



Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi

Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Ercan GEMİCİ

Serkan ÖZDİN

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, KAYSERİ

*Sorumlu Yazar

mardic@erciyes.edu.tr

Özet: Günümüzde artan nüfus, sanayileşme ve tarımsal ihtiyaçlara bağlı su talebi suyun önemini daha da artırmıştır. Bununla birlikte iklimsel ve çevresel faktörler ile yağış akış ilişkisindeki değişimler su kaynaklarının kontrolünü ve kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının, en akılcı şekilde sürdürülebilir kullanımını gerçekleştirebilmek için hem kalite hem de miktar (debi) bakımından akım özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Açık kanal akımlarında debinin belirlenmesinde en sağlıklı yöntem olan hız ölçüm metodu, yoğun emek ve masraf isteyen zahmetli bir iştir. Bu nedenle ölçümlerde kullanılacak dilim sayısına doğru karar vermek iş yükünü azaltacaktır. Ayrıca debi hesabında gerekli olan akımın ortalama hızını belirlemek için, su yüzü hızı gibi daha kolay ölçülebilir parametreler ile arasındaki ilişkinin tespiti gereklidir. Bu amaçla Kızılırmak nehrinin yan kollarında seçilen 5 farklı istasyonda, 10 farklı akım şartlarında gerçekleştirilen ölçüm sonuçları ele alınmıştır. Enkesit alanları 1 ila 19 farklı dilime bölünerek her bir dilimde ölçülen ortalama hızlar ile debiler hesaplanmıştır. Dilim sayısının akımın debisine etkisi irdelenmiştir. Debinin sağlıklı olarak bulunmasında zaman tasarrufu da göz önüne alınarak enkesiti beş dilime ayırmanın yeterli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Su yüzü hız ile ortalama hız arasındaki ilişki sorgulanmıştır. Literatürde belirtilen Ortalama hız/su yüzü hızı =0,85-0,90 katsayılarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Akarsu, debi, su yüzü hızı, ADV

Discharge Determination In Natural River

Abstract: In recent years, the importance of water has been increasing due to rising water demands which is related to higher population, industrialization and agricultural developments. However, the changes in the relation between rain fall and run off along with climatic and environmental parameters complicate the control and usage of water resources. For this reason, the flow properties must be determined in order to carry out wisely sustainable usage of water resources in terms of both quantity and quality. The velocity measurement, which is the best correct method to calculate discharge in open channel flow, is a duty requiring high effort and expense. Hence, correctly deciding on the slice number to be used in the measurements will decrease workload. Additionally, to compute the mean velocities which are needed to calculate flow discharge, a relationship between mean velocities and water surface velocity that can be measured easily must be determined. For this purpose, the measurement results obtained in the Kızılırmak River side branches and at five different stations and at 10 different flow conditions are considered. Dividing the cross sections into 1 to 19 different slices, discharge is computed through the mean velocities measured at each slice. The effect of number of slice on the flow discharge is examined. It is determined that dividing the cross section into five slices is enough for healthy determination of discharge taking into account time. Further, the relationship between water surface velocity and mean velocity is examined. The ratio of 0.85-0.90 for water surface velocity and mean velocity stated in the literature has been found high.

Keywords: River, Discharge, water surface velocity, ADV

GİRİŞ

Canlı hayatının devamı için ana gereksinimlerin başında gelen su, günümüzde giderek daha da önemli bir hale gelmiştir. Nüfus artışına paralel olarak gelişen sanayileşme ve tarımsal faaliyetler su ihtiyacının artmasına sebep olmuştur. Gelişen sanayi ve buna bağlı çevresel etkiler, düzensiz kentleşme, küresel ısınma ve benzeri faktörler su kaynaklarının kontrolünü ve kullanımını oldukça zorlaştırmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak için hem kalite hem de miktar olarak suyun özelliklerinin belirlenmesi ve takip edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde son 20 yılda kişi başına düşen su miktarı 4000 m³/yıldan, 1430 m³/yıla düşmüştür. Dünya standartlarına göre bir ülkenin su zengini sayılabilmesi

için kişi başına düşen su miktarının 8000-10000 m³/yıl olması gerektiği düşünüldüğünde ülkemizin su bakımından zengin olmadığı, su stresi çeken ülkeler arasında yer aldığı görülmektedir. Türkiye’de suyun %72’si tarım, %18’i evsel kullanımlarda ve %10’u endüstride kullanılmaktadır. Önümüzdeki 20 yılda tarım için kullanılan su miktarının %75 artması beklenmektedir. Hâlihazırda sulanan alanların %94’ünde açık kanal sistemleri, %6’lık kısımda ise basınçlı sulama sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemlerden geçen suyun düzenli ve güvenilir ölçümlerle kayıt altına alınması, su kullanımında verimliliği artırmak için gereklidir. [1].

Açık kanal akımlarında, özellikle de doğal akarsularda kanal kesitinin düzensiz olması, taban pürüzlülüğünün ani değişiklikler göstermesi, akımın türbülanslı olması gibi etkenler Manning denklemi gibi ampirik ifadelerin

kullanılmasında güçlükler oluşturarak hassas sonuçlar elde edilmesini engellemektedir. Akarsularda debi ölçümleri; doğrudan debi ölçümleri veya hız-alan ölçümüne dayanan yöntemler kullanılarak iki farklı şekilde yapılmaktadır. Doğrudan debi ölçüm yöntemlerinde debi, kolayca ölçülebilen bir veya iki değişken yardımıyla belirlenir. Doğrudan debi ölçüm yöntemlerinden bazıları; ağırlık ölçümü, manyetik akımölçerler, ventüri savakları şeklinde sıralanabilir. Hız-alan ölçüm yönteminde ise akarsuyun belirli bir kesitinden geçen debi; ele alınan kesitteki ortalama hız ile kesit alanı çarpılarak belirlenir. Kesite ait ortalama hızın belirlenmesi için farklı alet ve metodlar kullanılmaktadır [2]. Bu aletlerden günümüzde en yaygın kullanılanları, pervaneli (muline) ve ultrasonic (ADV, ADCP) ölçüm cihazlarıdır. Yoğun emek ve zaman gerektiren bu yöntemde debinin belirlenmesi için kesit dilimlere ayrılarak her bir dilim için ortalama hız ve debi hesaplanır. Dilimler için hesaplanan debiler toplanarak kesitten birim zamanda geçen debi m³/s veya lt/s cinsinden belirlenir.

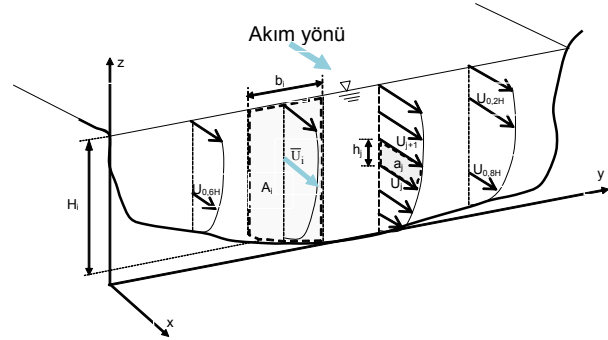
Literatürde hız alan yöntemi ile debi belirlenirken, en kesitin her bir dilimden toplam debinin %10'unu geçmeyecek şekilde bölünmesi gerektiği tavsiye edilmektedir [2]. Bu da enkesitin en az 10 dilime ayrılması ve her bir dilim için de ortalama hızın ölçülmesi demektir. ABD de 1950 li yıllarda o zamanın mekanik aletleri ile yapılan bu değerlendirmenin günümüzde daha hassas ve hızlı ölçüm yapabilen elektronik aletler ile ülkemizdeki nehirler için sorgulanmasına literatürde rastlanılmamıştır. Ele alınan düşeydeki ortalama hızın belirlenmesi için sığ sularda (derinliği 50-60cm yi geçmeyen) en az bir ölçüm (yüzeyin 0.6H derinliğinde), derin sularda ise iki ölçüm (yüzeyin 0.2H ve 0.8H derinliğinde yapılan ölçümlerin ortalaması) yapılması gerekmektedir. Bu hız ölçümleri ise yoğun emek ve zaman gereksinimi demektir. Sunulan çalışmada akarsu kesitinden geçen debinin belirlenmesi için enkesitte ele alınacak dilim sayısı optimize edilmiştir. Dilim sayısı ile kesit oranı T/H_{\max} arasındaki ilişki belirlenmiştir. Burada T:serbest su yüzü genişliği, H_{\max} : kesit en derin su yüksekliğini göstermektedir. Ayrıca serbest su yüzü hızı (U_{sy}) yüzen cisim metoduyla ölçülerek, ortalama hız ile ilişkisi yine kesit oranına (T/H_{\max}) bağlı incelenmiştir.

Hız Alan Yöntemi İle Debi Hesabı

Hız alan yöntemi ile debi belirlenirken, kanal enkesiti düşey dilimlere bölünür. Her bir dilime ait ortalama hız, \bar{U}_i , derinlik boyunca ölçülen hızlardan Şekil 1 den görüleceği üzere (1) ifadesi yardımı ile hesaplanabilir. Burada U_{j+1} ve U_j ele alınan düşeydeki ardışık hızlar, h_j bu iki hız ölçüm noktası arasındaki uzaklık, a_j ardışık iki hız eğrisi arasındaki alan, ve H_i ölçüm yapılan düşeye ait akım derinliğidir.

$$\bar{U}_i = \frac{\sum a_j}{H_i} = \frac{\sum \frac{(U_j + U_{j+1})}{2} h_j}{H_i} \quad (1)$$

Bu dilime ait debi (q_i); dilim genişliği (b_i), akım derinliği (H_i) ve dilime ait ortalama hız (\bar{U}_i) olmak üzere aşağıdaki gibi belirlenir.



Şekil 1 Akarsu enkesitinde ölçüm yapılan düşeylerde ortalama hızın hesabı

$$q_i = b_i H_i \bar{U}_i \quad (2)$$

Kanal enkesiti üzerinden geçen debi Q, tüm dilimlerden geçen debilerin, q_i , toplamından (3) ifadesi yardımı ile hesaplanabilir. Burada n, enkesitte belirlenen dilim sayısıdır.

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n b_i H_i \bar{U}_i \quad (3)$$

Ele alınan düşeyde (1) ifadesi ile hesaplanan derinlik boyunca ölçülen hızların ortalamasının, su yüzeyinden 0.2H ve 0.8H derinliklerde ölçülen (Şekil 1) iki hız ortalamasına yakınsadığı bilinmektedir. Ölçüm yapılan düşeyde belirlenen bu iki derinlikteki hızların ortalaması ile (2) ve (3) ifadeleri kullanılarak kanal enkesitinden geçen debi hesaplanabilmektedir. Literatürde bu yöntemin oldukça iyi sonuçlar verdiği bildirilmektedir [3]. Derinliği az olduğu sığ sularda ($H < 50-60$ cm) su yüzünden 0.6H derinlikte ölçülen hızın ele alınan düşeydeki ortalama hızı temsil etmekte ve yine (2) ve (3) ifadeleri kullanılarak kesitten geçen debi belirlenebilmektedir.

Akarsularda serbest su yüzü hızının belirlenmesi ortalama hızla göre çok daha kolaydır. Su yüzeyinde çok ağır olmayan ve yüzey hızı ile yaklaşık aynı hızda hareket edebilen yaprak, dal parçası vb. cisimlerin belirli bir mesafeyi (10-15m) alma süreleri (s_n) kolaylıkla belirlenebilir. Bu işlem 5-10 kez tekrar edilerek yüzen cismin birim zamandaki kat ettiği yol yani serbest su yüzü hızı, U_{sy} , (m/s) ortalama alınarak hesaplanabilir. USGS tarafından bu amaçla yapılan çalışmalarda doğal akarsularda ortalama hız/su yüzü hızı (\bar{U}/U_{sy}) oranının $k = 0.85-0.86$, yapay kanallarda $k = 0.90$ olarak alınabileceğini vurgulamıştır [2]. Dolayısıyla kolaylıkla ölçülebilen serbest su yüzü hızı (U_{sy}) ile yine kolaylıkla belirlenebilen ıslak enkesit alanı (A) verilen bu düzeltme katsayıları ile çarpılarak akarsu enkesitinden geçen debi 4 formülü ile kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

$$Q = k A U_{sy} \quad (4)$$

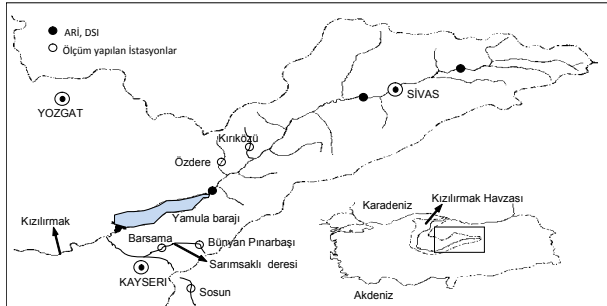
Literatürde doğal akarsularda, $k =$ ortalama hız/su yüzü hızı ($=\bar{U}/U_{sy}$) oranı ülkemiz akarsuları için sorgulanmamıştır. Yine akarsularımızdaki k katsayısının akım derinliği, H, Kanal kesit oranı (T/H_{\max}), eğimi

(S_{sy}), Froude sayısı (Fr) gibi akım özelliklerini gösteren parametreler ile değişip değişmediği incelenmemiştir.

Arazi Ölçümleri

Akım ölçümleri Kayseri ili sınırları içerisinde Kızılırmak ve Seyhan Havzalarında, 4 farklı dere üzerinde 5 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir: Kızılırmak havzasında bulunan Sarımsaklı deresi üzerinde iki adet istasyonda (Bünyan Pınarbaşı ve Barsama istasyonları) ikişer farklı zamanda hız ölçümleri yapılmıştır Şekil 2. Yine Kızılırmak havzasında bulunan Özdere üzerindeki istasyonda iki ve taşlık deresi üzerinde bulunan Kırıközü istasyonunda iki farklı zamanda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Seyhan havzası üzerinde, Kayseri'nin güney doğusunda bulunan Sosun deresi üzerindeki istasyonda da iki kez ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlere ait akım özellikleri Tablo 1 de sunulmuştur. Tabloda istasyonların ismi ve ölçüm yapıldığı tarihler verilmiştir. Tablodaki MDS; enkesit maksimum dilim sayısı, Q; maksimum dilim sayısı ile hesaplanan kesitten geçen debi, \bar{U} ($= Q/A$) ortalama akım hızı ve A; kesit ıslak alanı, U_{sy} ; serbest su yüzü hızını T; kesitteki su yüzü genişliği, H_{mak} ; kesitteki maksimum su derinliği, S_{sy} ; su yüzü eğimi, Re ($= 4\bar{U}R/\nu$) Reynolds sayısı, buradaki R ($= A/P$) hidrolik yarıçap, P ıslak çevre, ν ; kinematik viskozite, Fr ($=$) Froude sayısı, g; yerçekimi ivmesini göstermektedir. Tablodan görüleceği üzere tüm ölçümlerde akım kritik altı – nehir rejiminde ve türbülanslıdır.

Ölçümlerde Sontek, USA, tarafından üretilmiş



Şekil 2. Ölçüm yapılan akarsular ve istasyon yerleri

Flowtracker Handheld ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) kullanılmıştır. Alet Ultrasonik ses dalgalarının yayılma prensibini açıklayan doppler prensibinden yararlanarak hız ölçmektedir. ADV cihazının, LCD ekranı, bilgi girişi ve cihazın kontrolünde kullanılan düğmelerin bulunduğu kontrol ünitesi, veri aktarma bağlantısı ve 3 boyutlu ölçüm başlığı bulunmaktadır. Ölçüm başlığının 10 cm önündeki 6mm çap ve 10mm yüksekliğindeki silindir bir kontrol hacminin içerisindeki u_x , u_y ve u_z yi her bir saniyede ölçerek, 10sn ile 1000sn arasında istenilen zaman aralığında ortalamasını belirlemektedir. Burada u_x , u_y ve u_z ölçüm yapılan noktadaki sırasıyla; akım yönünde, yanal doğrultuda ve düşey doğrultulardaki hız bileşenleridir Şekil 1. Ölçüm hız aralığı $\pm 0.001-5\text{m/s}$ olup $\pm\%1$ hassasiyette, tabii nehirlerde, sulama kanallarında, atık su kanallarında ve laboratuarda ölçüm yapabilmektedir. Şekil 3 de ölçüm yapılan istasyonda ADV ile hız ve kesit geometrik özelliklerinin belirlenmesine ait örnek bir resimler verilmiştir.

Ele alınan 5 istasyonda yapılan 10 farklı ölçümde, enkesit maksimum 10 ila 19 dilime bölünmüştür. Şekil 4 de Barsama_2 ölçümüne ait enkesitin 19 dilime bölünmüş şekli ve hız ölçümü yapılan düşeyler gösterilmiştir. Her bir dilimdeki ortalama hızlar düşeyin 0,2H–0,8H

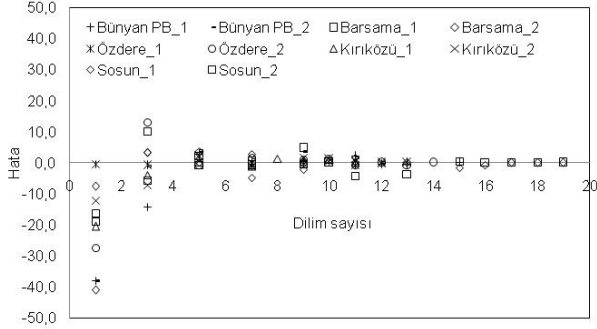


Şekil 3 Bünyan Pınarbaşı istasyonunda yapılan 2. ölçüme ait resim

Tablo 1 Ölçüm yapılan istasyonlardaki akım özellikleri

İstasyon	Tarih	MDS	Q	\bar{U}	U_{sy}	T	H_{mak}	S_{sy}	Re	Fr	\bar{U}/U_{sy}
-	gün/ay/yıl	-	m^3/s	m/s	m/s	cm	cm	-	-	-	-
Bün. Pb_1	16.05.2010	15	0.978	0.344	0.611	400	86	0.0024	677137	0.384	0.563
Bün. Pb_2	20.06.2010	12	0.636	0.252	0.540	390	79	0.0010	466863	0.387	0.467
Barsama_1	24.03.2010	19	1.807	0.742	1.516	860	38	0.0146	728982	0.118	0.490
Barsama_2	18.04.2010	19	2.247	0.794	1.880	880	43	0.0122	883151	0.091	0.422
Özdere_1	25.04.2010	14	0.676	0.405	0.975	310	74	0.0093	575298	0.304	0.415
Özdere_2	23.05.2010	13	0.301	0.226	0.611	290	63	0.0087	317193	0.279	0.370
Kırıközü_1	25.04.2010	12	0.479	0.617	1.043	260	42	0.0078	567207	0.141	0.592
Kırıközü_2	23.05.2010	11	0.398	0.560	0.834	240	41	0.0085	506947	0.220	0.672
Sosun_1	24.03.2010	11	0.345	0.306	0.630	288	48	0.0026	404779	0.150	0.485
Sosun_2	18.04.2010	10	0.513	0.506	0.927	230	54	0.0074	745684	0.091	0.546

Şekil 5 de ölçüm yapılan istasyonlardaki debi hesabında kullanılan dilim sayıları ile (5) formülü yardımı ile hesaplanan hata oranları grafik olarak verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere 10 farklı akım durumunda enkesitin 5 dilime bölünmesi halinde farklar %5 den küçük olmaktadır.



Şekil 5. Ele alınan ölçümler için dilim sayısı hata dağılımı

Su yüzü hızı-ortalama hız ilişkisi

Bölüm 3 de bahsedildiği üzere 10 farklı akım durumunda su yüzü hızları akım ile beraber hareket eden küçük dal parçacıklarının 10m mesafeyi alması için gereken sürelerin belirlenmesi ile hesaplanmıştır. Her bir kesit ve akım durumunda bu işlem 10 ar kez yapılarak ortalama değerler (U_{sy}) Tablo 1 de verilmiştir. Tabloda ortalama hız/su yüzü hız oranları da (\bar{U}/U_{sy}) son sütunda verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde istasyonlardaki ortalamalar sırasıyla 0.51, 0.46, 0.39, 0.63 ve 0.52 olmakta, tüm istasyonlar için ise ortalama değer $k=0.50$ olmaktadır. Hesaplanan bu değerlerin literatürdeki 0.85–0.90 değerlerine göre küçük olduğu görülmektedir. Hesaplanan k oranlarının; derinlik (H_{mak}), eğim (S_{sy}), kesit oranı (T/H_{mak}) ve Froude sayısı (Fr) gibi akım özellikleri ile bir ilişkisine rastlanmamıştır.

SONUÇ

Akarsularda debinin belirlenmesi amacıyla doğru sonuçlar veren ve sıklıkla başvurulan hız alan yöntemleri yoğun emek ve zaman istemektedir. Bu çalışmada debinin belirlenmesinde daha az emek ve zaman kaybının azaltılması için ölçümlerdeki dilim sayısı sorgulanmıştır. Dört farklı akarsu üzerinde, beş farklı istasyonda, değişik zamanlarda gerçekleştirilen on ölçüm için ideal dilim sayısı ve hız ölçümü yapılacak düşey sayısı beş olarak belirlenmiştir. Dilimler belirlenirken akarsu orta kesitindeki su yüzü genişliğinin %10 luk bölümü bir dilim, sağ ve sol sahillerde aynı oranda olmak üzere ise sırasıyla %20 ve %25 lik iki şer dilimin kullanılmasının uygun olacağı görülmüştür. Tüm akım durumlarında yüzen cisim yöntemi ile su yüzü hızları belirlenerek, ortalama hız/su yüzü hız oranları ($k=\bar{U}/U_{sy}$) hesaplanmış ve ortalama değer 0.50 olarak hesaplanmıştır. Bu değer literatürde belirtilen 0.85–0.90 değerinin altında olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Uzunlu V., Türkiyede Sulama Politikaları ve Tarımda Suyun Kullanılması, 2003, Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları Paneli, Su Vakfı, İstanbul.
- [2] Rantz SE. 1982a-b. Measurement and Computation of Streamflow, Vol. 1-2, Measurement of Stage and Discharge. Geological Survey Water-Supply Paper 2175, U.S. GPO, Washington, DC.
- [3] Ardıçlıoğlu, M., Ozdin S. Gemici E. Kalin L., "Determination of Flow Properties in Shallow Flow River", Dryland Hydrology: Global Changes and Local Solution, Arizona Hydrological Society Symposium, 1-4 September 2010, Tucson, AZ, USA.
- [4] Sauer, V. B. and Meyer, R. W., 1992: Determination of error individual discharge measurements, U.S. Geol. Surv. Open-File Rpt., 92-14.