

Pervaneli Tip Akış Ölçerlerin Diferansiyel Basınç Ölçer Prensipleri ile Debi Ölçümünde Kullanılabilirliği

Haydar EREN
Aydın ÇITLAK
Şeyha YILDIZ

Özet

Kapalı kanal akışlarında kullanılan pek çok akış ölçer vardır. Bu cihazlar genellikle "diferansiyel basınç ölçerler" ve "pozitif yer değiştirmeli hız ve kütle ölçerler" olarak sınıflandırılabilirler. Diferansiyel basınç ölçerlerde cihaz üzerinde iki farklı kesitte basınç farkı ölçülerek hidrodinamik teori yardımıyla debi hesaplanır.-Pozitif yer değiştirmeli ölçerlerde ise temel prensip, yer değiştiren akışkan hacmini ölçmektir. Ölçerin toplam devir sayısı, geçen toplam hacmin ölçülmesini sağlar. Türbin ölçerler; dönen tip akış ölçerlerin bir çeşididir. Boru merkezinde bulunan bir pervane, akışkanın hareketi ile döner. Dönme sonucu elde edilen elektrik sinyalleri sayılır ve yapılan kalibrasyon sonucu geçen akışkan miktarı tespit edilir [1]. Bu çalışmada, pervaneli tip akış ölçerlerin diferansiyel basınç ölçme cihazlarının çalışma prensibine benzer bir şekilde debi ölçümünde kullanılabilirliği araştırıldı. Bu amaçla 46.5 mm iç çaplı bir borunun içerisine, iki yatak arasında dönebilen bir pervane yerleştirildi. Pervanenin boru çapı D/2 kadar önüne ve D/2 kadar arkasına basınç prizleri açıldı. Bunlar piyezometre boruları yardımıyla eğik manometreye bağlanarak değişik debilerde, değişik kanat sayısı ve açılarında basınç farkı ölçüldü. Böylece basınç farkı ile debi arasındaki ilişki elde edildi.

Anahtar Kelimeler: Türbin tip debi ölçer, pitot, venturi, orifis, dirsek tipi akış ölçer, akış nozulu, rotametre.

1. GİRİŞ

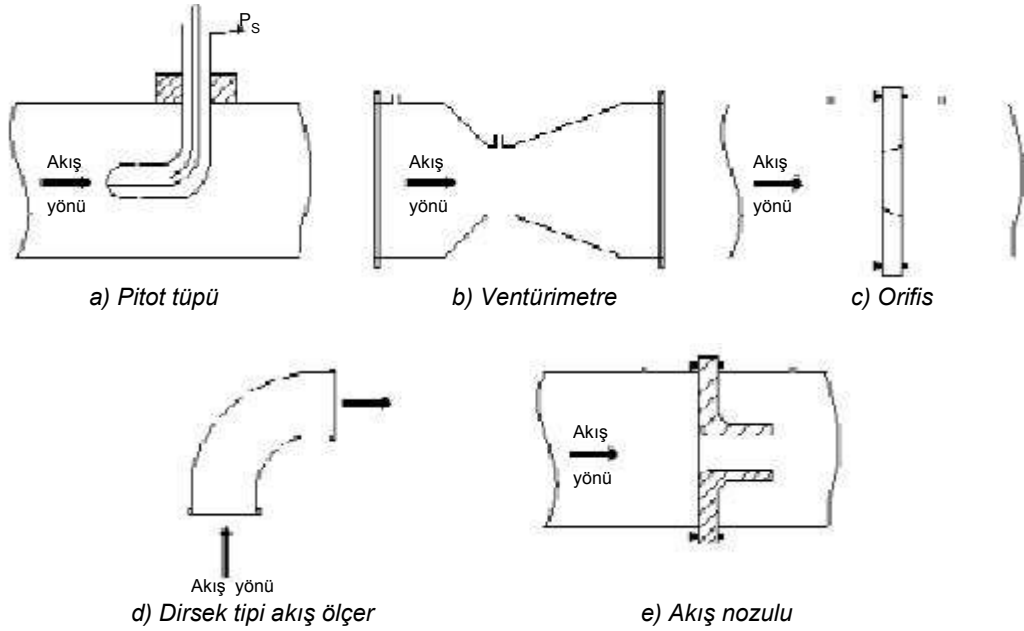
Sıvıların debi ölçümünde en iyi bilinen ve en çok kullanılan ölçüm tekniği diferansiyel basınç ölçerlerdir. Diferansiyel basınç ölçme cihazlarına örnek olarak; pitot tüpü, venturi tüpü, orifis, dirsek tipi akış ölçer, akış nozulu, vb. verilebilir (Şekil 1).

Diferansiyel basınç akış ölçerlerin ölçme tekni

ğinde temel husus, akış oranının karesiyle basınç düşüşü arasındaki oranı tespit etmektir. Debi, basınç farkını ölçüp karekökünü alarak bulunur [1].

Pitot tüpleri toplam ve statik basıncı ölçer. Toplam basınç ile statik basınç uçlarına takılı borular bir manometreye bağlanarak aradaki basınç farkı okunur. Bu fark dinamik basıncı vermektedir. Pi

* Yrd. Doç. Dr., Fırat Üniv. Müh. Fak. Makina Müh. Böl. - Elazığ.
** Yrd. Doç. Dr., Fırat Üniv. Müh. Fak. Makina Müh. Böl. - Elazığ.
*** Y. Lisans Öğr., Fırat Üniv. Müh. Fak. Makina Müh. Böl. - Elazığ.



Şekil 1. Çeşitli diferansiyel basınçlı akış ölçme sistemleri.

tot tüpü yerel ölçümlerde kullanılır. Ucuz olması, hareketli aksamının olmaması, kolay kurulması ve minimum basınç kaybına sahip olması avantajları arasında sayılabilir.

Venturi tüpünün en büyük avantajı, düşük basınç kayıplarında yüksek hacimdeki sıvıların debisini ölçebilmektir. Bir venturi tüpü, daralan bir kesit, bir boğaz ve genişleyen bir difüzörden oluşur.

Akışkan boğazdan geçerken hızı artar, dolayısıyla giriş ve boğaz kesitleri arasında bir basınç farkı oluşur. Bu tip akış ölçerlerin de hareketli aksamı yoktur. Ancak maliyetleri pitot tüpüne oranla biraz daha pahalıdır.

Orifisler, günümüzde en çok kullanılan düşük maliyetli sıvı akış ölçerleridir. Bir orifis basit bir levha üzerine açılmış özel boyutlu bir delikten oluşur. Orifis levhası iki flanşla borunun içerisine takılır. Akışı daraltarak bu bölgede bir basınç farkına sebep olurlar. Orifislerin en önemli avantajı hareketli parçalarının olmayışı ve fiyatlarının ise düşük olmasıdır. Ancak basınç farkının yüksek olması debi katsayısının düşmesine sebep olmakta, bu da ölçme hassasiyetini azaltmaktadır.

Dirsek ölçerlerde dairesel kesitten geçen sıvı,

dış köşelerde merkezi bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvet sıvının yoğunluğu çarpı hızının karesiyle doğru orantılıdır. Ayrıca kuvvet dirseğin yarıçapıyla ters orantılıdır. Herhangi bir 90°'lik dirsek bir akış ölçer gibi kullanılabilir. Sadece dirseğin orta noktasına iki tane delik açmak ve bunu piyemetre boruları ile bir manometreye bağlamak yeterlidir.

Akış nozulları, yüksek hızlı akışlarda kullanılırlar. Orifislere nazaran, çok daha fazla sıvı akışının ölçümünü aynı basınç kaybında ölçebilirler.

Rotametreler de "Diferansiyel basınç ölçerler" sınıfına girer. Şekil 2'de görüldüğü gibi daralan bir boru ve şamandıradan oluşurlar.

Akış yokken, içindeki şamandıra aşağıda serbest halde durur. Alt kısımdan akışkan girince şamandıra, kaldırma kuvvetinin etkisiyle yukarı doğru hareket eder. Şamandıranın dengede kaldığı konum, akışın debisiyle orantılıdır. Kalibrasyon sonucu debi, rotametre üzerindeki skaladan direkt olarak okunabilir. Arzu edilirse, otomatik algılayıcılar kullanılarak denge elemanının yeri ve seviyesi sinyaller yardımıyla tespit edilebilir. Ancak bu akış ölçerlerin maliyetini artıracaktır [2,4].



sadece sınırlı bir basınç ve sıcaklık aralığında kullanılabilmesi ve bazı çeşitlerinin akışta vuruşları meydana getirmesi dezavantajlarından sayılabilir [3].

Türbinli tip debi ölçerler; dönen tip akış ölçerlerin bir çeşididir (Şekil 3).



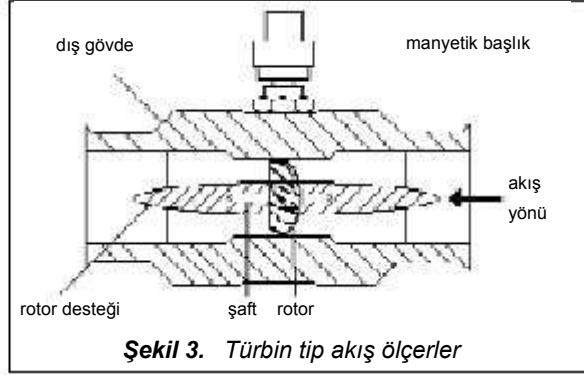
Şekil 2. Değişken kesitli akış ölçer (rotametre)

Pozitif yer değiştirmeli sistemler oval dişli, piston, dönen diskli tip vb. akış hacmi ölçerlerdir. Burada esas prensip sıvıyı ölçülebilecek parçalara ayırarak her bir parçayı hareket ettirmektir. Her bir kısım bir kaydediciyle kaydedilir. Üç farklı tipi örnek olarak gösterilebilir. Çift rotorlu dişli ölçerler, oval çarklı ölçerler, sürgülü vana ölçerler. Bu ölçerler yüksek doğruluğa sahip pahalı mühendislik ürünleridir. Diğer amaçlar için de kullanılmalarına rağmen, asıl kullanım alanları, yakıtlar ve yağlar gibi pahalı sıvıların satış amaçları için ölçümlerinin yapılmasıdır[3]. Günümüzde yalnızca yüksek kaliteli sıvı ölçümlerinde bu metod kullanılır ve "pozitif deplasman ölçümü" terimine sıkça rastlanır. Ölçme aletinin bir devrinde yer değiştiren toplam sıvı hacmi ; debi, viskozite, basınç ve sıcaklığın oldukça geniş bir aralığı boyunca yaklaşık olarak sabittir. Ölçerin toplam devir sayısı, geçen toplam hacmin ölçülmesini sağlar.

Pozitif deplasman ölçerlerde, hareketli parçaları en az sürtünme oluşturacak şekilde yerleştirmek gerekir. Sürtünme etkisi sıvı ölçümünde hatalara neden olmaktadır. Bu sebeple ölçme aletleri değişik debi oranlarında kalibre edilmelidir. Pozitif deplasman ölçerler, debinin geniş bir alanında ve toplam sıvı hacminin ölçümünde, ayrıca çok uzun periyotlarda yapılan ölçümlerde yüksek doğruluk sağlarlar. Türbülanslı akışlardan etkilenmezler. Özellikle büyük boylarının çok yer kaplaması, yüksek basınç kayıplarına sahip olması,

bu çeşiddir (Şekil 3).

Geniş bir boru merkezinde iki yatakla desteklenen bir pervaneden oluşur. Pervane kanatları ya



Şekil 3. Türbin tip akış ölçerler

manyetik malzemeden yapılır ya da kanadın uç kısmının içine küçük bir mıknatis koyulur. Pervane dönerken kanatların ağızları boru içinde elektiriksel bir sinyal meydana gelmesine sebep olur. Eğer sinyal bir frekans metreden geçirilirse, akış oranının frekansından hacim ölçümü yapılabilir. Hidrodinamik teori türbin ölçerlerin performansını belirlemede yeterli olamamaktadır. Bu yüzden, türbin ölçerler için ayar gerekir, bu sayede elektiriksel sinyalle arasındaki ilişki bulunur ve geçen akışkan hacmi deneysel yöntemle bulunabilir [1,2,3].

Özellikle geniş çaplı borularda kullanılan büyük boyuttaki türbin ölçerler frekans aralığı iyi ayarlanabilirse dijital olarak oldukça kesin sonuçlar ve veriler elde edilir. Ancak diğer akış ölçerlerden oldukça pahalıdır, parça çapları büyüktür. Çok uzun periyotlarda aşınma, yatak problemleri gibi sebeplerle orijinal ayarlarını koruyamayabilirler. Türbin ölçerler, türbülanslı akışlara ve özellikle girdap oluşumlarına hassastır. Boyutları küçük olduğunda, yataklardaki sürtünmenin oluşturduğu tehlike nedeniyle büyükleri kadar iyi performans alınmaz.

2. DENEY DÜZENEGİ

Deneysel düzenek Şekil 4'te görülmektedir. Depodan bir pompa yardımıyla temin edilen su, sisteme girdiğinde boru eksenine yerleştirilmiş pervane dönmeye başlamaktadır. Debi arttıkça pervanenin dönme hızı da artar. Debi, tartı kabında toplanan suyun toplanma süresine bölünerek bulunmakta, basınç kaybı ise boru cidarlarına yerleştirilmiş basınç prizleri yardımıyla eğik manometreden ölçülmektedir.

Çalışmada kullanılan boru iç çapı 46.5 mm,

dir. Pervaneli tip akış ölçerinin diferansiyel akış ölçer prensibine benzer bir tarzda kullanılması halinde, bu lineer değişim bölgesi ölçüm aralığı olarak alınabilir. Kullanılan pompanın gücünün, dolayısıyla debi aralığının düşük olması nedeniyle bu çalışmada daha yüksek debilere çıkılamamıştır. Daha yüksek debilerde de bu lineerliğin devam edip etmediği ayrıca araştırılmalıdır.

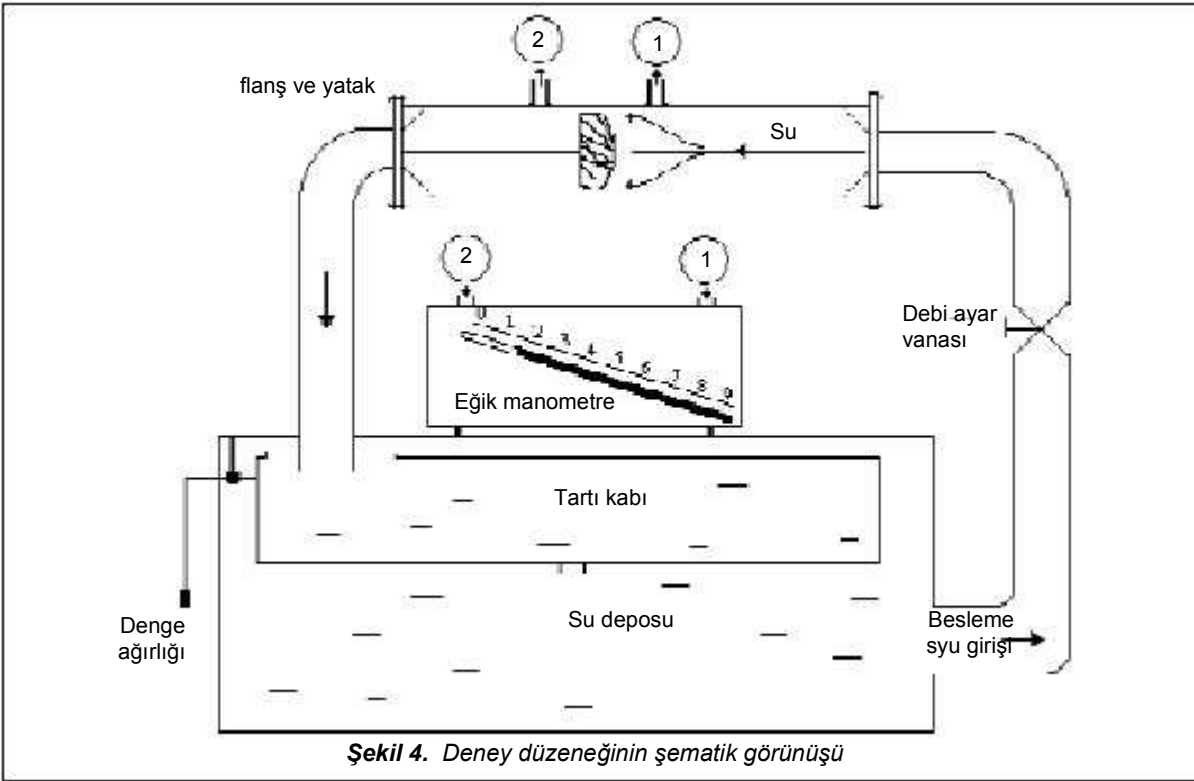
3. SONUÇLAR

Deneysel setinde kullanılan pompanın gücünün dü-

flaşlar arası toplam boru uzunluğu ise 450 mm'dir. Basınç prizleri, (1) ve (2) kesitlerinde per vaneden D/2 kadar uzağa yerleştirilmiştir. Per vaneler 3, 4 ve 5 kanatlı olup, kanat açıları 15, 30 ve 60 derecedir. Deney borusunun çapı, giriş ve çıkış çaplarından daha büyük tutularak deney borusu içerisinde bir karşı basınç oluşması sağlanmıştır. Bu sayede düşük debilerde (1) ve (2) kesitleri arasında bir basınç düşüşü yaşanırken, yüksek debilerde tam tersi bir basınç artışı söz konusu olmaktadır. Bu durumda (1) ve (2) kesitleri arasında (akış halinde) basıncın eşit olduğu kritik bir debi değeri vardır. Bu kritik debi değerinden daha büyük debilerde basınç farkı ile debinin yaklaşık lineer olarak değiştiği görülmektedir.

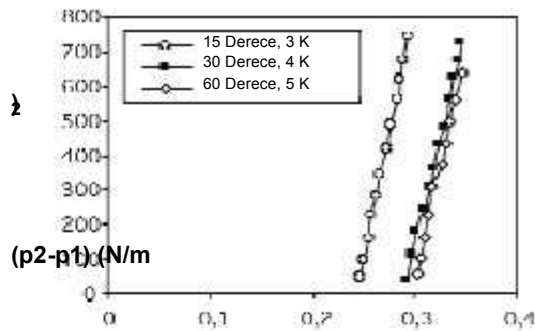
şüklüğü sebebiyle bu çalışmada en çok 0,35 kg/s debiye ulaşılabilmiş ve bu debi aralığında ölçümler yapılarak piyezometre boruları arasındaki basınç farkı bulunmuştur. Değişik kanat açı ve sayılarında deneyler tekrarlanarak basınç farkı ile kütleli debi arasındaki eğriler çizilmiştir.

Şekil 5, kanat açısına bağlı olarak basınç farkı ile kütleli debi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. 3 kanatlı pervanede aynı debide en yüksek basınç farkı 30° kanat açısında görülürken, 4 kanatlı pervanede en yüksek basınç farkı 60° kanat açısında görülmektedir. 5 kanatlı pervanede ise en yüksek basınç farkı 30°'lik kanatta oluşmuştur.



Şekil 4. Deney düzeneğinin şematik görünüşü

Şekil 6'da kanat sayısına göre basınç farkının kütleli debi ile değişimi görülmektedir. Kanat sayısının artması akış alanını daraltarak pervanenin daha yavaş dönmeye sebep olmaktadır, bu ise aynı debide basınç farkının daha düşük olmasına yol açmaktadır. 15° ve 30° kanat açıları da 3 kanatlı pervane daha hızlı dönerken, 60° kanat açısında ise 4 kanatlı pervanenin daha hızlı döndüğü görülmüştür.



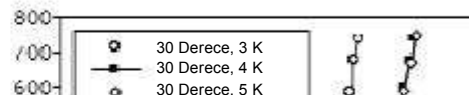
Kütleli debi (kg/s)

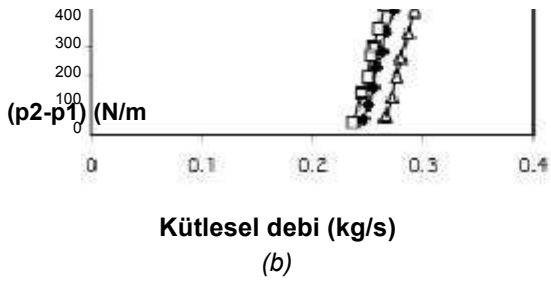
(a)



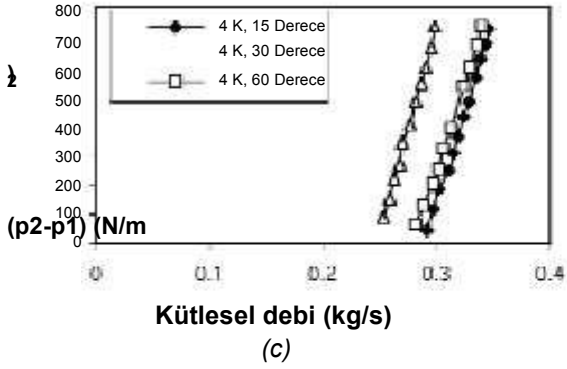
Kütleli debi (kg/s)

(a)

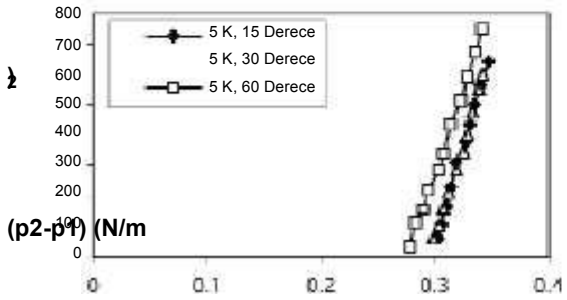




(b)

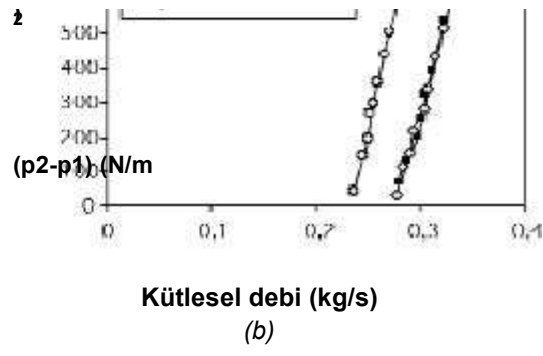


(c)

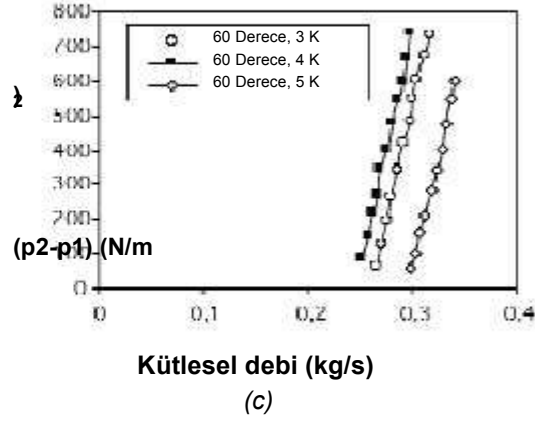


Şekil 5. Kanat açısına göre basınç farkı-kütlesel debi değişimi

(a) 3 Kanat (b) 4 Kanat (c) 5 Kanat



(b)



(c)

Şekil 6. Kanat sayısına göre basınç farkı-kütlesel debi değişimi

(a) 15 Derece (b) 30 Derece (c) 60 Derece

Bu çalışmanın amacı, pervanenin dönme hızını etkileyen kanat açısı ile kanat sayısı arasındaki optimum değeri bulmak değil, bu yöntemin debi tayininde kullanılabilirliğini araştırmak ve arzu edilen debi aralığında hangi pervanenin kullanıl

ması gerektiğini tayin etmektir.

4. DEĞERLENDİRME

Diferansiyel basınçölçerlerde debi-basınç düşüşü ilişkisi şeklindedir. Türbin tip akış ölçerlerde ise bu ilişki olarak bulunmuştur. Debi ile basınç düşüşü arasındaki bu lineer ilişkinin ölçme hassasiyetini de artıracığı söylenebilir. Debi ölçer, C2 değerinden daha küçük debileri ölçemez. Bu kritik debinin üzerindeki debilerde bu yöntemin geçerli olacağı görülmektedir. Ayrıca bu tip debi ölçerlerde, pervanede kullanılan kanat sayısı, kanat açısı gibi faktörler formüldeki C1 ve C2 katsayılarının değişmesine yol açacaktır. Dolayısıyla debi ölçümü amacıyla bir sisteme yerleştirmeden önce, bu tip ölçerler kalibre edilmelidir.

Bu tip debi ölçerler genellikle büyük kesitli borularda ve büyük debilerin ölçümünde kullanılabilir. Hassas sonuçlar verebilirler. Ancak çok uzun periyottaki kullanımlarda meydana gelecek aşın

KAYNAKLAR

- 1) Tse, Francis S. and Morse, Ivan E. "Measurement and Instrumentation in Engineering", Marcel Dekker, Inc., New York, 1989.
- 2) Miller, R.W., "Flow Measurement Engineering Handbook", McGraw-Hill, New York, 1983.
- 3) Hayward, Alan T.J. "Flowmeters", Macmillan Pub., Hong Kong, 1984.
- 4) Collett, C.V. and Hope, A.D., "Engineering Measurements", Longman Scientific & Technical, Singapore, 1987.

malar ölçme hassasiyetini düşürecektir. Bu du -
rumda yeniden kalibre edilmeleri gerekecektir.