

## AÇIK KANALLARDA HIZ ÖLÇÜM CİHAZLARININ KULLANIMI VE KARŞILAŞTIRILMASI

*Mehmet Ardiçhoğlu<sup>1</sup>, Özgür Öztürk<sup>1</sup>, Aslan Yakupoğlu<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri, TÜRKİYE  
Tel: 352 4374901, E-mail:mardic@erciyes.edu.tr

### ÖZET

Doğal veya insan eliyle yapılan açık kanallarda akışkan hareketinin belirlenmesi meteorolojik, hidrolojik ve endüstriyel birçok olayın incelenmesinde gereklidir. Su kaynaklarının yönetimi, su yapılarının planlama ve işletme çalışmaları sırasında su miktarı özellikle hacimsel ve kalite bakımından incelenmelidir. Açık kanal akımlarında yapılan hız ve debi ölçümlerindeki hassasiyet, kısıtlı olan su kaynaklarının doğru ve amacına uygun olarak kullanılması bakımından önemlidir. Fiziksel büyüklüklerin ölçümlerinde her zaman belirsizlikler, hatalar söz konusudur. Bu belirsizliklerin bir kısmı ölçüm aletlerinin kalibrasyonundan bir kısmı ise ölçümler sırasında yapılan hassasiyet eksikliklerinden kaynaklanır. Ölçme cihazının ve yönteminin seçiminde hassasiyet, kapasite aralığı, kullanım kolaylığı ve fiyat başta olmak üzere çeşitli etkenler rol oynar. Bu çalışmada açık kanal akımlarında hız ölçümleri için yaygın olarak kullanılan üç farklı aletin özellikleri, ölçüm metotları ve ölçüm sonuçları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık kanal, Hız ölçümü, ADV, Propeller, Pitot tüpü

### 1. AÇIK KANALLARDA HIZ ve DEBİ ÖLÇÜMÜ

Açık kanal akımları, akım kesitinin tamamen katı sınırla çevrelenmediği, atmosfer basıncına maruz serbest yüzey gösteren akımlardır. Akarsular, sulama kanalları, kanalizasyon boruları, drenaj borularındaki akımlar açık kanal akımlarına örnek olarak verilebilir. Doğal akarsularda ve laboratuarda yapılan su hareketinin ve miktarının belirlenme çalışmaları su kaynaklarının yönetimi ve su yapılarının planlama, işletme çalışmaları için gereklidir. Artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte su kaynaklarının yönetimi ve planlanması daha da önem kazanmıştır [1]. Suyun yeryüzündeki dağılımı ve miktarı, konum ve zamansal olarak kullanımla paralellik göstermemektedir. Yeryüzündeki suyun dağılımının gerek hacimsel olarak gerekse kalite bakımından doğru olarak belirlenmesi evsel, tarımsal ve endüstriyel su ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemlidir. Bu amaçla akarsularda debi ölçümleri; doğrudan debi ölçümleri veya hız-alan ölçümüne dayanan metotlarla iki farklı şekilde yapılmaktadır. Doğrudan debi ölçüm metotlarında debi, kolayca ölçülebilen bir veya iki değişken yardımıyla belirlenir. Doğrudan debi ölçüm metotlarından bazıları; ağırlık ölçümü, manyetik akımölçerler, ventüri savakları şeklinde sıralanabilir. Hız-alan ölçüm metodunda ise belirli bir kesitte akıtılan kütlelerin o kesitteki ortalama hızı ile kesit alanı çarpılarak debi belirlenmesi esastır. Bu yüzden bu metodun en önemli yanı, hız ölçümüdür. Hız ölçümü için pervaneli (propeller tipi), elektriksel metotlar (iletkenlik, sıcak telli anemometreler, sıcak film anemometreleri), Pitot tüpleri, izleyici maddelerle ölçümler, son yıllarda ise Laser Doppler Anemometresi (LDA), Aquatic Doppler Velocitymeter (ADV) ve Particul Image Velocitymeter (PIV) özellikle laboratuvar ölçümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Hız integrasyon metodu ile debi ölçülürken kanal enkesiti dilimlere bölünür. Her bir dilime ait ortalama hız;

$$\bar{v}_i = \frac{\sum a_i}{h} = \frac{\sum \frac{(v_{i-1} + v_i)}{2} h_i}{h} \quad (1)$$

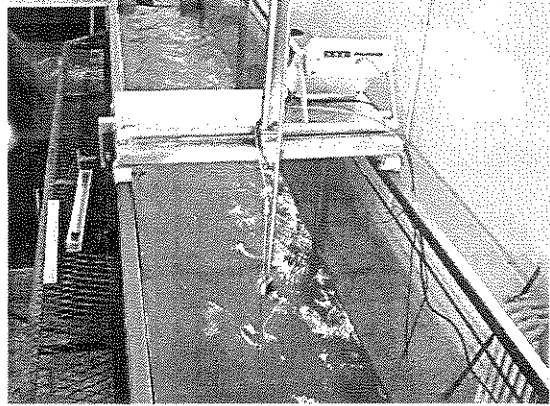
şeklinde hesaplanabilir. Kanal enkesiti üzerinden geçen debi; tüm dilimlerden geçen debilerin toplamından

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n b_i h \bar{v}_i \quad (2)$$

ifadesi yardımı ile hesaplanır. Bu ifadede; ( $b_i$ ) dilim genişliği, ( $h$ ) akım derinliğidir. Bu yöntem oldukça hassas sonuçlar verir [3]. Ancak ölçüm hassasiyeti yatayda ve düşeyde yapılan hız ölçümlerinin sıklığına bağlı olduğundan yorucudur ve fazla zaman kaybına neden olur.

### 1.1. Propeller

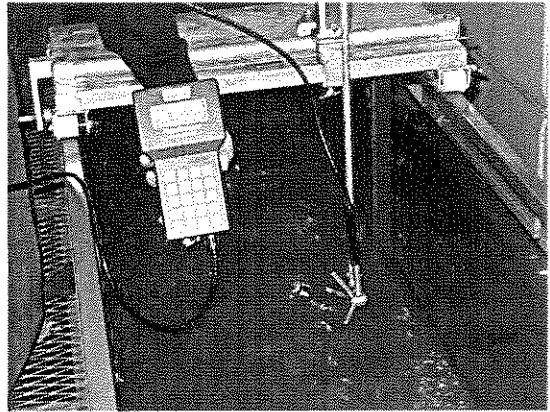
Mini pervaneli başlığın dönme hızı ile akış hızı arasındaki ilişkiyi, dijital veya analog göstergesi yardımı ile frekans (Hz) cinsinden veren bir alettir. Ters akışı hissedebilen pervanelerin akışa paralel olacak şekilde tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada Nixon firmasına ait Streamflo Velocity Meter 400 tipi "Low Speed Propeller Probe" kullanılmıştır. Şekil 1. Noktasal hızın belirlenmesi amacıyla 10 sn de bir ortalama frekans belirlenerek, her nokta için bu işlem 5 defa tekrar edilip ortalaması alınmıştır.



Şekil 1. Propeller

### 1.2. ADV

Ultrasonik ses dalgalarının yayılma prensibini açıklayan doppler prensibinden yararlanarak hız ölçmek için geliştirilen cihazdır. Hareketli bir akışkan içerisinde akışkan hızını tam olarak takip edebilen küçük gaz, duman, katı parçacıklar var ise bu taneciklerden saçılan dalganın frekansının ölçülmesi ile bu taneciklerin dolayısıyla akışkanın hızı ölçülebilir. Bu çalışmada kullanılan SonTek Flow Tracker Handheld ADV marka alet 3 boyutlu hız ölçümü yapabilmektedir. Şekil 2. Akım içerisinde sensörün 10 cm önündeki 6mm çap ve 10mm yüksekliğindeki silindirik bir kontrol hacminin içerisindeki  $v_x$ ,  $v_y$  ve  $v_z$  yi her bir saniyede



Şekil 2. ADV

ölçerek, 10sn ile 1000 sn arasında istenilen zaman aralığında ortalamasını belirlemektedir. Noktasal hız ve debi ölçme fonksiyonları bulunan aletin 4 Mb lık hafızası maksimum 64 data dosyasına ölçüm değerlerini kaydedebilmektedir. Laboratuvar ve arazide ölçüm yapabilen bu alet bilgisayara bağlanarak ölçüm değerlerini kopyalamak ve üzerinde çalışmak mümkün olmaktadır.

### 1.3. Pitot Tüpü

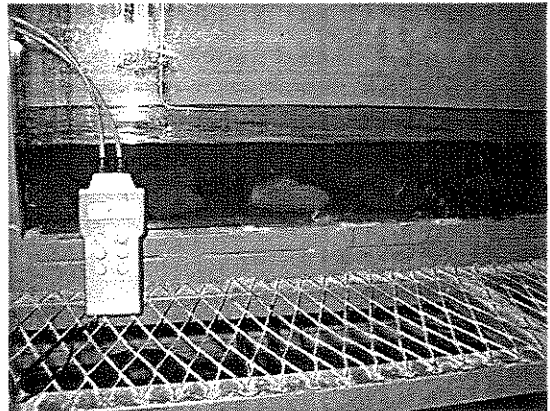
Akım içerisinde herhangi bir noktada statik ve toplam basınçları ölçerek, bu noktadaki hızı belirlemek için pitot tüpü kullanılır. Enerjinin korunumu prensibinden (Bernouilli) yararlanılarak sıkıştırılmaz akışkanlarda hız;

$$v = C \sqrt{\frac{2(p_t - p)}{\rho}} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Bu ifade de C düzeltme katsayısı,  $p_t$  toplam basınç,  $p$  statik basınç,  $\rho$  akışkanın yoğunluğu göstermektedir.

$Re = V_{ort} h / \nu \geq 700$  için C düzeltme katsayısının

%1 hassasiyetle bir değerine eşit olduğu bilinmektedir [4]. Şekil 3 de bu çalışmada kullanılan Armfield firmasına ait pitot tüpü ve elektronik basınçölçer görülmektedir.



Şekil 3. Pitot tüpü

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneyler Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik laboratuvarında bulunan açık kanal modelinde yapılmıştır. Hız ölçümlerinde; Pervaneli hızölçer (Propeller) Şekil 1, Aquatic Doppler Velocitymeter (ADV) Şekil 2 ve

elektronik basınçölçer ile birlikte Pitot tüpü, Şekil 3, kullanılmıştır. Kanaldaki akımın debisi kanala su veren sabit seviyeli haznenin girişindeki boruya yerleştirilen Altosonic UL 600R tipi KROHNE marka debi ölçer yardımı ile belirlenmiştir. Yedi farklı düzenli akım durumunda hız ölçümleri yapılmıştır. Tablo 1 den görüleceği üzere debinin, 10.0-42.4 lt/s aralığında ortama hız 0.189-0.439 m/s olarak belirlenmiştir. h ölçüm yapılan kesitteki akımın derinliğidir. Tablo 1 de 7 farklı akıma ait Fr ve Re sayıları verilmiştir. Bu değerlerden görüleceği üzere kritik altı akım şartlarında, türbülanslı akım durumunda noktasal hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1 Ölçüm değerleri ve noktasal hızların ortalama rölatif farkları

Test No	Q (lt/sn)	h (cm)	V <sub>ort</sub> (m/s)	Fr	Re	V <sub>Propeller</sub> (m/s)	V <sub>ADV</sub> (m/s)	V <sub>Pitot</sub> (m/s)	ε Q-Prop	ε Q-ADV	ε Q-Pit
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	9.98	8.8	0.189	0.203	45126	0.188	0.154	0.186	0.005	0.186	0.013
2	15.07	10.7	0.235	0.229	64960	0.268	0.255	0.280	-0.142	-0.084	-0.194
3	19.99	13.0	0.256	0.227	81559	0.256	0.272	0.281	-0.001	-0.063	-0.096
4	25.12	14.5	0.289	0.242	99034	0.276	0.289	0.290	0.043	-0.001	-0.004
5	29.95	15.9	0.314	0.251	114475	0.284	0.307	0.298	0.097	0.022	0.051
6	39.96	18.6	0.358	0.265	144250	0.327	0.345	0.335	0.088	0.038	0.064
7	42.43	16.1	0.439	0.350	161472	0.424	0.421	0.422	0.034	0.042	0.040
Ortalama=									0.02	0.02	-0.02

Şekil 1 ve 2 de ölçümlerde kullanılan aletlerin bağlanabildiği sehpa görülmektedir. Menba ve mansap vanaları yardımı ile kanaldaki akım düzenli hale getirilerek kanalın 6.metresinde orta kesitte derinlik boyunca hız ölçümleri yapılmıştır. Hız ölçümleri 3 farklı alet için, kanal tabanından 1cm yukarıdan başlayarak 0.5 cm aralıklarla serbest su yüzüne en yakın ölçüm alınabilen derinliğe kadar gerçekleştirilmiştir. Şekil 4 (a)-(g) de 7 farklı akıma ait, 3 değişik alet ile ölçülen derinlik boyunca hız dağılımları verilmiştir.

### 3. BULGULAR

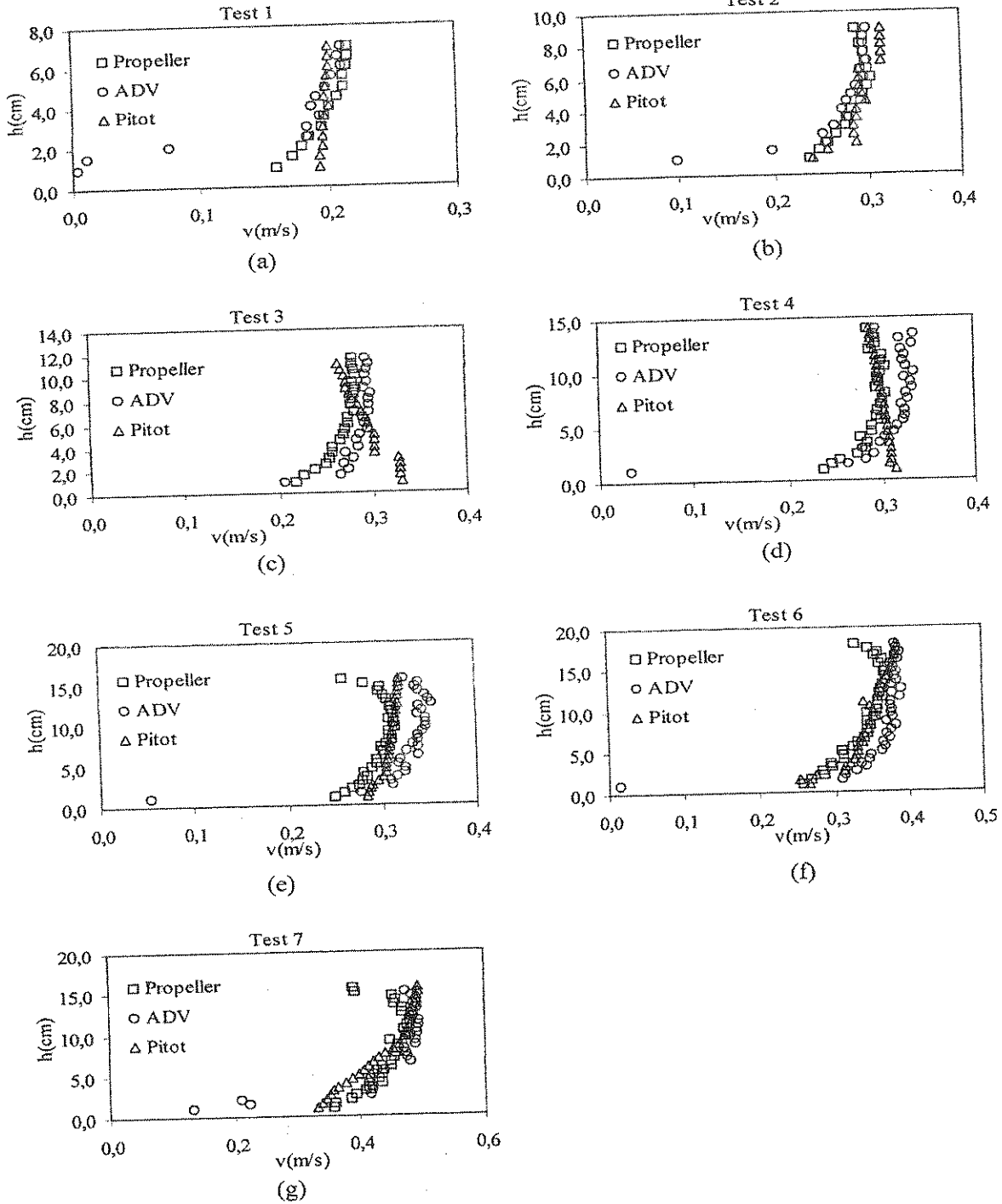
Her bir akım durumunda üç farklı alet ile kanal orta kesitinde ölçülen hızların (1) nolu eşitlik ile hesaplanmış ortalama değerleri Tablo 1 de 7, 8 ve 9. sütunlarda verilmiştir. Hesaplanan ortalama hızların, debi ölçer yardımı ile belirlenen ortalama hız değeri (V<sub>ort</sub>) ile rölatif farkları (4) ifadesi yardımıyla hesaplanarak 10,11 ve 12 sütunlarda verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere Test 1 için ADV ile ölçülen hız dağılımına ait ortalama değer, debi ölçer yardımı ile belirlenen değerden %18.6 büyük olmaktadır. Test 2 ye ait Q-Pitot ilişkisinde rölatif fark -%19.4 olmaktadır. Tüm ölçümlere ait hesaplanan ortalama hızların debi ölçer yardımı ile belirlenen hız değerinden ± %2 farklı olduğu belirlenmiştir. Bu fark aletlerin hassasiyetinden ve deneyler esnasında yapılan ölçüm hatalarından kaynaklanmakta olup kabul edilebilir aralıktadır.

$$\epsilon = \frac{V_Q - V_{\text{Propeller, ADV, Pitot}}}{V_Q} \quad (4)$$

Şekil 4 (a)-(g) de verilen hız dağılımlarından görüleceği üzere ADV ile yapılan ölçümlerde kanal tabanına yakın yerlerdeki hızlar Propeller ve Pitot tüpüne göre düşük değerler vermektedir. ADV nin ölçüm başlığı (Prob) kanal tabanına yerleştirildiğinde ilk ölçüm olan 1 cm deki hız kaydedilmiştir. Bu durumda probtaki küçük eğimin 10 cm önünde ölçüm yapılan kontrol hacminin katı sınır içerisine girmesine ve sağlıklı sonuç alınamamasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ADV ile yapılan ölçümlerde katı sınırın 0.5cm üzerinden başlayarak ölçümlerin alınması daha hassas sonuç elde edilmesi bakımından gereklidir.

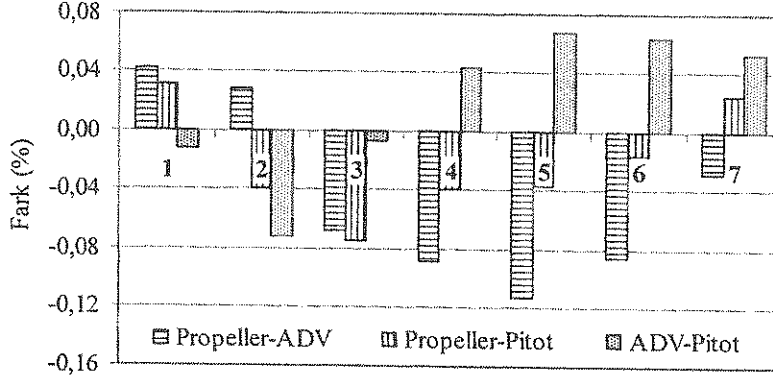
Pitot tüpü ile yapılan ölçümlerde özellikle debinin dolayısıyla hızın düşük olduğu durumlarda derinlik boyunca basınç değişiminin hassas olarak ölçülemediği gözlenmiştir. Düşük debilerde (Test 1-4) derinlik boyunca hızdaki değişim bilinen logaritmik dağılıma uymamaktadır. Yüksek debilerde (Q≥30.0 lt/s) bu dağılımın ADV ve Propeller değerlerine daha iyi uyum sağladığı Şekil 4 (e), (f) ve (g) de görülmektedir. Pitot tüpü ile tabana yakın ölçümler almak ve kayma hızını dolayısıyla kayma gerilmelerini belirlemek mümkün olmaktadır. Propeller yardımı ile yapılan ölçümlerde serbest su yüzünün pervanenin dönmeye etkidiği ve bu bölgede hızda beklenenden fazla düşmenin olduğu (dalma etkisi) gözlenmiştir.

3 farklı alet ile elde edilen eşdeğer derinliklerdeki hız ölçümleri arasındaki rölatif fark, (4) nolu eşitlik yardımı ile irdelenmiştir. Her bir akım durumunda hesaplanan farkların ortalaması Şekil 5 de grafik halinde gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere düşük debilerde Propellerden okunan hızlar ADV ölçümlerinden büyük olmakla birlikte, debi arttıkça ADV yardımı ile derinlik boyunca ölçülen hızlar büyük olmaktadır. Bu iki alete ait tüm ölçümlerde hesaplanan hız farklarının ortalaması  $\sim 4\%$  olarak belirlenmiştir. Propeller ile Pitot tüpü hızları karşılaştırıldığında pitot tüpü genellikle daha büyük hız değerleri vermekte olup tüm akımlara ait farklarının ortalaması  $\sim 2\%$  olarak hesaplanmıştır. ADV ve Pitot tüpü yardımı ile ölçülen hızlar karşılaştırıldığında, düşük debilerde ADV okumaları küçük olmasına rağmen büyük debilerde ADV daha büyük hız değerleri vermektedir. 7 farklı akım durumuna ait hesaplanan hız farklarının ortalaması  $\sim 2\%$  olarak belirlenmiştir.



Şekil 4 (a)-(g) 7 farklı akıma ait 3 değişik alet ile ölçülen hız dağılımları

Ölçüm aletlerinin okumaları arasında en büyük fark Test 5 de Propeller ve ADV arasında gözlenmiş olup bu fark %-11 olarak hesaplanmıştır. En küçük fark ise Test 3 de ADV ve Pitot tüpü arasında gözlenmiş olup bu fark %-0.7 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5 Ölçüm aletleri okumalarının rölatif farkları

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada açık kanal akımlarında hız ve debi ölçmek amacıyla kullanılan 3 farklı aletin özellikleri, ölçüm metodları ve ölçüm sonuçları incelenmiştir. Ele alınan 3 farklı alet ile hesaplanan ortalama hızlar kanala su veren boruya monte edilmiş debi ölçerin verdiği değerden  $\pm$  %2 farklılık göstermektedir. Bu değerler her bir aletin ortalama hız dolayısıyla debi ölçmek için kullanılabilirliğini göstermektedir. ADV ile yapılan ölçümlerde katı sınırın 0.5cm üzerinden başlayarak ölçümlerin alınması daha hassas sonuç elde edilmesi bakımından gereklidir. Pitot tüpü ile yapılan ölçümlerde düşük hızlarda derinlik boyunca basınç değişiminin hassas olarak ölçülemediği gözlenmiştir. Propeller yardımı ile yapılan ölçümlerde serbest su yüzünün pervanesinin dönmesine etkilediği ve bu bölgede hızda beklenenden fazla düşmenin olduğu (dalma etkisi) gözlenmiştir. Ölçüm aletlerinin okumaları arasında en büyük fark Test 5 de Propeller ve ADV arasında gözlenmiş en küçük fark ise Test 3 de ADV ve Pitot tüpü arasında gözlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] K. Ulusoy, "Ticari küreselleşmenin son hedefi su pazarı" Türkiye Mühendislik haberleri, Sayı 419-2002/3.
- [2] R. Thorn, A. Melling, H. Köchner, R. Haak, Z. D. Husain, "Flow Measurements", 1999, <<http://www.engnetbase.com>>.
- [3] U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Water Measurement Manual. A Water Resources Technical Publication, Third edition, 1984.
- [4] O. F Genceli, "Ölçme Tekniği" 1995, Birsen yayınevi, İstanbul, s. 214-216.