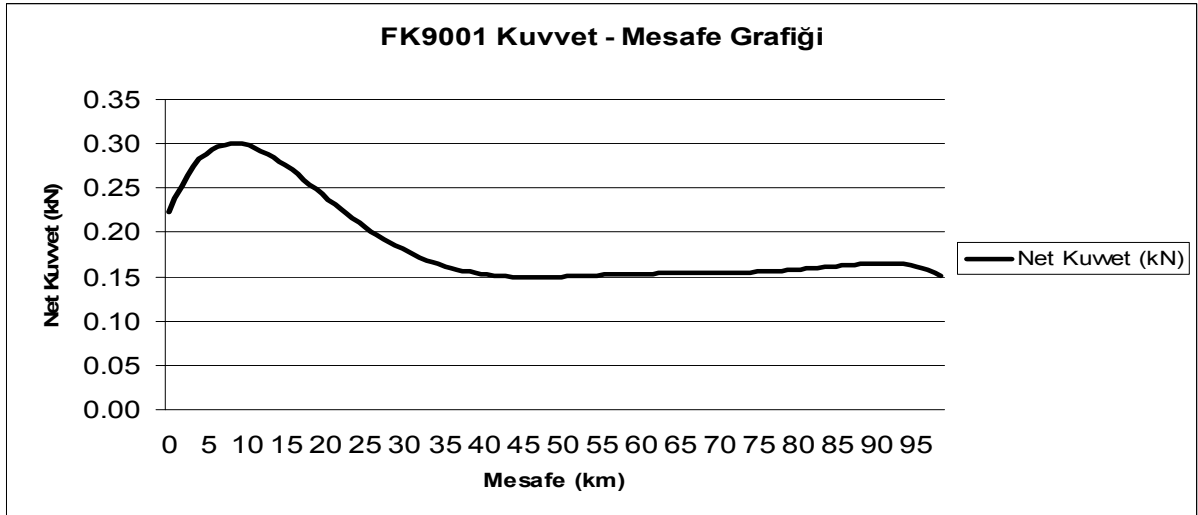
Şekil 10. PU9401 Malzemesi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



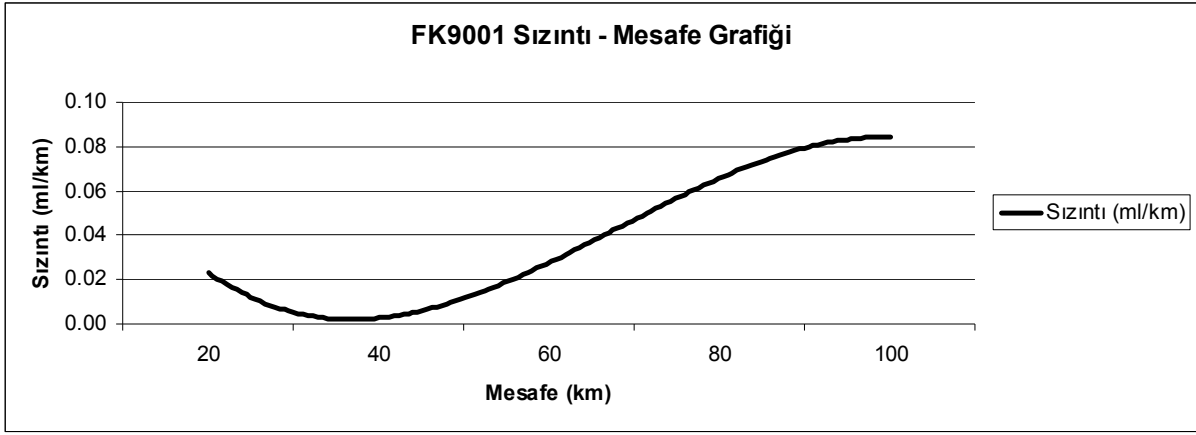
Şekil 11. NB9001 Malzemesi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 12. NB9001 Malzemesi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



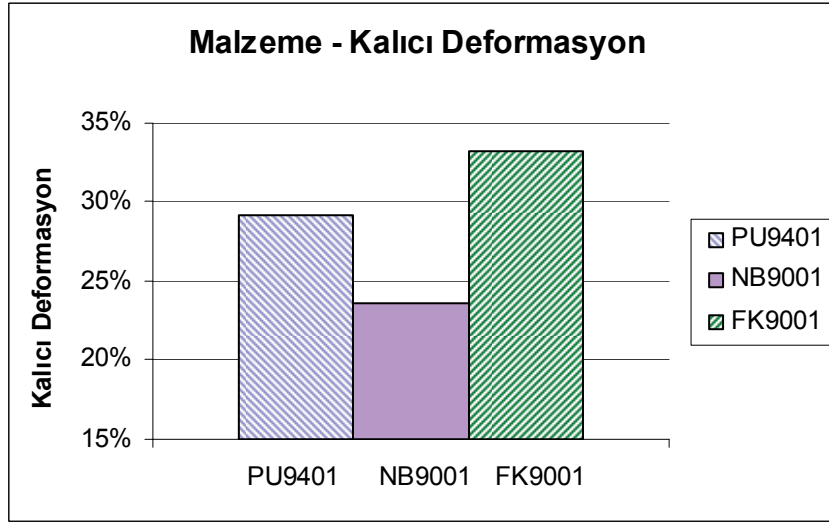
Şekil 13. FK9001 Malzemesi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 14. FK9001 Malzemesi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

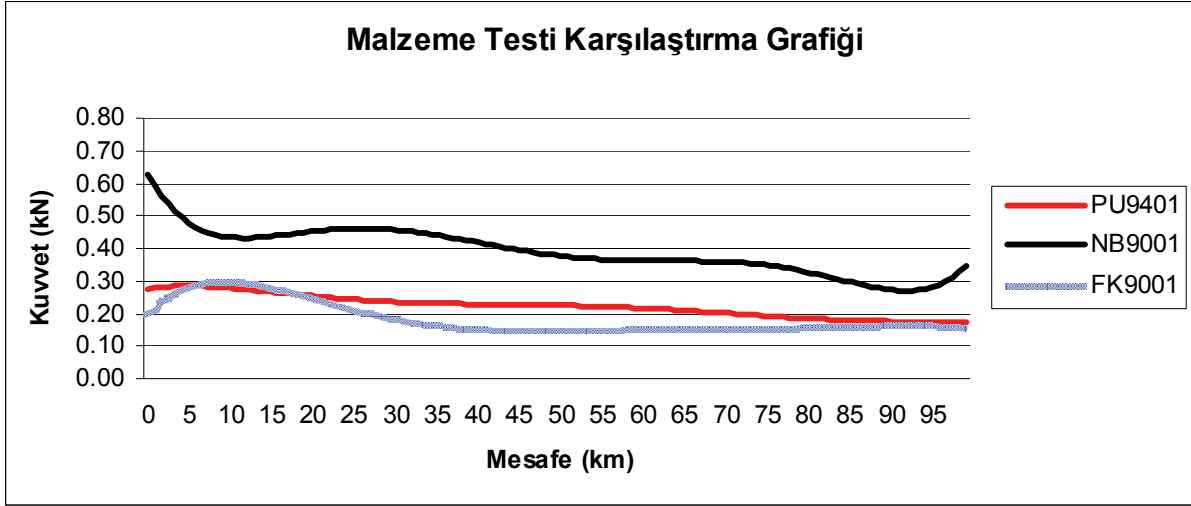
2.1.4. Test Değerlendirmeleri

Şekil 15'de görülen kalıcı deformasyon kıyaslaması dikkate alındığında, elastomer davranışı açısından en akıllı malzeme olan NB9001'in ön yükleme kalıcı deformasyon karşılaştırmasında da en iyi değerlere sahip olduğu görülmektedir. Aşınma dayanımı ve ömür açısından avantajları bulunan PU9401 malzemenin ise ikinci sırada yer aldığı ve özellikle yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda tercih edilen FKM malzemenin ise en kötü değere sahip olduğu görülmektedir.



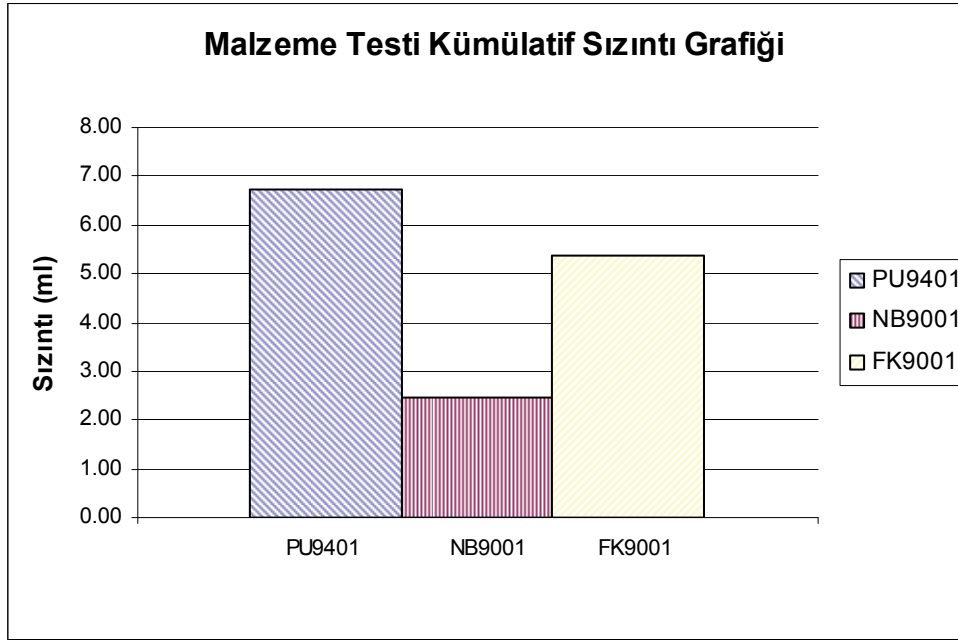
Şekil 15. PU9401, NB9001 ve FK9001 Malzemeleri İçin Kalıcı Deformasyon Karşılaştırma Grafiği.

Şekil 16'da farklı malzemelerin aynı basınç, hız ve sıcaklık şartlarında test boyunca gösterdikleri sürtünme dirençleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde PU9401 ve FK9001 malzemelerin sertlikleri ve malzeme yapıları nedeniyle 100 bar basınç altında en düşük sürtünme değerlerini verdiği gözlemlenmiştir. NB9001 malzeme ise basınç altında daha yüksek yüzey temas basıncı oluşturarak yüksek sürtünme değerleri ortaya çıkarmış ancak bu basınç nedeniyle en düşük sızıntı değerine sahip olmuştur.



Şekil 16. PU9401, NB9001 ve FK9001 Malzemeleri İçin Kuvvet Mesafe Karşılaştırma Grafiği.

100 kilometrelik test boyunca toplam sızıntı miktarları ele alındığında NB9001 malzemenin çok düşük sızıntıya sebep olduğu ancak FK9001 ve PU9401 malzemelerin de kabul edilebilir sızıntı değerlerinde kaldığı görülmektedir.

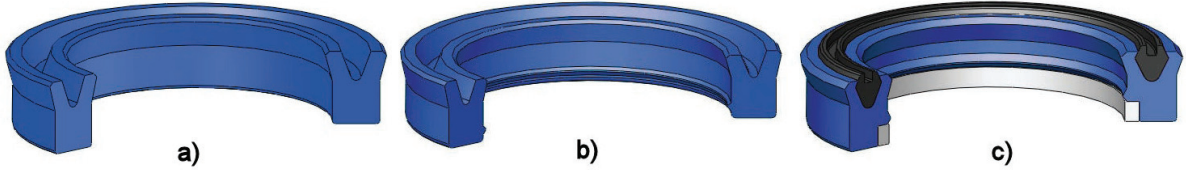


Şekil 17. PU9401, NB9001 ve FK9001 Malzemeleri İçin Kümülatif Sızıntı Karşılaştırma Grafiği.

2.2. Tasarım Testi

2.2.1 Testin Amacı

Yapılan ikinci test tasarım karşılaştırma testidir. Tasarım karşılaştırma testinde Şekil 18'de görülen ve hepsi PU9404 malzemeden olan K21, K33 ve K31 boğaz sızdırmazlık elemanları 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç ve 0,5 m/sn hız altında 100 km boyunca çalıştırılmıştır. Bu testin amacı aynı koşullar altında farklı tipteki boğaz keçelerinin davranışlarını görmektir.

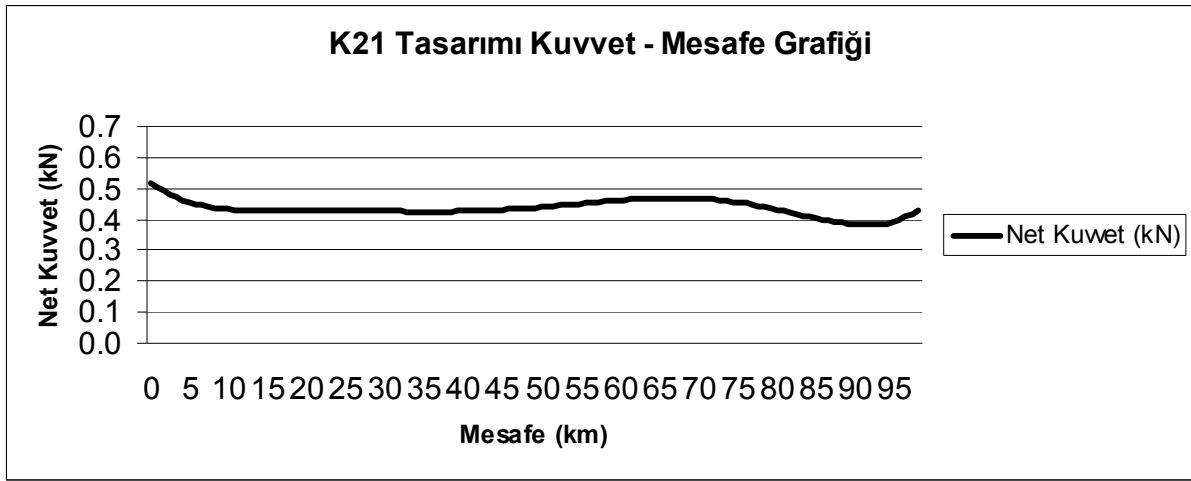


Şekil 18. a) K21 Boğaz Keçesi b) K33 Boğaz Keçesi, c) K31 Ağır Hizmet Boğaz Keçesi.

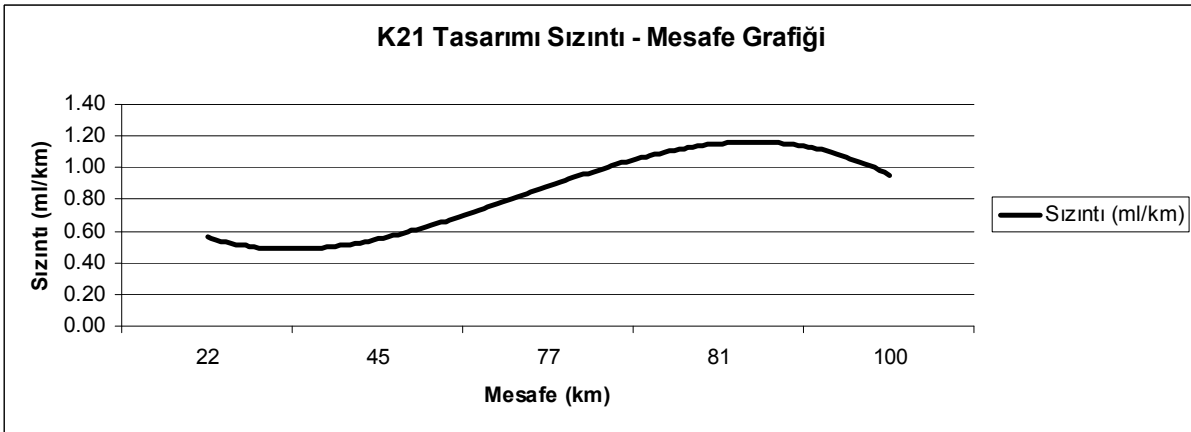
2.2.2 Test Şartları

Tüm boğaz keçeleri 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç ve 0,5 m/sn hız altında 100 km boyunca çalıştırılmıştır. Mil yüzeyi sert krom kaplıdır ve $R_a < 0,4 \mu\text{m}$ pürüzlülüğe sahiptir.

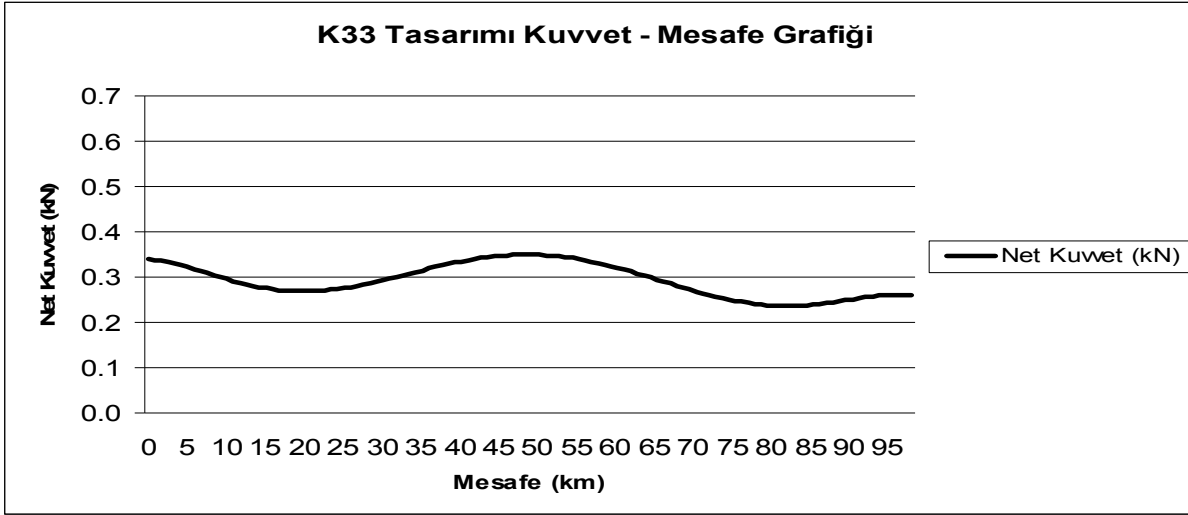
2.2.3 Test Sonuçları



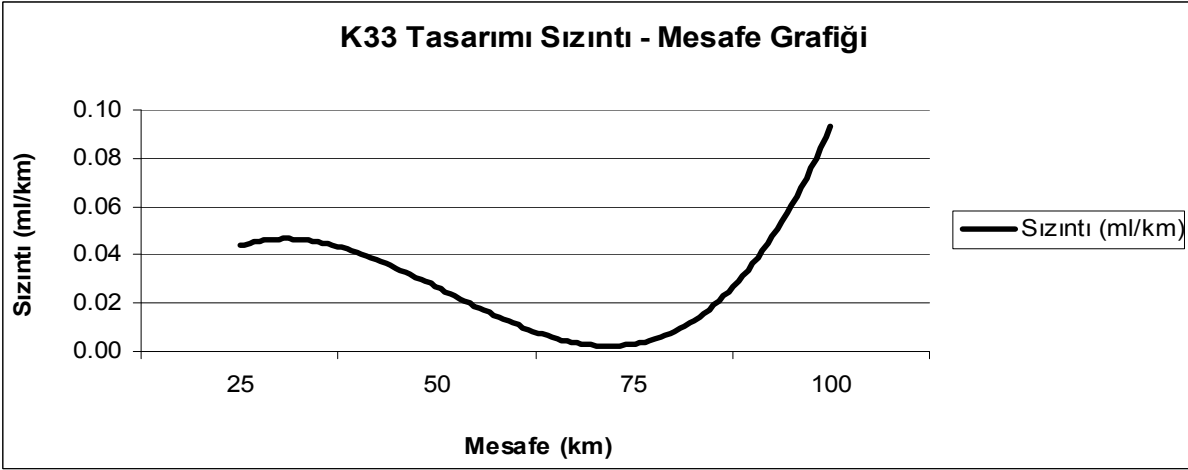
Şekil 19. K21 Tasarımı İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



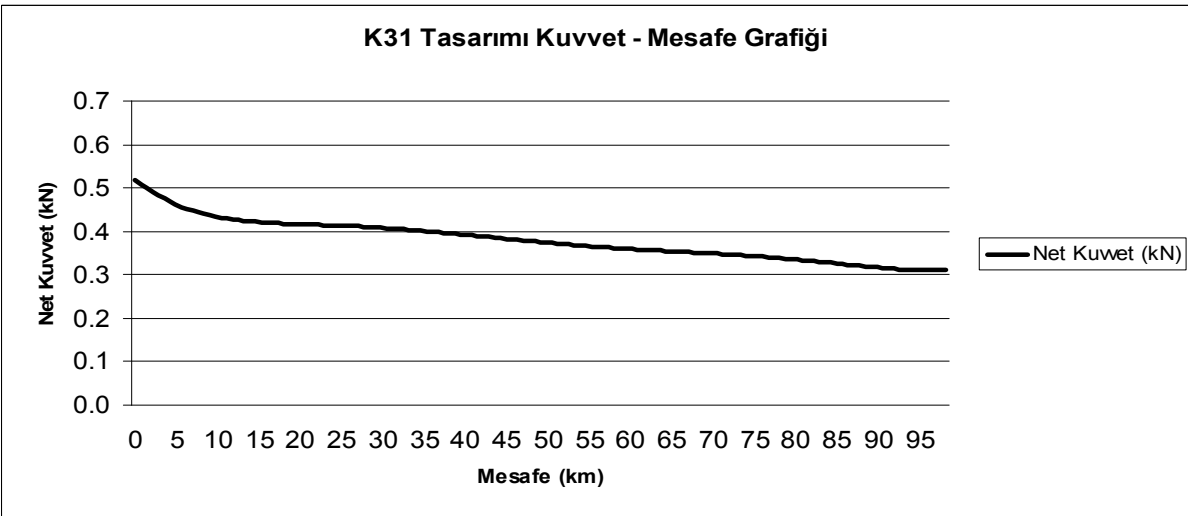
Şekil 20. K21 Tasarımı İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



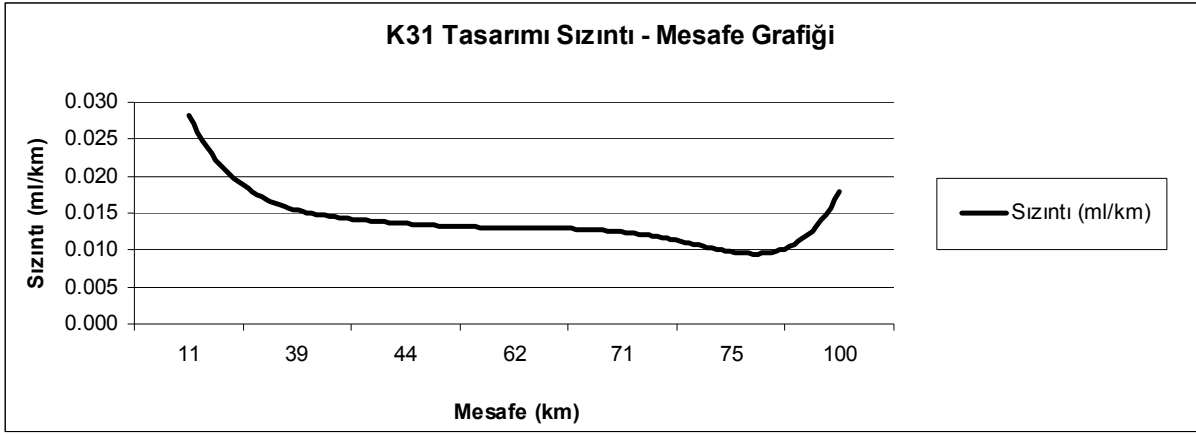
Şekil 21. K33 Tasarımı İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 22. K33 Tasarımı İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

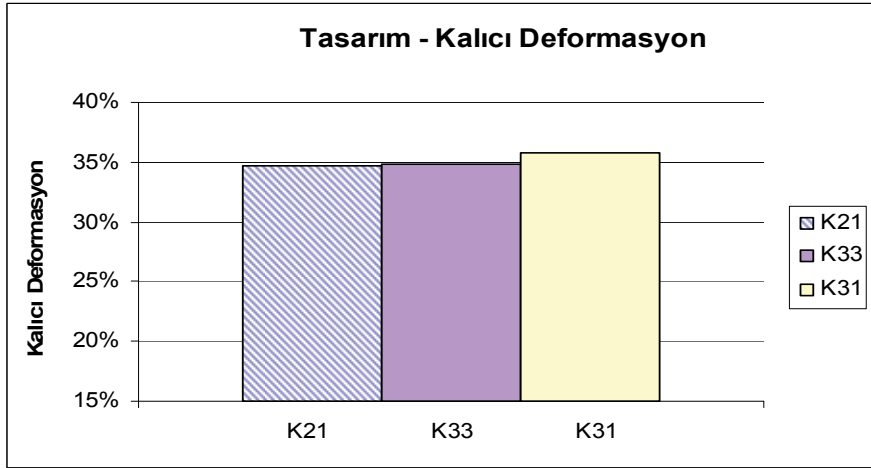


Şekil 23. K31 Tasarımı İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.

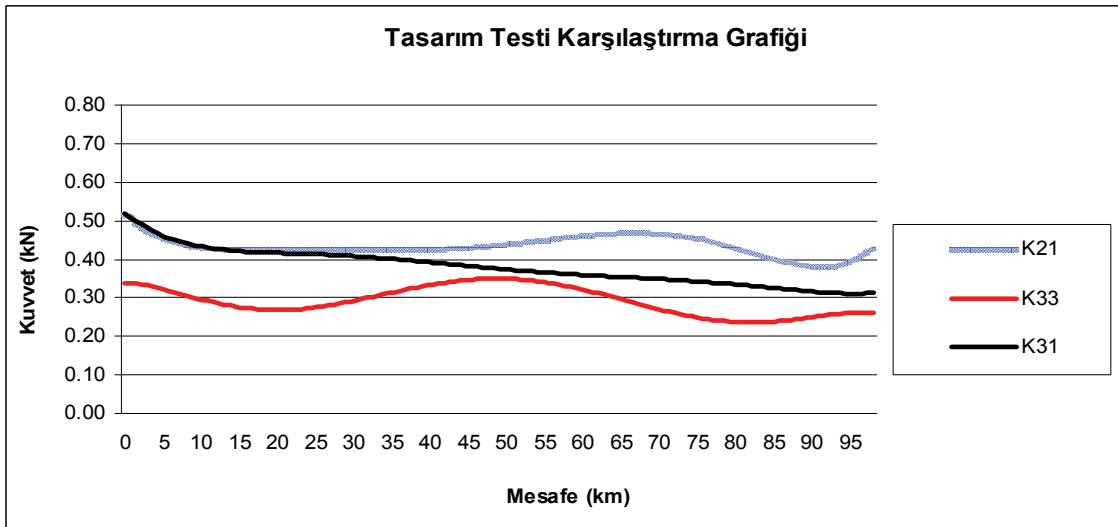


Şekil 24. K31 Tasarımı İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

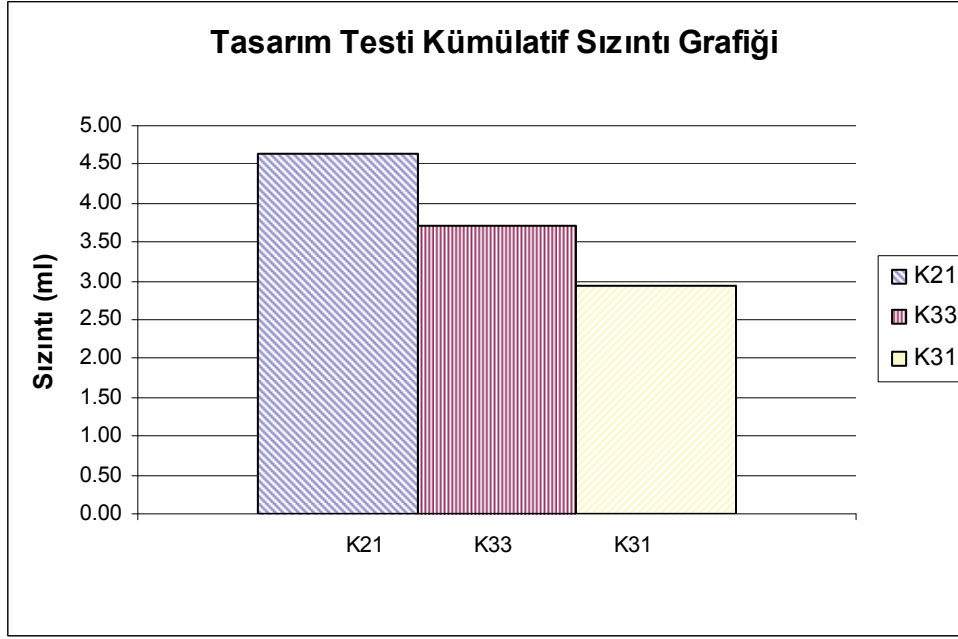
2.2.4 Test Değerlendirmeleri



Şekil 25. K21, K33, K31 Tasarımları İçin Kalıcı Deformasyon Karşılaştırma Grafiği.



Şekil 26. K21, K33 ve K31 Tasarımları İçin Kuvvet Mesafe Karşılaştırma Grafiği.



Şekil 27. K21, K33 ve K31 Tasarımları İçin Kümülatif Sızıntı Karşılaştırma Grafiği.

2.3. Basınç Testi

2.3.1 Testin Amacı

Sistemin çalışma kuvvetini, kullanılan boru çapı ve sistem basıncı belirlediği için sızdırmazlık elemanı seçiminde ilk dikkat edilecek özellik de bu kuvveti oluşturacak basınçtır. Basınç hesapları yapılırken sistemin karşılaşılabileceği ve çoğu zaman normal çalışma basıncından çok daha yüksek değerlere ulaşabilecek şok basınçlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Günümüzde artan kuvvet ihtiyaçları hidrolik sistem basınçlarının yükselmesine neden olmuştur. Bu sebepten, sızdırmazlık elemanlarında yeni tasarımların geliştirilen malzemelerle kullanılması gerekmiştir.

Şekil 28'de görülen PU9401 malzemeli özel formuyla ve ikinci dudağıyla bilhassa düşük et kalınlıkları için tasarlanmış tek etkili K38 boğaz keçesi sırasıyla 100 Bar, 160 Bar ve 250 Bar basınç değerlerinde test edilmiştir.

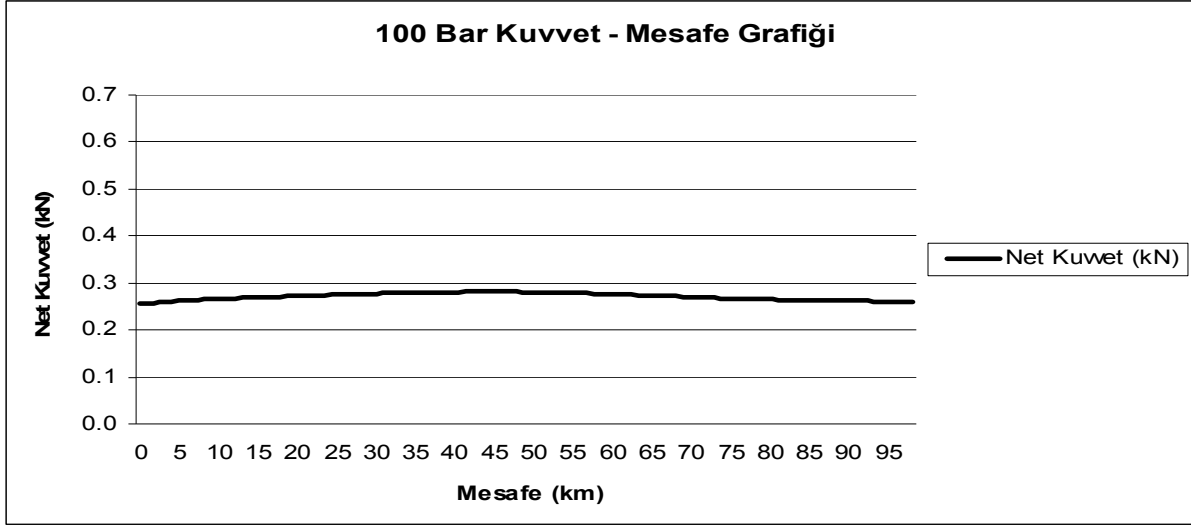


Şekil 28. K38 Boğaz Keçesi.

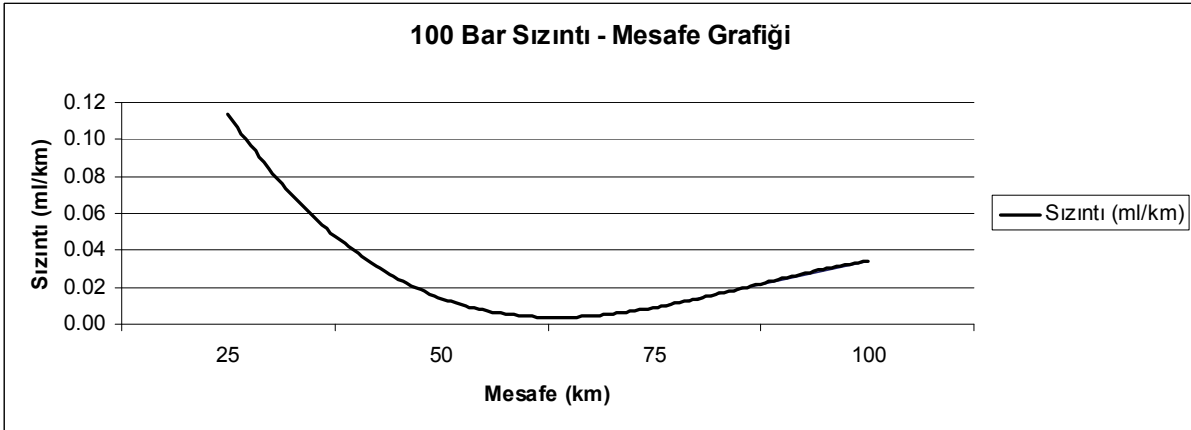
2.3.2 Şartlar

50°C sıcaklıkta, 0,3 m/sn hızda ve 100 km mesafe için test edilmiştir. Mil yüzeyi sert krom kaplıdır ve $R_a < 0,4\mu\text{m}$ pürüzlülüğe sahiptir.

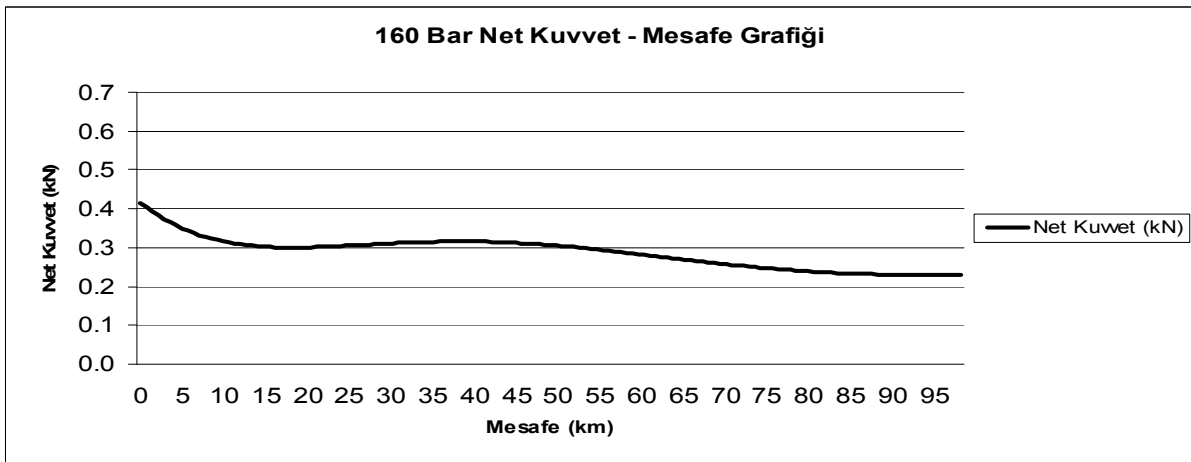
2.3.3 Test Sonuçları



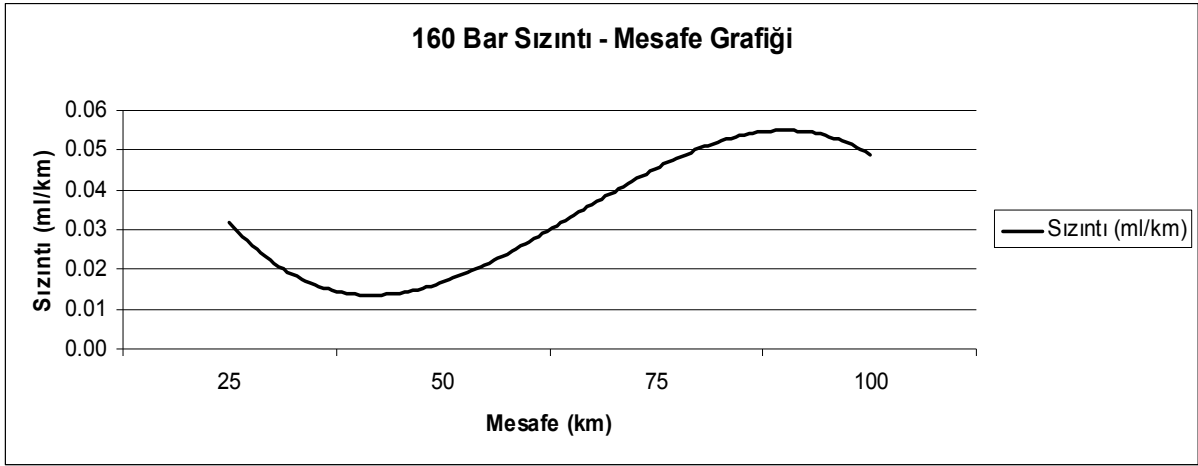
Şekil 29. 100 Bar Basınç Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



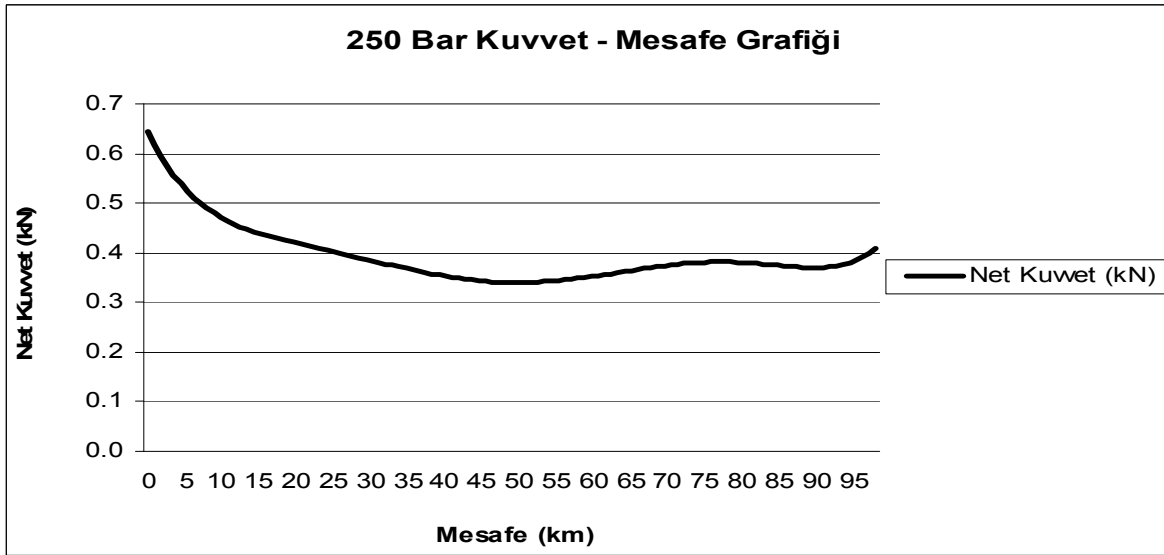
Şekil 30. 100 Bar Basınç Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



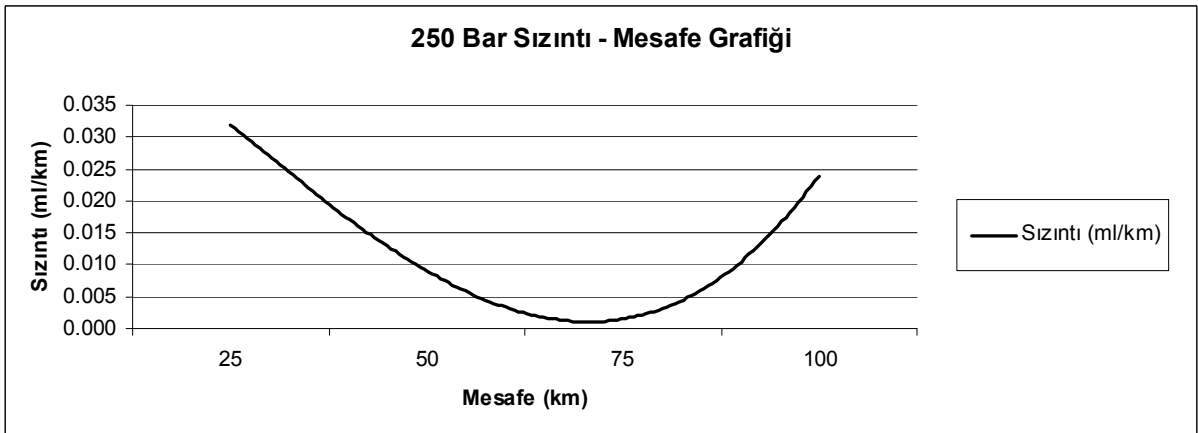
Şekil 31. 160 Bar Basınç Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 32. 160 Bar Basınç Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



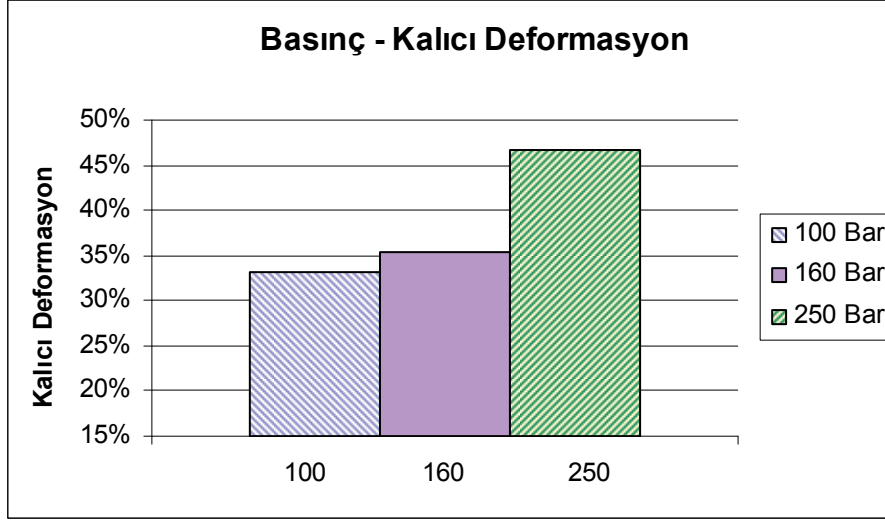
Şekil 33. 250 Bar Basınç Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 34. 250 Bar Basınç Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

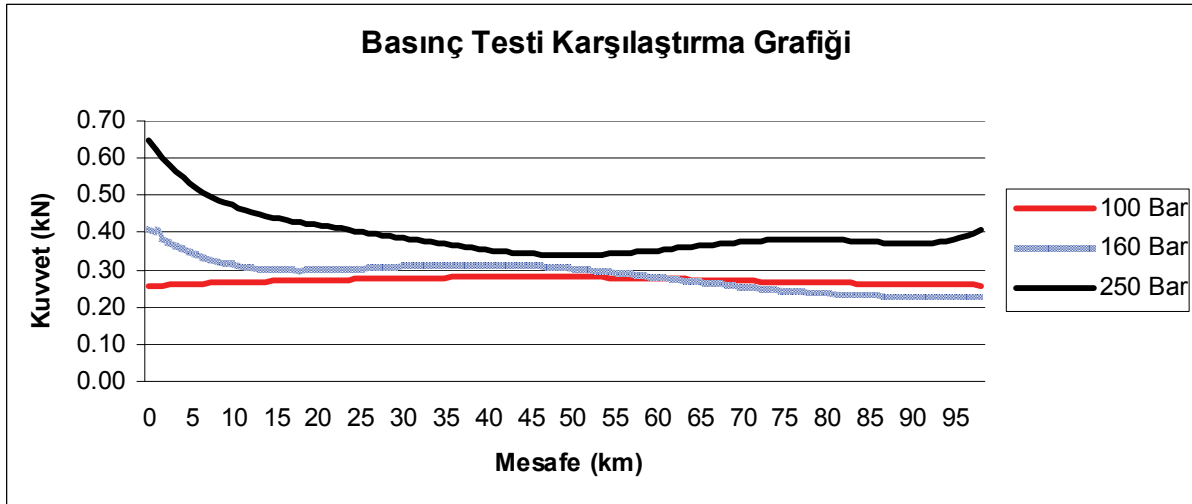
2.3.4 Test Değerlendirmeler

Kalıcı deformasyon karşılaştırması ele alındığında malzemedeki kalıcı şekil değiştirmenin basınçla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Bu değişim sızdırmazlık elemanının sınır basınç şartlarında çok uzun süre kullanıldığı takdirde sızdırmazlık kabiliyetinin ve ömrünün azalacağını göstermektedir. Özellikle değişken basınçlı sistemlerde yüksek basınç altında kalıcı şekil değiştirmeye maruz kalan sızdırmazlık elemanlarının düşük basınçlarda sızıntıya yol açma ihtimali vardır.



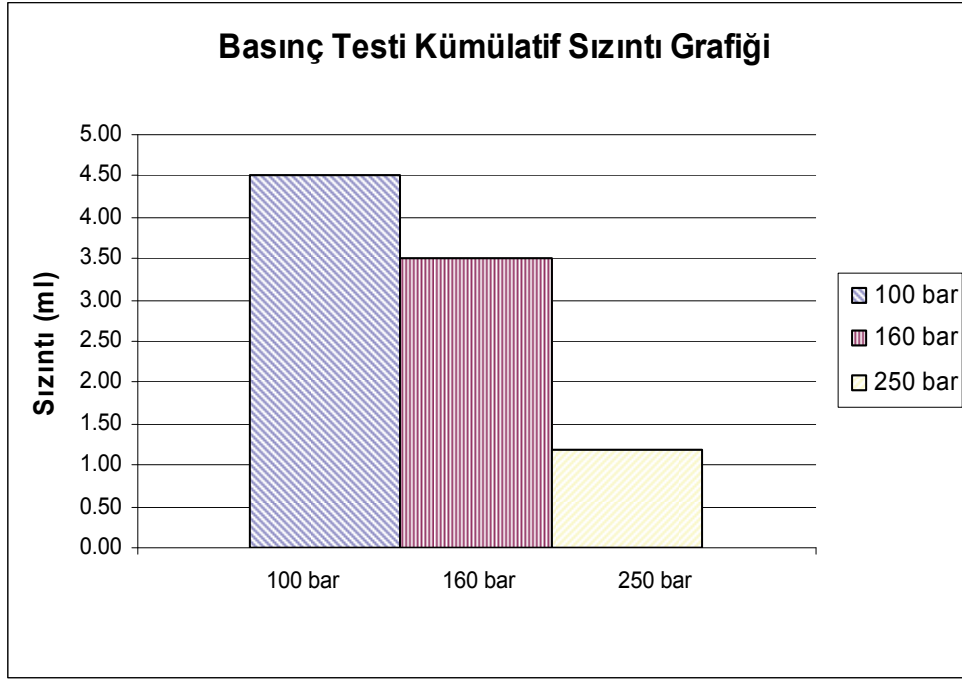
Şekil 35. 100 Bar, 160 Bar ve 250 Bar Basınçları İçin Kalıcı Deformasyon Karşılaştırma Grafiği.

Şekil 36 incelendiğinde basıncın artmasıyla birlikte yüzey temas basıncının ve dolaylı olarak sürtünme kuvvetinin arttığı gözlemlenmiştir. Sızdırmazlık elemanının malzemesinin yüksek dayanıma sahip PU9401 kodlu malzemeden olmasından dolayı 100 ile 160 barlar arasında ciddi bir farklılık gözlemlenmemiştir.



Şekil 36. 100 Bar, 160 Bar ve 250 Bar Basınçları İçin Kuvvet Mesafe Karşılaştırma Grafiği.

Yüzey temas basıncının en üst seviyede olduğu 250 bar testinde sızıntının da en düşük seviyeye geldiği gözlemlenmiştir. 100 ve 160 bar testlerinde ise kayda değer bir sızıntı farklılığı gerçekleşmemiştir, bu durum yüzey temas basıncının bir göstergesi olan sürtünme kuvveti grafiklerindeki değerleri de doğrulamaktadır.

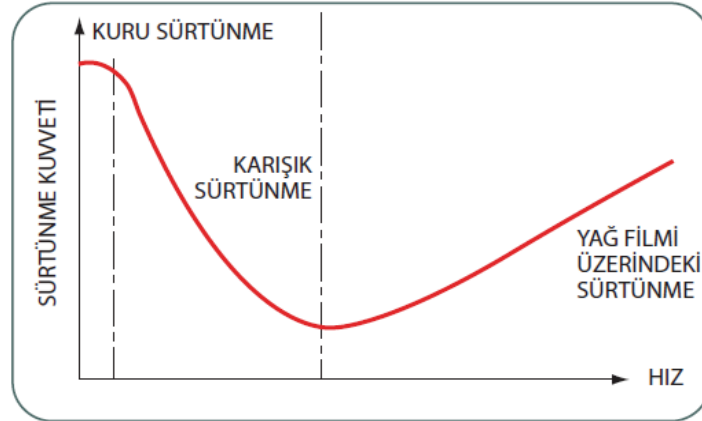


Şekil 37. 100 bar, 160 bar ve 250 bar Tasarımları İçin Kümülatif Sızıntı Karşılaştırma Grafiği.

2.4. Hız Testi

2.4.1 Testin Amacı

Yağ filmi oluşmasında ve sürtünme kuvvetlerinde en önemli etkenlerden biri de kayma hızıdır. Sızdırmazlık elemanının üretildiği malzemeye, tasarımına ve kullanım yerine bağlı olarak çalışma hızı 15m/sn'ye kadar çıkabilir. Şekil 38'de hızın artmasıyla beraber yağ filmi kalınlığı düştüğü için sürtünme kuvvetinin arttığı görülmektedir.



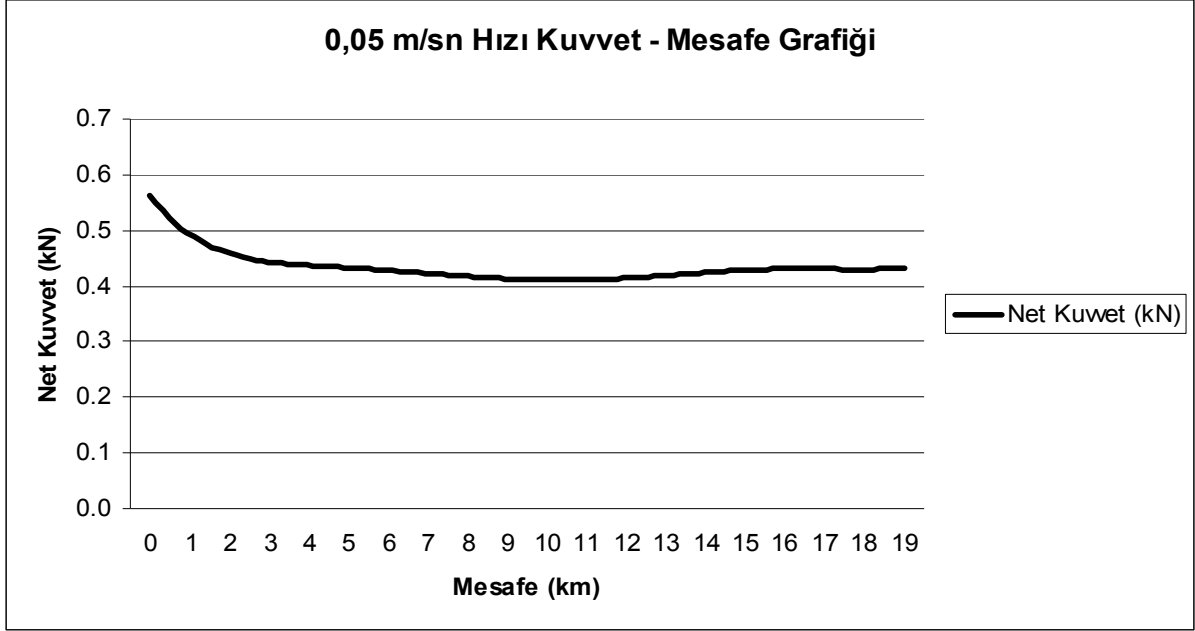
Şekil 38. Sürtünme Kuvveti – Hız Diyagramı [1].

Dördüncü test farklı hızlar için yapılmıştır. Bu testlerde 50X65X12 ölçülerinde K21 PU9404 (şekil 4. a)) piston-boğaz keçesi 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç altında 100km boyunca sırasıyla 0,05 m/sn (ISO 7986 standardına göre 20km çalıştırılması uygun görülmüştür), 0,15 m/sn ve 0,5 m/sn hızlarında çalıştırılmıştır.

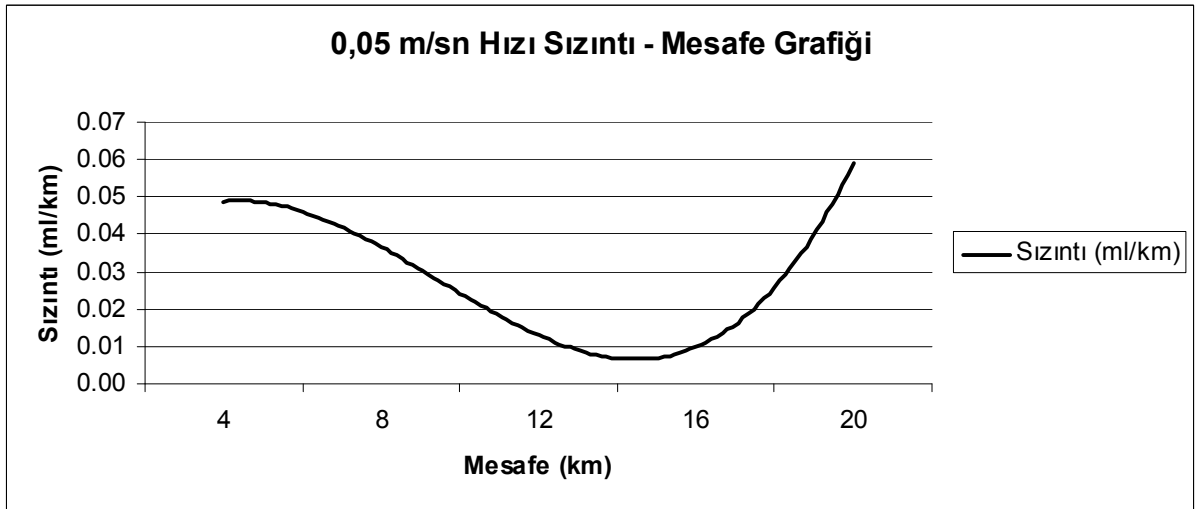
2.4.2 Test Şartları

Tüm boğaz keçeleri 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç altında 100km boyunca çalıştırılmıştır. Mil yüzeyi sert krom kaplıdır ve $R_a < 0,4\mu\text{m}$ pürüzlülüğe sahiptir.

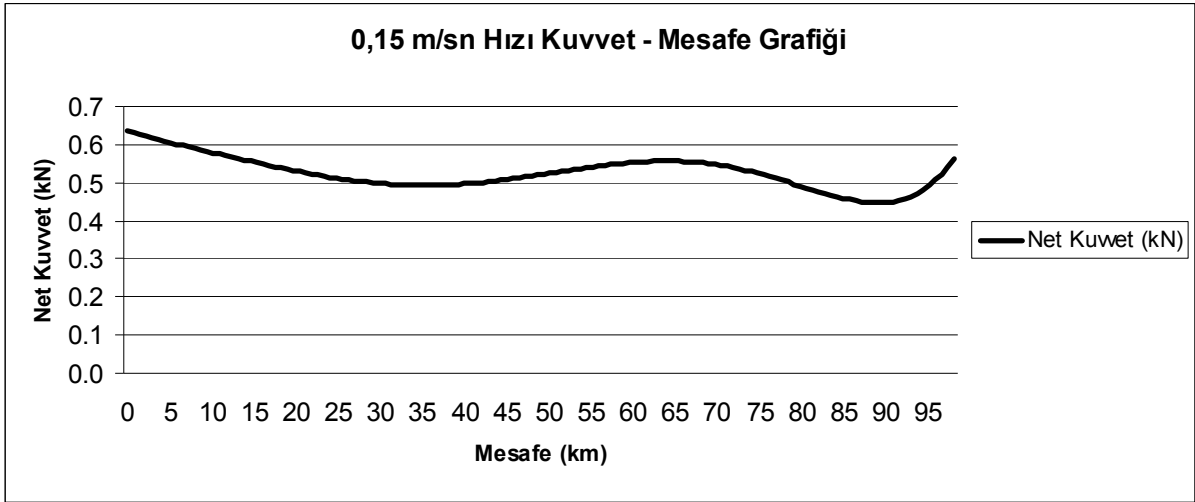
2.4.3 Test Sonuçları



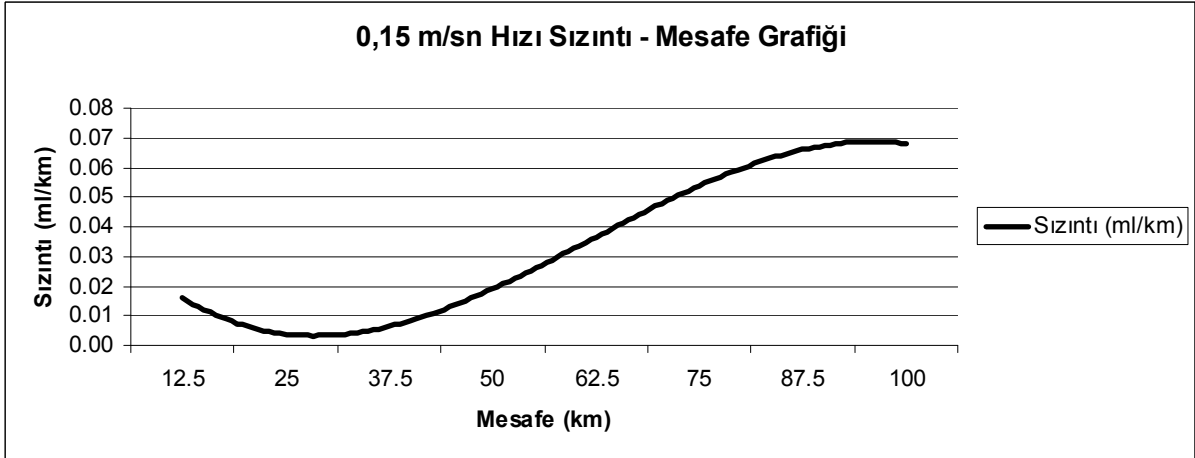
Şekil 39. 0,05 m/sn Hız Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



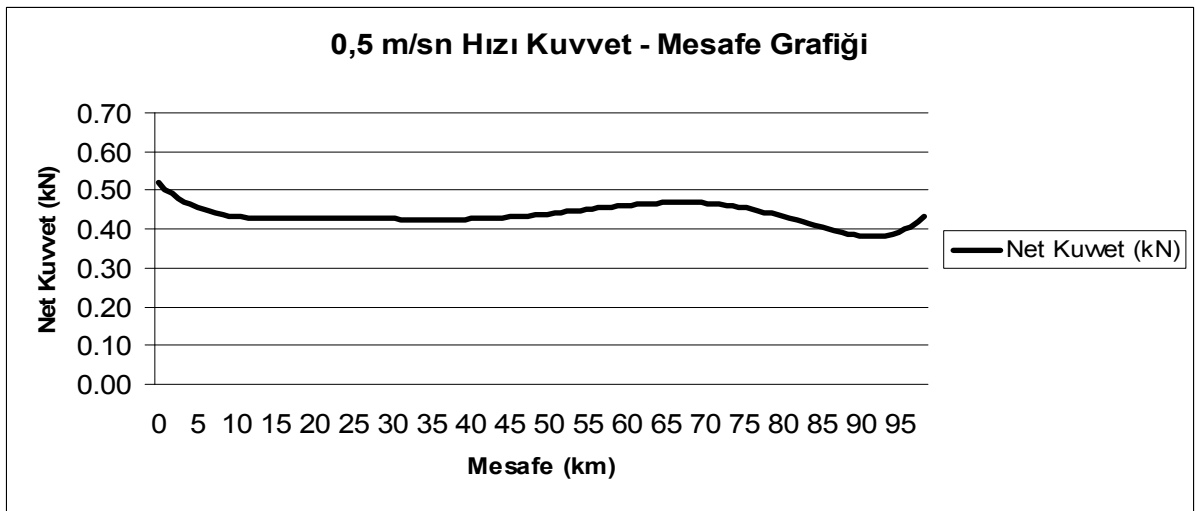
Şekil 40. 0,05 m/sn Hız Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.



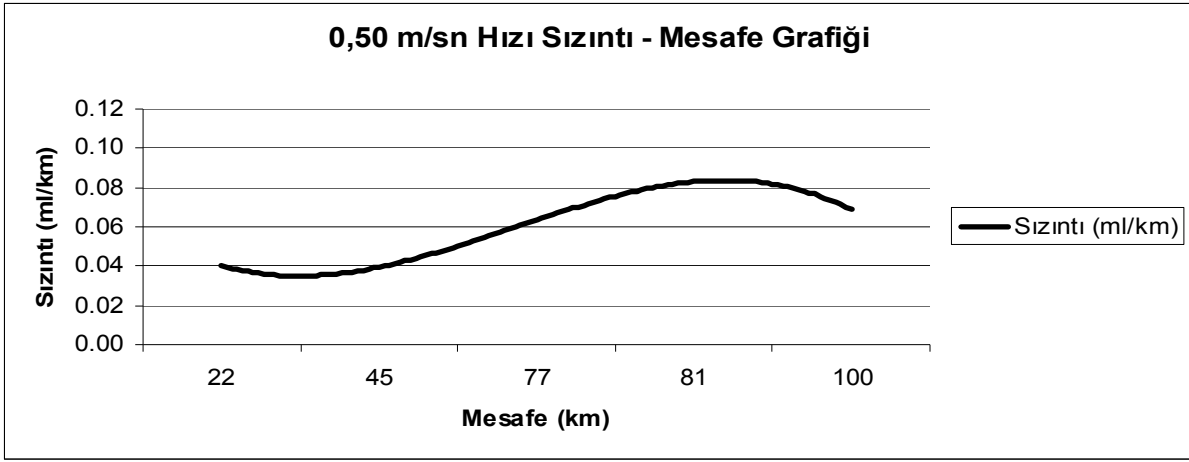
Şekil 41. 0,15 m/sn Hız Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.



Şekil 42. 0,15 m/sn Hız Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

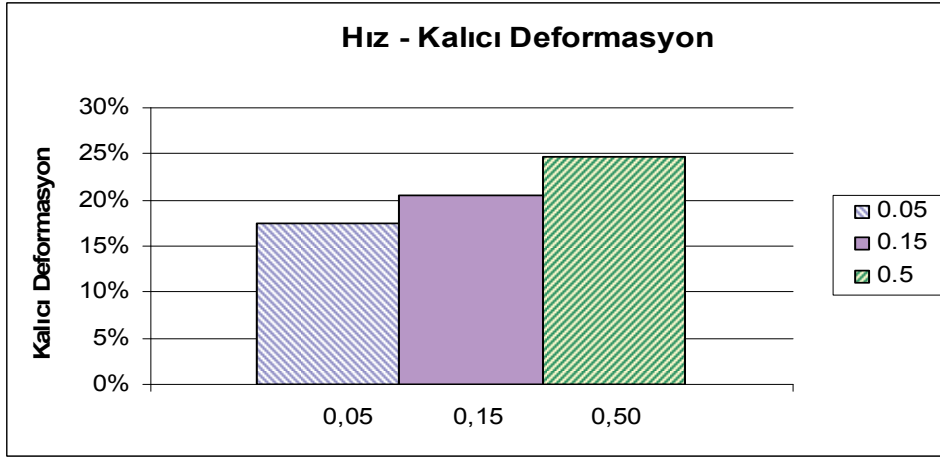


Şekil 43. 0,50 m/sn Hız Testi İçin Kuvvet Mesafe Grafiği.

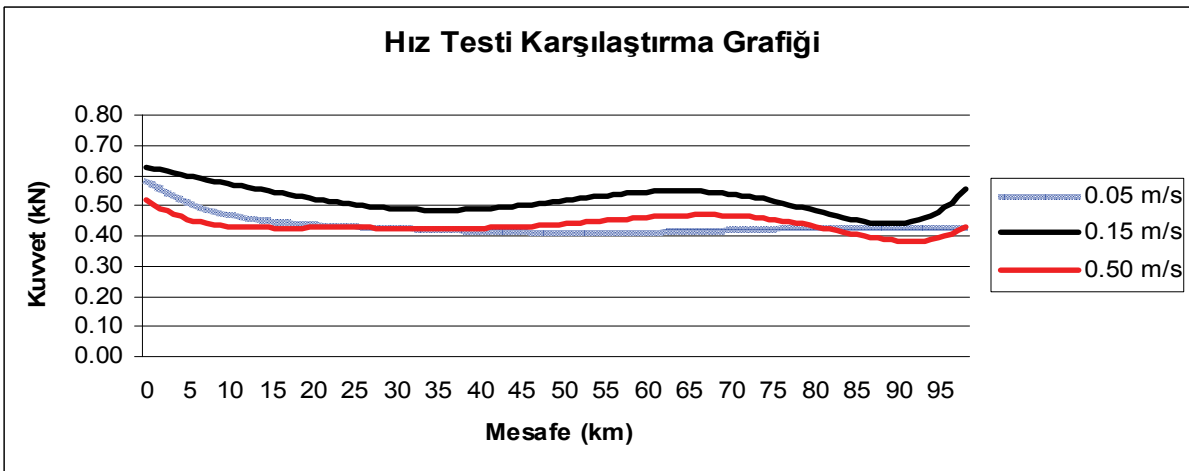


Şekil 44. 0,50 m/sn Hız Testi İçin Sızıntı Mesafe Grafiği.

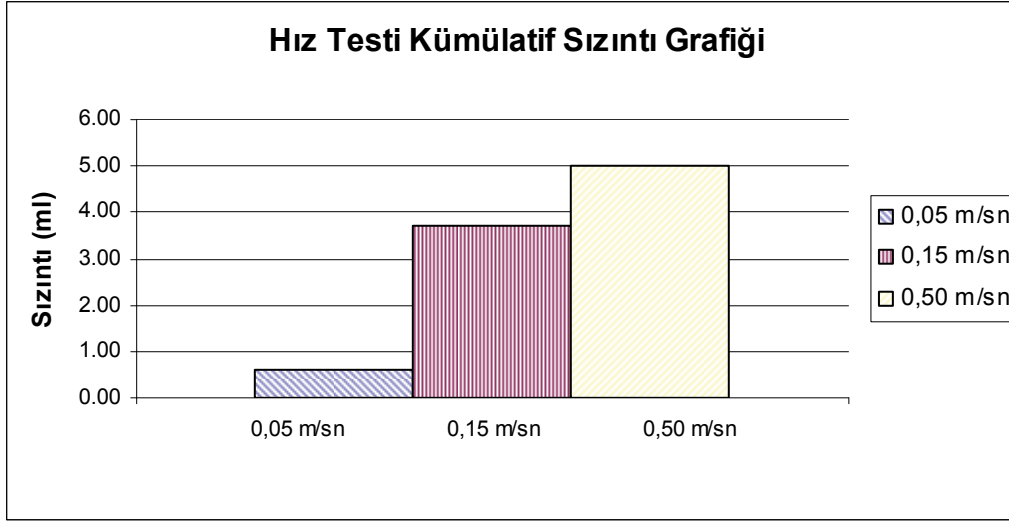
2.4.4 Test Değerlendirmeler



Şekil 45. 0,05 m/sn, 0,15 m/sn, 0,50 m/sn Hızları İçin Kalıcı Deformasyon Karşılaştırma Grafiği.



Şekil 46. 0,05 m/sn, 0,15 m/sn, 0,50 m/sn Hızları İçin Kuvvet Mesafe Karşılaştırma Grafiği.



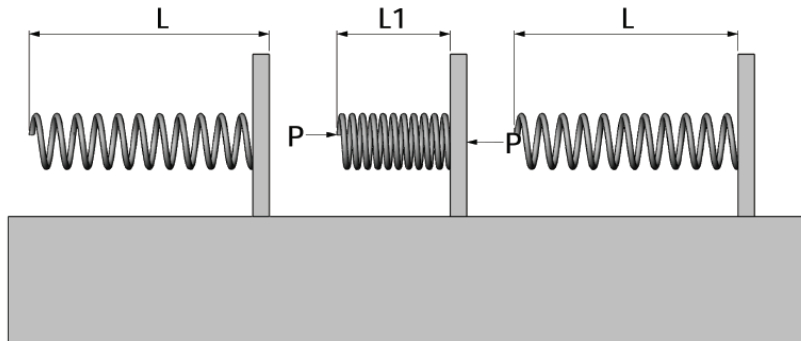
Şekil 47. 0,05 m/sn, 0,15 m/sn, 0,50 m/sn Hızları İçin Kümülatif Sızıntı Karşılaştırma Grafiği.

Hız karşılaştırma testinde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde sürtünme kuvveti ile yağ filmi kalınlığı arasında doğrudan bir ilişki olduğu görülmektedir. Örneğin 0,5 m/sn hız testinde kuvvetin artması öngörülürken, artan sızıntı ve yağ filmi kalınlığı sonucu kuvvette düşüş gözlemlenmiştir. Her ne kadar bu test sonuçları tekil testlerin bulgularını yansıtmaktaysa da yağ filmi kalınlığının sürtünme kuvveti üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

2.5. Akma Boşluğu Testi

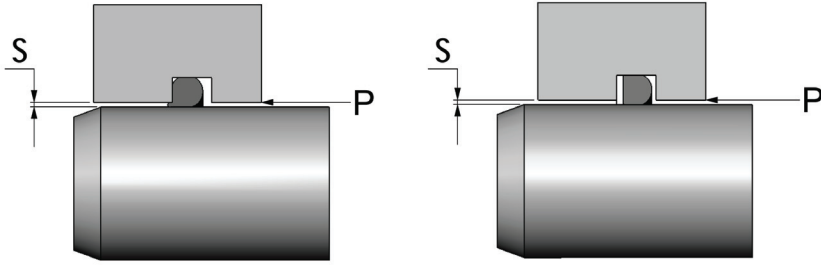
2.5.1 Testin Amacı

Elastomerler hem elastik hem de akıcı özelliğe sahiptirler. Elastomerlerin akıcı özelliği su içinde bir plakaya uygulanan kuvvet sonucunda plakanın geldiği son konumda kalması olarak düşünülebilir. Elastik özelliği ise Şekil 48'de kuvvet uygulanan yaya bağlı plakanın kuvvet kalktığı zaman eski yerine dönmesi ile gösterilmiştir. Sızdırmazlık elemanının akıcı özelliği görevini yerine getirmesine engel olduğu için tasarımlarda akma boşluğu olarak tanımlanan "s" ölçüsüne dikkat edilmesi gerekmektedir. Sızdırmazlık elemanlarının kullanımında karşılaşılan en temel problemlerden biri, akma boşluğunun sistemde oluşan en yüksek basınç değerini karşılamaması nedeniyle sızdırmazlık elemanının akarak deforme olmasıdır.



Şekil 48. Elastomerlerin Elastik Özelliği.

Bu testte Şekil 1'de görülen Ø50 olan ve PU9201 malzemeden üretilen K21 piston-boğaz keçesi, Şekil 49'da görülen ve sırasıyla $S = 0,2$ mm, $S = 0,4$ mm ve $S = 0,8$ mm akma boşluklarında test edilmiştir.

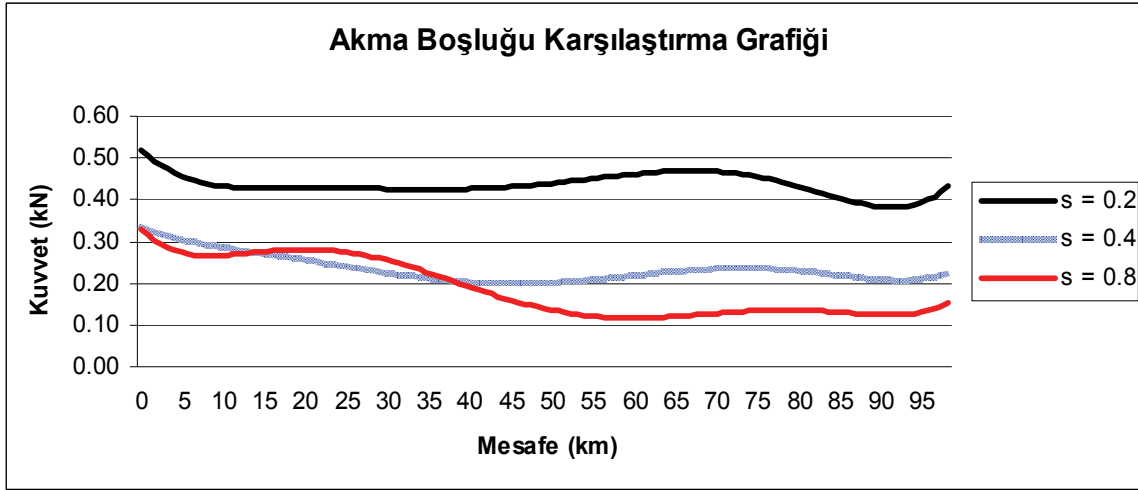


Şekil 49. Akma Boşluğu.

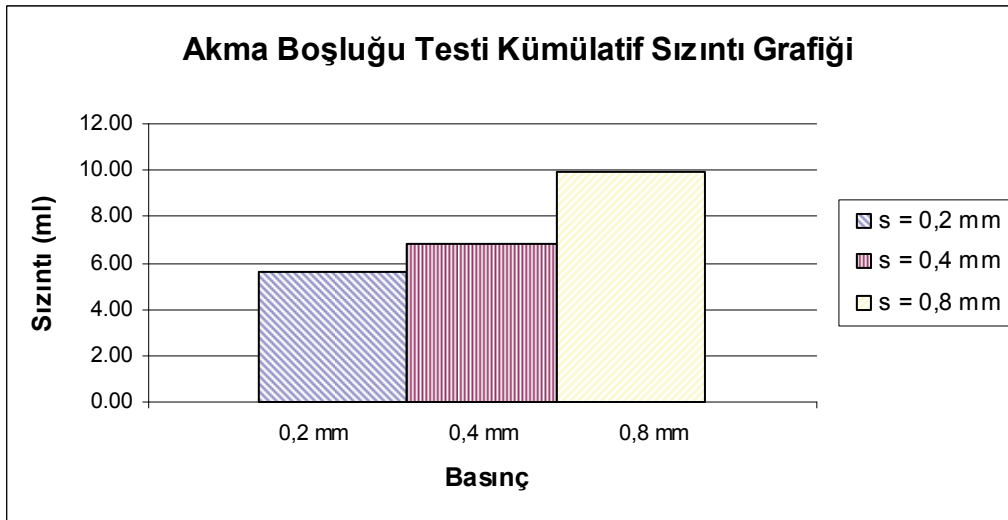
2.5.2 Test Şartları

Tüm boğaz keçeleri 50°C sıcaklık, 160 Bar basınç altında ve 0,5 m/sn hızla 100 km boyunca test edilmiştir. Testlerde kullanılan millerin yüzeyi sert krom kaplıdır ve $R_a < 0,4 \mu\text{m}$ pürüzlülüğüne sahiptir.

2.5.3 Test Değerlendirmeleri

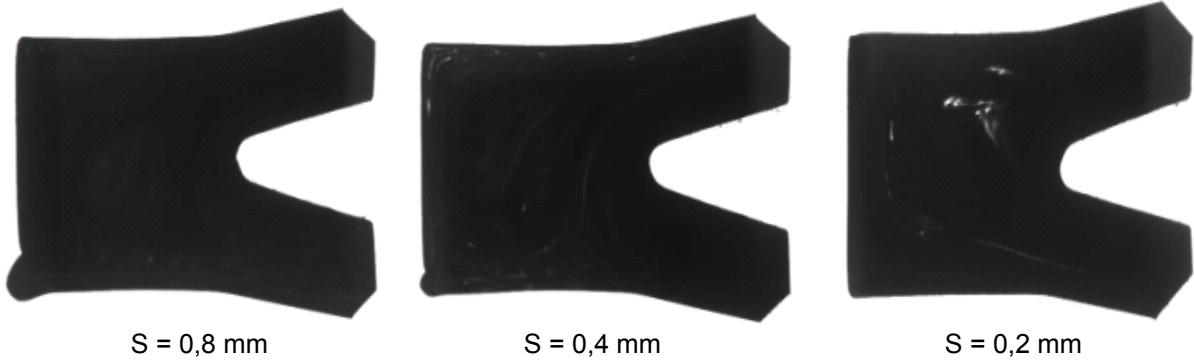


Şekil 50. 0,2 mm, 0,4 mm ve 0,8mm Akma Boşlukları İçin Kuvvet Mesafe Karşılaştırma Grafiği.



Şekil 51. 0,2 mm, 0,4 mm ve 0,8mm Akma Boşlukları İçin Kümülatif Sızıntı Karşılaştırma Grafiği.

Boğaz takozunda belirlenen akma değerlerinin neden oldukları plastik şekil değiştirmeler Şekil 59'da görülmektedir. Akma boşluğu 0,8 mm olan sistem için akmanın 0,4025 mm, akma boşluğu 0,4 mm olan sistem için akmanın 0,0229 mm olduğu, akma boşluğu 0,2 mm olan sistem için ise akmanın olmadığı gözlemlenmiştir. Akma boşluğu basınca ve malzemeye bağlı olarak sızdırmazlık elemanın katalog bilgileri içerisinde bulunmaktadır. Hatalı seçilen akma boşlukları keçenin erken deforme olmasına ve ömrünün kısılmasına neden olmaktadır.



Şekil 52. Akma Boşluğu Testinde Gerçekleşen Akma Miktarlarının Karşılaştırılması.

SONUÇ

Yapılan toplamda 15 test için 5 adet yeni mil tedarik edilmiş millerin tamamının R_a ve R_{max} değerleri kayıt altına alınarak test sonrası değerleriyle kıyaslanmıştır. Her testte tüm yataklama ve toz keçesi elemanları değiştirilmiştir.

Bu bildiriye yürütülen testler, testlerin çeşitliliği ve süreleri nedeniyle birer kez tekrar edilmişlerdir. Elde edilen ve bildiriye raporlanan tüm test sonuçları mümkün olan en kontrollü ortamlarda yürütülen tekil testlerin sonuçlarını yansıtmaktadır. Bilimsel olarak yeterli bir karşılaştırma düzeyi elde edilebilmesi için tekrar eden testler yapılması gerekmektedir. Fiziksel testlerin doğası gereği tüm sonuçlar kısmi olarak hataya açıktır.

Test sonuçlarına göre malzeme, basınç, hız, tasarım ve akma boşluğunun sürtünme kuvvetleri ve sızıntı sonuçlarına etkileri tek tek değerlendirilmiştir.

Gelecekteki çalışmalarda farklı karşıt yüzeyler, sıcaklıklar ve akışkanlarla test yapılarak sonuçların değerlendirilmesi öngörülmektedir. Bu bildiriye elde edilen ve paylaşılan tüm sonuçlar genel bildirme amacıyla kullanılabilir ancak her türlü uygulama için doğru seçimlerin ancak uygulamanın sıcaklık, hız, basınç, akışkan (medya) ve karşıt yüzey gibi tüm kriterlerin bir arada test edilmesiyle yapılabileceği de unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

[1] KASTAŞ, "Kastaş Hidrolik Pnömatik Sızdırmazlık Elemanları Teknik Katalog", 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Ozan DEVLEN

1982 yılı İzmir doğumlu Ozan Devlen lise öğrenimi İzmir Özel Türk Kolejinde 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 Kauçuk A.Ş.'de görev almıştır. Ozan Devlen, 2009 yılından beri Kastaş Kauçuk A.Ş.'de çalışmakta ve Ar-Ge Müdürü olarak görev yapmaktadır.

Kubilay SAKARYA

1985 yılı İstanbul doğumludur. Orta öğrenimini İzmir Çiğli Milli Piyango Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2007 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Halen Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans öğrenimi devam etmektedir. Çeşitli firmalarda AR-Ge mühendisi olarak mekanik tasarım ve yapısal analiz üzerine çalıştıktan sonra Kastaş Kauçuk A.Ş.'de Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapmaktadır.