

# Viskoz Sıvıların Santrifüj Pompalarla Basılması: ISO/TR 17766 Teknik Raporu Üzerine İnceleme

Eren ÇAKIR Metehan KARACA

7. Pompa ve Vana Kongresi – Mayıs 2011

## ÖZET

*Santrifüj pompalarda su kullanılarak elde edilen performans eğrilerinin (debi, basma yüksekliği, verim, güç, ENPY), akışkanın viskoz olduğu durumlarda viskozite değerine bağlı olarak belirgin farklılıklar gösterdiği bilinmektedir. Ancak, bu değişiklikler kesin olarak bilinmemektedir.*

*Endüstriyel uygulamalarda viskoz akışkan transfer uygulamalarının yaygınlaşmaya başlamasıyla, pompa seçimlerinde viskozite değeri göz ardı edilemeyecek bir parametre olmuştur. Bu sebeple, viskoz akışkanların santrifüj pompalar üzerindeki etkisinin doğru bir şekilde belirlenmesi önem kazanmıştır.*

*Bu bildiriye, viskoz akışkanlar basılması durumunda pompa performans eğrisindeki değişikliği belirlemek için ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nda belirtilen yöntem incelenmiş ve literatürde kullanılmakta olan diğer yöntemler ile kıyaslamalar yapılmıştır.*

## GİRİŞ

Bir pompanın basma yüksekliği, debisi, verimi ve güç değerleri pompa karakteristik eğrisinden elde edilebilir. Rotodinamik pompalarda performans eğrileri viskoz sıvı basıldığı durumlarda suya göre farklılık göstermektedir. Pompa karakteristik eğrileri normal şartlarda akışkan su (1cSt) kullanılarak elde edilmiştir. Viskozitesi yüksek bir akışkan rotodinamik pompa ile basılmaya çalışıldığı zaman pompanın performansında değişiklikler gözlenecektir. Çekilen gücün artmasına karşılık, debi, basma yüksekliği ve verim değerlerinde azalma meydana gelecektir.

Hidrolik Enstitüsü (HI) tarafından geliştirilen yöntem ile rotodinamik pompalarda newtonyen akışkanların yüksek viskozite değerleri için suya göre gösterdiği farklılıklar tahmin edilebilmektedir. Bu yöntem deneysel verilere dayanmaktadır ve pompaların viskoz sıvı basması halinde pompa kullanıcılarına ve tasarımcılarına pompa performansı hakkında önceden tahmin imkanı sağlar. Aynı zamanda bu yöntemden yararlanılarak sistem için en uygun pompa seçimi yapılabilir. Hidrolik Enstitüsü'nün bu yöntemi sadece bir yaklaşımdır. Bu yöntemde bazı pompa geometrileri ve akış koşulları gibi hesaba katılmayan parametreler bulunmaktadır.

ISO/TR 17766'da belirtilen kayıp analizine dayanan teorik yöntem ile pompa geometrisi bilindiği durumda, viskozitenin pompa performansı üzerindeki etkisi daha hassas bir tahminle bulunabilir. ISO/TR 17766 Teknik Raporu, bazı temel teorik yöntemleri açıklamaktadır. Ayrıca pompa kullanıcıları kullandıkları pompaların viskoz akışkanlara uygunluğu konusunda pompa üreticilerinden bilgi almalıdırlar. Viskoz sıvıların seçimi esnasında enerji tüketimi de göz önünde bulundurularak sisteme en uygun olan rotodinamik pompanın ve bu

pompaya en uygun motorun seçilmesi özellikle sürekli çalışan pompaların bulunduğu sistemler için büyük enerji tasarruf oranları sağlayacaktır.

## Temel Mantık

Akışkan, ağır yağlar gibi yüksek viskoziteye sahip olduğu zaman ve rotodinamik bir pompa tarafından pompalandığında kayıplardan dolayı suya oranla performansında değişiklikler gözleneceği bilinmektedir. Pompa performansındaki bu değişimlerin değeri, basma yüksekliği, debi ve verim için düzeltme katsayıları kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_H = \frac{H_{vis}}{H_W} \quad C_Q = \frac{Q_{vis}}{Q_W} \quad C_\eta = \frac{\eta_{vis}}{\eta_W} \quad (1)$$

Deneysel ve kayıp analiz yöntemleri basma yüksekliği fonksiyonu tahmininde hemen hemen aynı hassasiyete sahiptir. Bunun yanı sıra kayıp analiz yöntemi viskoz sıvılar için gerekli güç değerinin bulunmasında daha hassas tahmin yapmaktadır. Ayrıca kayıp analiz yöntemi uygulanarak, viskoz çalışma koşulları için çeşitli tasarım parametrelerinin etkisi incelenebilir ve neticelerinde daha uygun pompa seçimi ve tasarımı için optimizasyon yapılabilir. Viskoz sıvılar için optimum noktada  $C_H$  ve  $C_Q$  düzeltme katsayıları birbirine eşittir. Optimum nokta pompada gövde yapısına veya difüzör karakteristiğine göre farklılık gösterebilir.

## Düzeltilme Katsayılarının Belirlenmesi

Düzeltilme katsayıları, rotodinamik pompalarda su ve farklı viskozite değerlerindeki akışkanlarla yapılan deneyler sonucunda, pompadaki enerji kayıp analizleri temel alınarak, deneysel olarak elde edilmiştir. ISO/TR 17766 Teknik Raporu'ndaki yöntem kullanıcılara daha kesin sonuçlar sunmak için daha fazla verilere ihtiyaç duyabilir. Daha fazla bilgi mevcut ise kayıp analiz yöntemi sadece deneysel yöntemle oranla viskoz sıvılar için rotodinamik pompa performansının hesaplanmasında daha hassas çözüm vermesi beklenir. Bu yöntem, pratik çözümler istendiğinde yeterli hassasiyette, viskoz sıvılar için rotodinamik pompaların performans hesaplarında tahmin yöntemi sunmaktadır. Bu yöntem önceki HI yöntemlerine benzer düzeltme katsayıları vermektedir.

## Hidrolik Enstitüsü Yöntemi (HI)

Rotodinamik pompa performansının viskoz sıvıların basılması ile değiştiği ve suya göre pompanın güç değeri artarken, basma yüksekliği, debi ve verim değerlerinin azaldığı bilinmektedir. Aynı zamanda kalkış momenti ve ENPY<sub>g</sub> değeri de viskoz sıvı basılması durumunda suya göre farklılık gösterecektir.

Pompa performanslarında kullanılan eşitlik özgül hıza ve reynolds sayısına bağlıdır (parametre B). Yapılan testler açık veya kapalı çarklı, tek veya çok kademeli, kinematik viskozitesi 1 cSt - 3000 cSt arasında değişen ve  $Q_{BEP-W}$  değeri 3 m<sup>3</sup>/h - 260 m<sup>3</sup>/h arasında olan ve ayrıca basma yüksekliği ( $H_{BEP-W}$ ) 6 m - 130 m arasında değişiklik gösteren farklı pompa tipleri için gerçekleştirilmiştir.

Bu düzeltme katsayıları bütün pompalar için kesin çözüm sunmamakla birlikte, deney sonuçlarına dayanan tahmin yöntemine göre sonuçlar bulmak için kolaylık sağlamaktadır. Yukarıda belirtilen aralıklar dışında HI yöntemi uygulandığında pompa performansının tahminindeki belirsizlikler artacaktır.

Kesin sonuçların önemli olduğu hassas uygulamalarda, viskoz sıvı ile kullanılacak rotodinamik pompa ilişkisi önemlidir. Burada kullanılan yöntem genel bir tahmin yöntemi sunmaktadır. Daha hassas sonuçlar için pompaların akışkan ile analizine etki eden parametreler detaylı bir şekilde incelenerek sonuçlara yansıtılmalıdır.

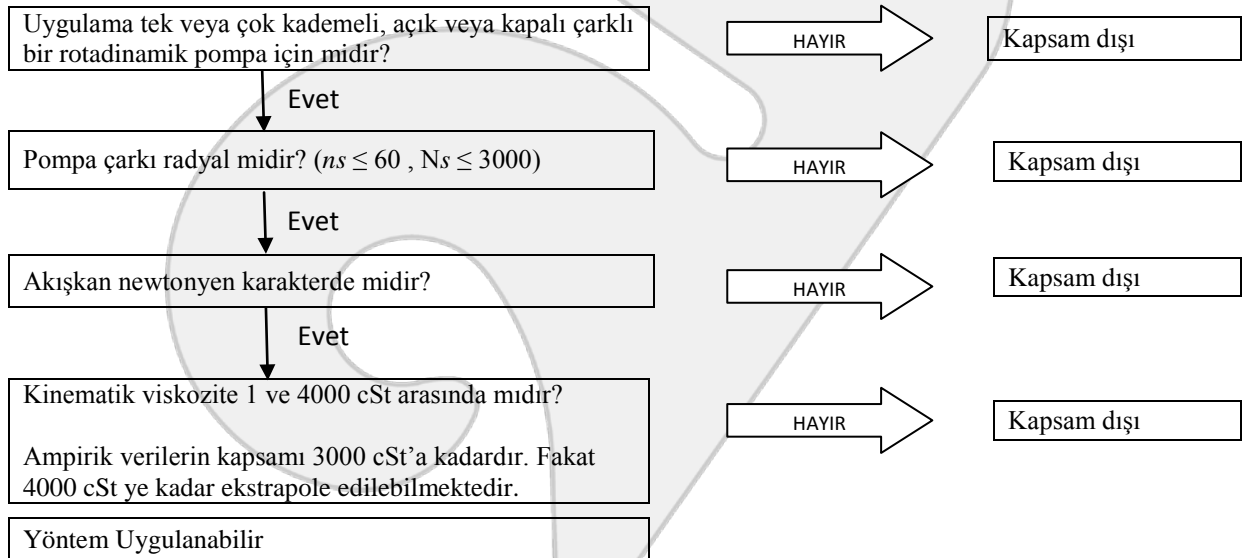
Bu düzeltme katsayıları radyal çarklar için daha uygun çözümler sunmaktadır ( $n_s \leq 60$ ,  $N_s \leq 3000$ ) (normal çalışma koşullarında, açık çark, yarı açık çark ve kapalı çarklı uygulamalarda). Bu düzeltme katsayıları aksenel pompalar ve özel hidrolik tasarıma sahip pompalar için geçerli değildir.

Belirlenen düzeltme katsayıları newtonyen akışlar için geçerlidir. Jel, çamur, kağıt hamuru vb. gibi newtonyen olmayan akışkanların karakteristikleri tam olarak bilinemediğinden bu yöntem sadece kaba bir çözüm sunmaktadır.

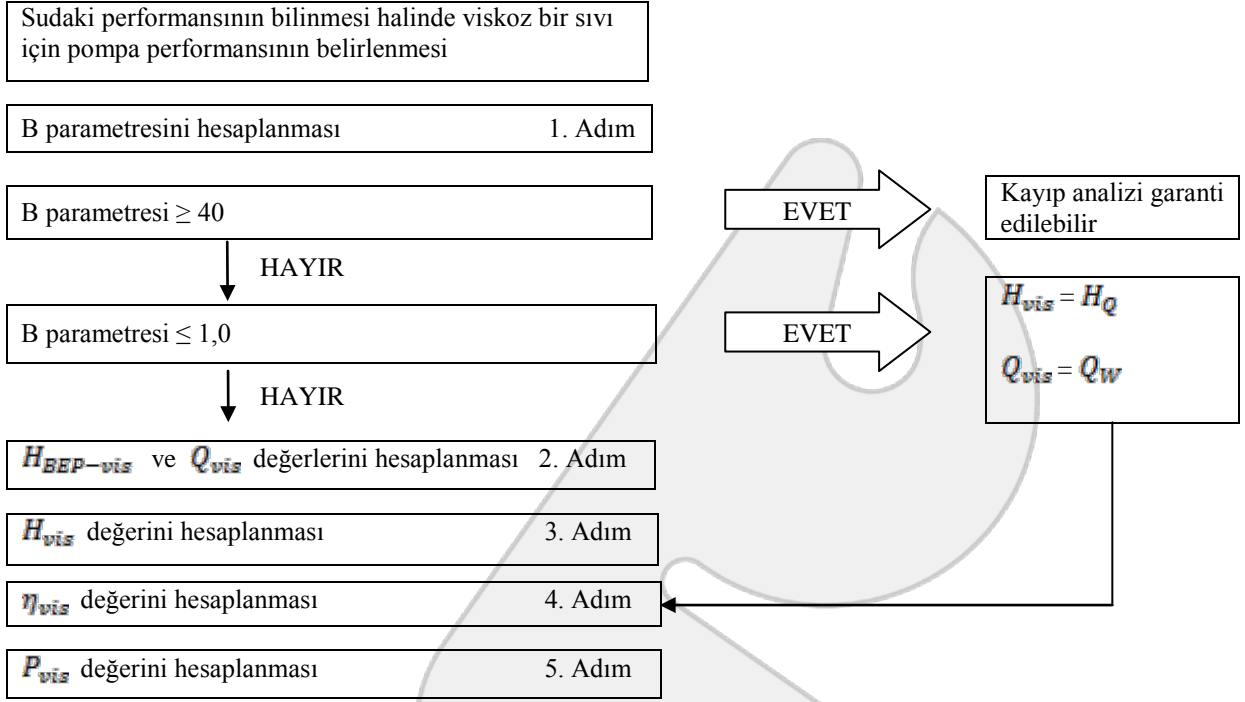
### Viskoz Sıvı Etkisinin Pompa Performansı Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Viskoz sıvıların pompa performansındaki etkilerini inceleyebilmek için uygulanan yöntemin uygulanabilir olması gereklidir. Ayrıca, pompanın su ile basılması durumundaki performansı bilinmelidir. Daha sonra viskozitenin etkisi hesaba katılarak gerekli debi, basma yüksekliği ve verim değerleri tahmin yöntemi ile hesaplanır.

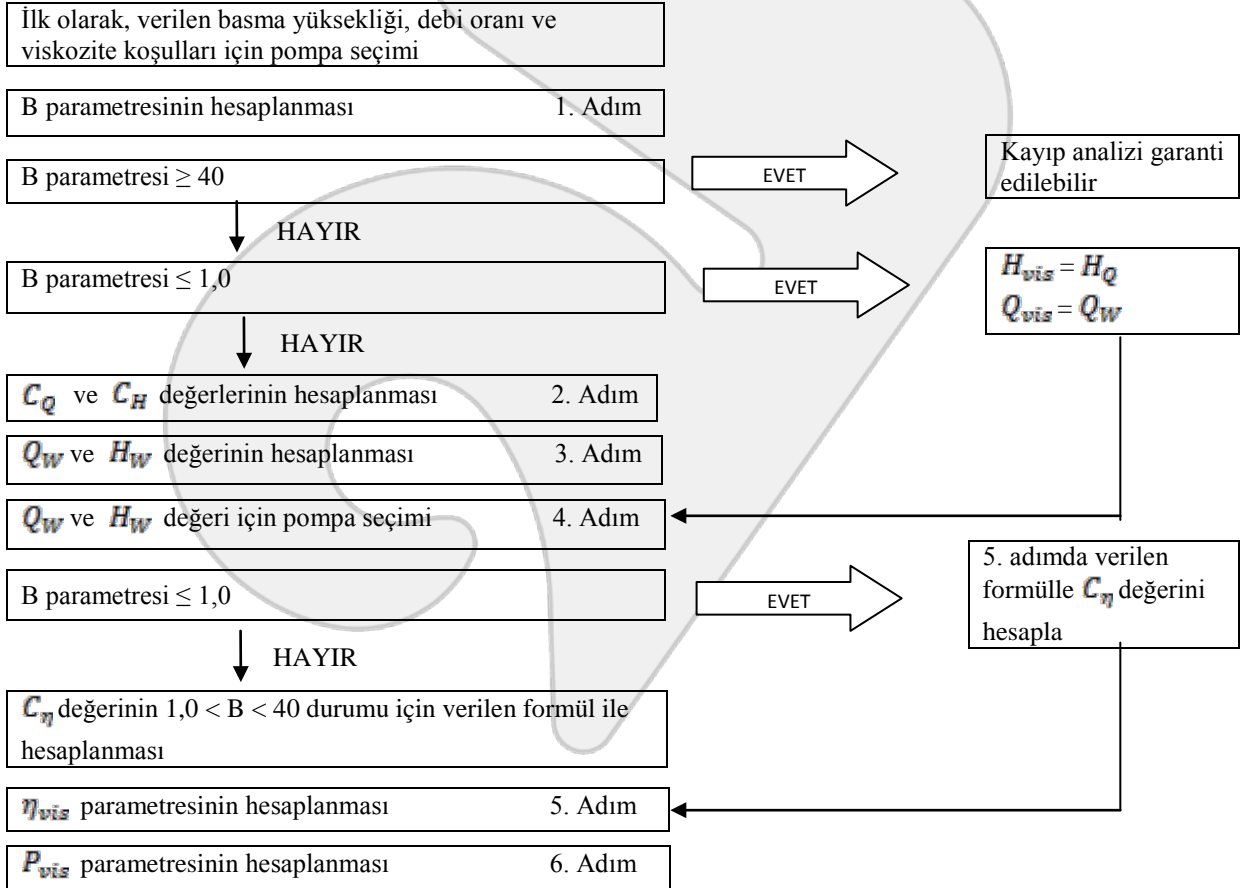
ISO/TR17766 Teknik Raporu'na göre yöntemin uygulanabilir olması için viskoz sıvı basılması halinde pompa performansının hassas bir şekilde belirlenebilmesi için belirli kriterler çerçevesinde kalınmalıdır. Sırasıyla uyulması gereken kriterler Şekil 1 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 1. Tahmin Yönteminin Uygulanabilirliğinin Kontrolü



**Şekil 2. Viskoz Sıvılar İçin Düzeltme Katsayılarını Hesaplama Kriterleri**



**Şekil 3. Viskoz Sıvı Şartlarında Pompa Seçim Basamakları**

## Viskoz Sıvılar İçin Düzeltme Katsayılarının Hesaplanması

Su ile performans karakteristiği bilinen rotodinamik pompanın viskoz sıvı basması durumundaki karakteristiğinin belirlenmesi:

**1.Adım:** Optimum nokta için B parametresi su için hesaplanır.

$$B = 16,5 \times \frac{(V_{vis})^2 \times (H_{BEP-W})^{0,0625}}{(Q_{BEP-W})^{0,375} \times N^{0,25}} \quad (2)$$

Eğer  $1 < B < 40$  ise 2. adıma geçilir.

Eğer  $B \geq 40$  ise bu metotta belirsizlikler olacaktır. Belirsizlikleri de hesaba katarak daha hassas sonuçlar elde etmek için kayıp analiz yöntemi kullanılabilir (Şekil 4).

$B \leq 1$  ise  $C_H$  ve  $C_Q$  1 alınır ve 4. Adıma geçilir.

**2.Adım:** Optimum noktaların geometrik yerinin H-Q düzleminde orjinden geçen bir doğru olduğu yaklaşımıyla  $C_Q$  ve  $C_H$  değerleri birbirine eşittir.

$$C_Q = (2,71)^{-0,165 \times (\log B)^{3,15}} \quad (3)$$

$$Q_{vis} = C_Q \times Q_W \quad (4)$$

$$C_{BEP-H} = C_Q \quad (5)$$

$$H_{BEP-vis} = C_{BEP-H} \times H_{BEP-W} \quad (6)$$

**3.Adım:**  $C_H$  ve  $H_{vis}$  değerleri hesaplanır.

$$C_H = 1 - \left[ (1 - C_{BEP-H}) \times \left( \frac{Q_W}{Q_{BEP-W}} \right)^{0,75} \right] \quad (7)$$

$$H_{vis} = C_H \times H_W \quad (8)$$

**4.Adım:**  $C_\eta$  değeri hesaplanır.

$$C_\eta = \frac{1 - \left[ (1 - \eta_{BEP-W}) \times \left( \frac{V_{vis}}{V_W} \right)^{0,07} \right]}{\eta_{BEP-W}} \quad (9)$$

$$\eta_{vis} = C_\eta \times \eta_W \quad (10)$$

$$C_\eta = B^{-(0,0547 \times B^{0,69})} \quad (11)$$

**5.Adım:**  $P_{vis}$  değeri hesaplanır.

$$P_{vis} = \frac{Q_{vis} \times H_{vis-tot} \times s}{367 \times \eta_{vis}} \quad (12)$$

Energol GR-XP 100 yağı için viskoz düzeltme katsayılarının hesaplanması örneği Tablo 1’de gösterilmiştir.

Basılan sıvının viskozitesi (cSt)	100			
Basılan sıvının bağıl özgül ağırlığı (kg/dm <sup>3</sup> )	0,885			
Pompanın hızı (d/dak)	2000			
Debi/nominal debi	0,6	0,8	1	1,2
Debiler - su için (m <sup>3</sup> /h)	14,76	19,68	24,60	29,52
Kademe başına basma yüksekliği - su için (m)	14,8	13,8	12,6	10,5
Pompanın verimi - su için (%)	51,0	55,0	56,3	51,0
B parametresi	8,698			
Düzeltilme çarpanı - debi için	0,874			
Düzeltilme çarpanı - basma yüksekliği için	0,914	0,893	0,874	0,855
Düzeltilme çarpanı - verim için	0,591			
Düzeltilmiş debi - viskoz akışkan (m <sup>3</sup> /h)	12,89	17,19	21,49	25,79
Kademe başına düzeltilmiş basma yüksekliği - viskoz akışkan (m)	13,53	12,32	11,01	8,98
Düzeltilmiş verim - viskoz akışkan (%)	30,1	32,5	33,2	30,1
Mil gücü - viskoz akışkan (kW)	1,40	1,57	1,72	1,85

**Tablo 1. Energol GR-XP 100 Yağı İçin Viskozite Düzeltme Katsayıları**

## Viskoz Akışkan Basan Santrifüj Pompalarda Pompa Seçimi İçin Performans Düzeltmesi

**1.Adım:** B parametresi su için hesaplanır.

$$B = 2,8 \times \frac{(V_{vis})^{0,5}}{(Q_{vis})^{0,25} \times (H_{vis})^{0,125}} \quad (13)$$

Eğer  $1 < B < 40$  ise 2. adıma geçilir.

Eğer  $B \geq 40$  ise bu metotta belirsizlikler olacaktır. Belirsizlikleri de hesaba katarak daha hassas sonuçlar elde etmek için kayıp analiz yöntemi kullanılabilir.

$B \leq 1$  ise  $C_H$  ve  $C_Q$  1 alınır ve 4. Adıma geçilir.

**2.Adım:** Optimum noktaların geometrik yerinin H-Q düzleminde orjinden geçen bir doğru olduğu yaklaşımla  $C_Q$  ve  $C_H$  değerleri birbirine eşittir.

$$C_Q \approx C_H \approx (2,71)^{-0,165 \times (\log B)^{3,15}} \quad (14)$$

**3.Adım:**  $Q_w$  ve  $H_w$  değerleri hesaplanır.

$$Q_w = \frac{Q_{vis}}{C_Q} \quad H_w = \frac{H_{vis}}{C_H} \quad (15)$$

**4.Adım:** 3. Adımda hesaplanan  $Q_w$  ve  $H_w$  için pompa seçilir.

**5.Adım:**  $C_\eta$  değeri hesaplanır.

$1 < B < 40$  ise  $C_\eta = B^{-(0,0547 \times B^{0,69})}$  (16) formülü ile hesaplanır.

$$B \leq 1 \text{ ise } C_{\eta} = \frac{1 - \left[ (1 - \eta_{BEP-W}) \times \left( \frac{V_{vis}}{V_W} \right)^{0,07} \right]}{\eta_{BEP-W}} \quad (17) \quad \eta_{vis} = C_{\eta} \times \eta_W \text{ yöntemi ile bulunur.}$$

**6.Adım:** Tahmini viskoz akışkan için pompa mil gücü hesaplanır.

$$P_{vis} = \frac{Q_{vis} \times H_{vis-tot} \times s}{367 \times \eta_{vis}} \quad (18)$$

Bu bölümde, viskoz sıvı için performans karakteristiğinden yola çıkılmış su için performans değerleri kullanılarak uygun pompa seçimi için izlenmesi gereken adımlar açıklanmıştır.

### Kayıp Analiz Yöntemi

ISO/TR 17766 Teknik Raporu'na göre hesaplamalar sonucunda  $B \geq 40$  olması durumunda viskoz sıvı performansının tahmininde deneysel yöntem belirsizlikler içermektedir. Hiçbir deneysel sonuca dayanmayan kayıp analiz yöntemi, belirsizliklerin de hesaba katılmasıyla birlikte daha hassas tahmin sunmaktadır. Ayrıca, bu yöntem ile viskoz sıvılar için  $ENPY_g$  değerinin değişimi de incelenmiştir. Ancak, bu yöntem  $ENPY_g$  değişimi için bilinen herhangi bir test sonuçlarıyla karşılaştırılmamıştır.

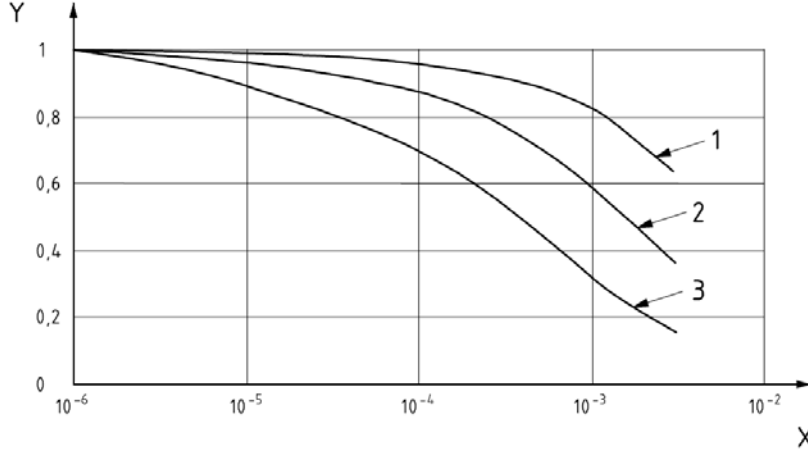
**Güç dengesi ve kayıpları:** Pompalanan akışkanın viskozitesi arttığı zaman reynolds sayısı azalır, aynı zamanda sürtünmeden dolayı kayıplar artacaktır (Boru içerisinde ve pompada). Viskozite artışının pompadaki kayıplar üzerine etkisi aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

**a) Mekanik kayıplar:** Pompalanan sıvının viskozitesinden bağımsızdır.

**b) Hidrolik kayıplar:** Boru kayıplarında olduğu gibi, pompa girişinde, çark içerisinde, gövde içerisinde veya difüzör içerisinde ve pompa çıkışında hidrolik kayıplar oluşmaktadır. Viskozitenin artması ile hidrolik kayıplarda artış meydana gelecektir.

**c) Kaçak (hacimsel) Kayıplar:** Hacimsel kayıplar pompa rotor ve stator arasındaki boşluklardaki kaçak kayıpları olarak belirtilebilir. Reynolds sayısı viskozite ile ters orantılı olarak değiştiğinden, akışkanın viskozite değeri arttığı zaman reynolds sayısında düşüşler olacaktır. Bu durum boşluklar sebebiyle oluşan kaçaklar için sürtünme faktörünü artırır. Bu nedenle kaçaklar viskozite artışı ile birlikte düşmektedir.

**d) Sürtünme kayıpları:** Pompadaki rotor elemanlarının ıslak yüzeylerinde meydana gelen sürtünme kayıplarıdır. Bu kayıplar viskozite değerinin artması ile artacaktır. Bu sürtünme kayıpları pompanın çektiği gücün artmasına sebep olacağı için verim üzerinde azalmaya sebep olur ve önemli bir etkiye sahiptir. Sürtünme kayıpları viskoz sıvı uygulamalarında güç tüketimi konusunda büyük bir etkiye sahiptir.



<b>X</b>	Kinematik Viskozite [ $m^2/s$ ]
<b>Y</b>	$C_{\eta-RR}$
<b>1</b>	$n_s = 45$ ( $N_s = 2300$ )
<b>2</b>	$n_s = 20$ ( $N_s = 1000$ )
<b>3</b>	$n_s = 10$ ( $N_s = 500$ )

**Şekil 4. Sürtünme Kayıplarının Etkisi İle Viskoz Sıvılar İçin Verim Düzeltme Katsayısı**

**Termal etkiler:** Bütün güç kayıpları, dış mekanik kayıplar hariç sıvıya ısı ilavesi ile azaltılabilir. Sıvının sıcaklığının artması ile viskozite değeri düşeceğinden güç kayıpları azalacaktır. Sıvının sıcaklığı arttığı zaman, kayma gerilmesine bağlı olarak sürtünme kayıpları ve verim etkilenecektir. Özellikle 1000 cSt'un üzerinde viskoziteye sahip akışkanlar için bu işlem faydalı olabilmektedir. Fakat etkileri kolay bir şekilde ölçülememektedir.

**Güç eğrisi:** Viskozite değerinin artması ile basma yüksekliği ve mekanik kayıplar çok fazla etkilenmemekle beraber, çekilen güç değerinde sürtünme kayıplarından dolayı önemli ölçüde artış meydana gelecektir. Viskoz sıvılar için güç  $P_{vis}=f(Q)$  olarak gösterilebilir.

**ENPY<sub>g</sub>:** Kanat hücum açısındaki basınç dağılımı ENPY<sub>g</sub>'yi etkilemektedir. Basınç dağılımı, çark girişi ve pompa emme flanşı arasındaki hidrolik kayıplara ve reynolds sayısına bağlıdır. Bu kayıplar viskozitenin artması ile artış gösterir ve ENPY<sub>g</sub>'yi etkiler. ENPY<sub>g</sub>'yi etkileyen diğer bir faktör ise sıvının termodinamik özellikleri ve sıvı içerisindeki gaz miktarıdır.

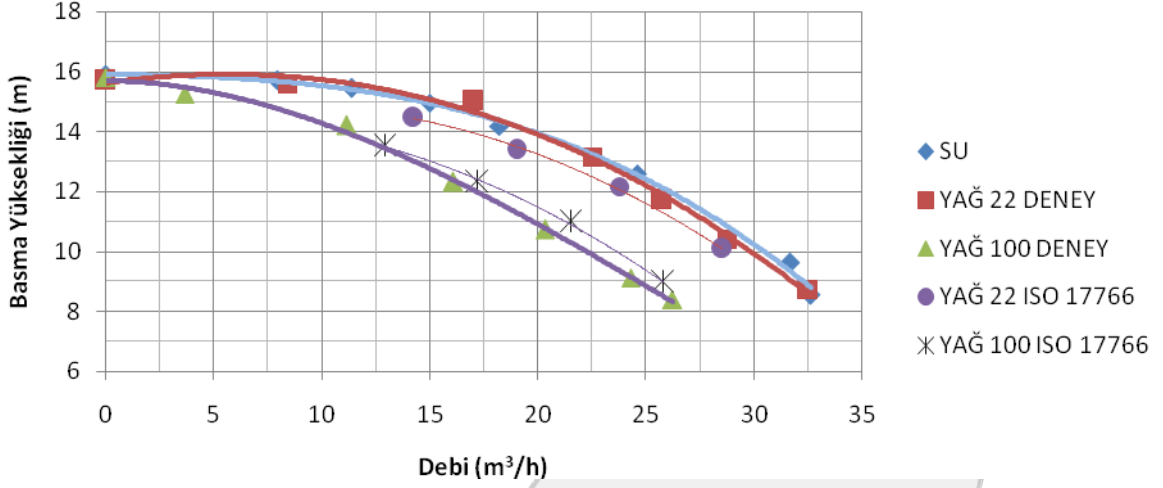
ENPY<sub>g</sub> rotodinamik pompaların emme yüksekliği karakteristiklerini belirtir.

Viskozitenin ENPY üzerinde 2 türlü etkisi vardır:

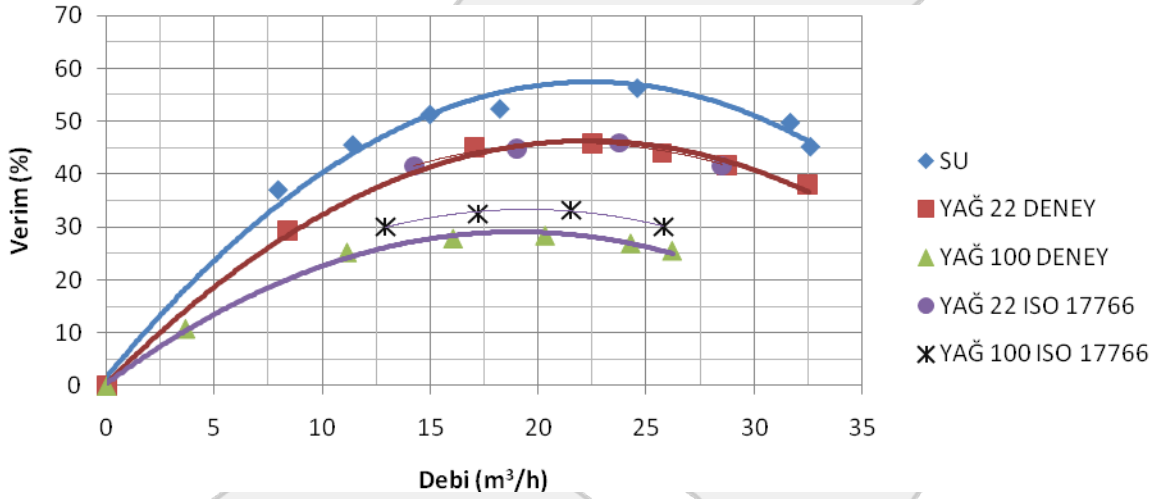
- Viskozite artışı ile sürtünme kayıpları artacağından ENPY<sub>g</sub> artış gösterecektir.
- Viskozite artışı akışkan içerisindeki havayı ve buhar tanecik difüzyonunu azaltacaktır.

Bu durum baloncukların büyümesini yavaşlatır aynı zamanda termodinamik bir etki oluşturur ki bu etkilerde sonuç olarak ENPY<sub>g</sub> değerini biraz düşürür.

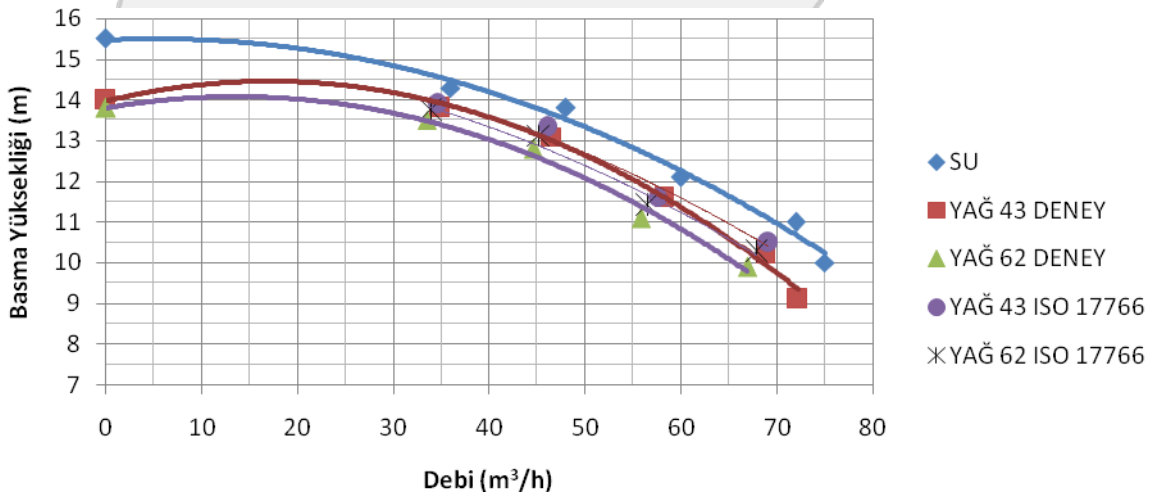




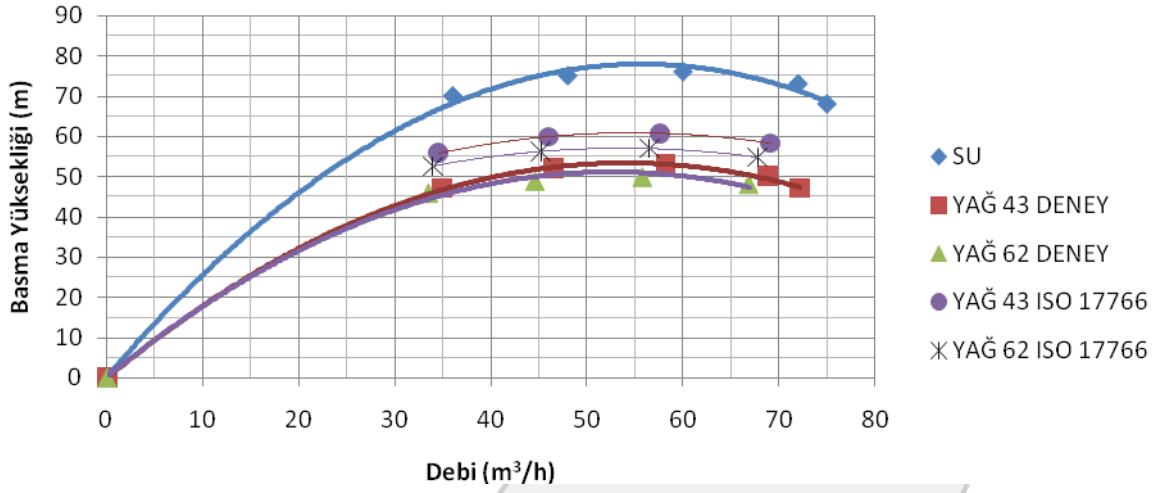
**Grafik 1. 22cSt ve 100cSt Viskozite Değerlerine Göre Debi – Basma Yüksekliği Karşılaştırması**



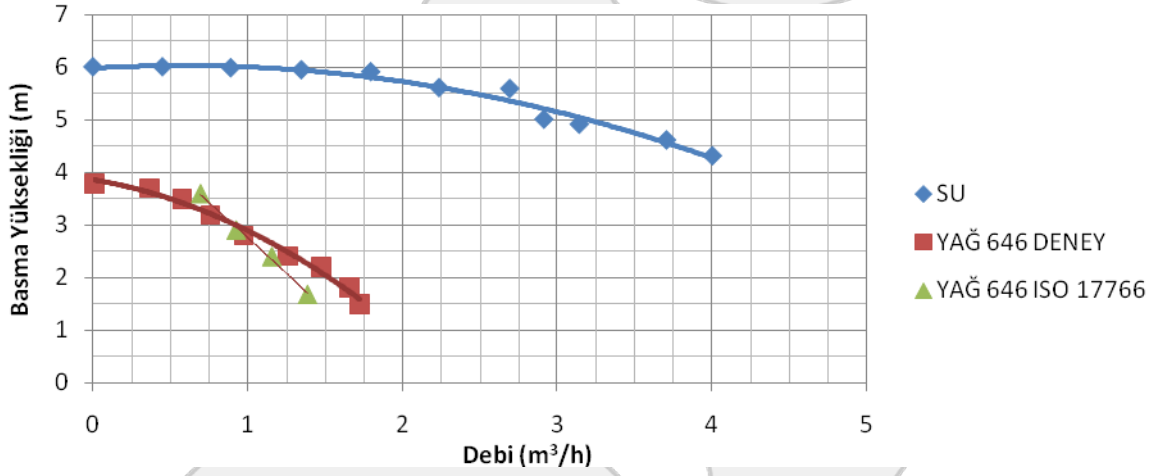
**Grafik 2. 22 cSt ve 100 cSt Viskozite Değerlerine Göre Verim Değerlerinin Karşılaştırılması**



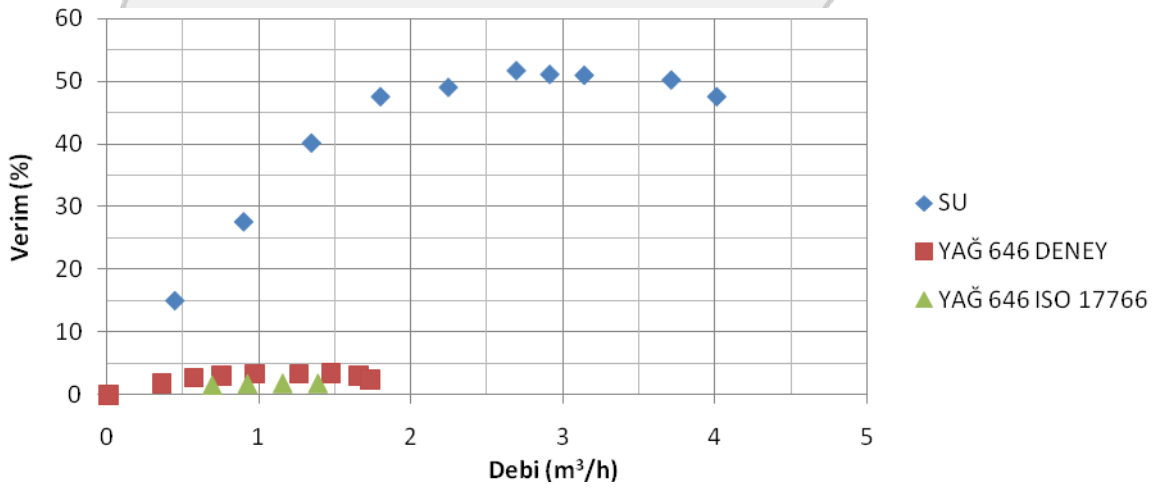
**Grafik 3. 43 cSt ve 62 cSt Viskozite Değerlerine Göre Debi – Basma Yüksekliği Karşılaştırması**



**Grafik 4. 43 cSt ve 62 cSt Viskozite Değerlerine Göre Verim Değerlerinin Karşılaştırılması**



**Grafik 5. 646 cSt Viskozite Değerine Göre Debi - Basma Yüksekliği Karşılaştırması**



**Grafik 6. 646 cSt Viskozite Değerine Göre Verim Değerlerinin Karşılaştırılması**

## SONUÇ

ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nda belirtilen deneysel ve kayıp analiz metoduna dayanan hesap yönteminin hassasiyetini belirlemek amacıyla 5 farklı deney üzerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

22 cSt ve 100 cSt viskoziteye sahip yağlarla yapılan deneyler [3] ve ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nun sayısal hesap yöntemine göre yapılan hesaplamalar sonucuna göre debi-basma yüksekliği eğrilerinde (Grafik 1) benzer sonuçlar alınmıştır. Debi-verim eğrisinde (Grafik 2) ise 100 cSt viskoziteli akışkan için optimum noktada yaklaşık %5'lik bir fark oluşmuştur. Bunun yanı sıra, 22 cSt viskoziteli yağ basılması durumunda deney sonuçlarına göre basma yüksekliğinde su basılması durumuna göre artış görülmüştür. Bunun sebebi olarak viskozitenin artması ile çark içerisindeki bağıl sirkülasyonun suya göre azalmış olma ihtimali gösterilebilir [6].

43 cSt ve 62 cSt viskoziteye sahip yağlarla yapılan deneyler [4] ve ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nun sayısal hesap yöntemine göre yapılan hesaplamalar sonucuna göre debi-basma yüksekliği eğrisinde (Grafik 3) benzerlik görülmektedir fakat debi-verim eğrisine (Grafik 4) bakıldığında optimum noktada her iki yağ için yaklaşık %5'lik bir fark gözlenmiştir.

646 cSt viskoziteye sahip yağla yapılan deney [5] ve ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nun sayısal hesap yöntemine göre yapılan hesaplamalar sonucuna göre debi-basma yüksekliği eğrisine (Grafik 5) bakıldığında optimum nokta civarında eğrilerin yapısının birbirine benzediği görülmektedir. Bu durumun da, su ile elde edilen pompa performansının belirlenmesindeki belirsizliklerden de kaynaklanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Debi-verim eğrilerinin (Grafik 6) ise uyduğu görülmektedir.

Genel olarak 3 farklı kaynaktan alınan 5 farklı viskozite değerine sahip farklı yağlar ile yapılan deney sonuçları ile ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nun hesap yöntemi kıyaslandığında debi, basma yüksekliği ve verim değerlerinin, belirsizlikler de göz önünde bulundurularak, deneylerle uyduğu söylenebilir. ANSI/HI 1.3-2000 standardında viskoz sıvı basılması durumunda viskoz performans eğrisini tahmin etmek için kullanılan grafiklere göre, ISO/TR 17766 Teknik Raporu, pompa üreticisine ve kullanıcıya çok daha pratik bir çözüm sunmaktadır. Yüksek deney maliyetleri göz önüne alındığında ve ayrıca deney yapma imkanının kısıtlı olduğu durumlarda ve ortamlarda, viskozitenin pompa üzerindeki etkisinin bilinmesi masraflı ve yorucu bir iş haline gelmektedir. Bu gibi durumlarda hem ekonomik açıdan hem de zamandan tasarruf etmek amacıyla pratik yöntemlerin kullanılması en uygundur. Sonuç olarak, deneysel verilerle ISO/TR 17766 Teknik Raporu'nda anlatılan pratik yöntemin göstermiş olduğu benzerlikler de yöntemi güvenilir ve uygulanabilir kılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] "Centrifugal Pumps Handling Viscous Liquids – Performance Correction" ISO/TR 17766:2005 Technical Report
- [2] "American National Standard for Centrifugal Pumps for Design and Application" ANSI/HI 1.3 – 2000

- [3] Ayder E. ve Özgür C., “Sıvı Viskozitesinin Pompa Performansına Etkisi”, 4. Pompa Sergisi ve Bildiriler Kitabı
- [4] ShojaeeFard M. H., Boyaghchi F. A. ve Ehghaghi M.B., “Experimental Study and Three Dimensional Numerical Flow Simulation in a Centrifugal Pump When Handling Viscous Fluids”
- [5] Ali N., Abdelkrim L. ve Karim B. S. M., “Performance Prediction of Centrifugal and propeller Pumps for High Viscous Fluids From Experimental Results of Water”
- [6] Kaya M., “Santrifüj Pompa Performansının Sayısal Analizi”, Sayfa 59-72, 2009

## SUMMARY

*In this paper the centrifugal pump characteristic are investigated in case of viscous fluids as Newtonian fluids. Effects of high viscosity on centrifugal pumps are not easy to find in experiments. When a high viscous fluid is pumped by a centrifugal pump head, capacity, power and efficiency of the pump will change due to increased losses in comparison to water performance of the pump. The purpose of this work is to predict of the viscous effects on centrifugal pump comparing the test results with ISO/TR 17766 Technical Report and to suggest practical method of ISO/TR 17766 Technical Report which has similar results with experiments. ISO/TR 17766 Technical Report is recommended to obtain a practical solution for a centrifugal pump in case of viscous fluids.*

*In industrial application with the transfer of high viscous fluid is becoming widespread, the viscosity effects are not negligible to selecting the pump for viscous fluids. Especially, together with the spread of energy efficient, energy consumption started to be important. As a result the effects of viscous fluid on centrifugal pump should be investigated correctly.*