



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞAL AKARSULARDA AKIM ÖZELLİKLERİNİN ENTROPİ
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Serkan ÖZDİN**

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2012
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞAL AKARSULARDA AKIM ÖZELLİKLERİNİN
ENTROPİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Serkan ÖZDİN**

**Danışman
Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FBA-09-793 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2012
KAYSERİ**

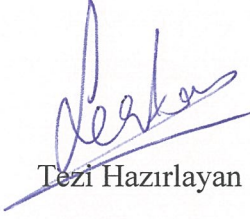
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı : Serkan ÖZDİN

İmza :

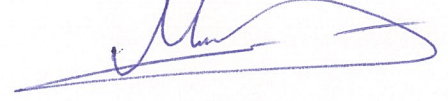


“Doğal Akarsularda Akım Özelliklerinin Entropi Yöntemi ile İncelenmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.



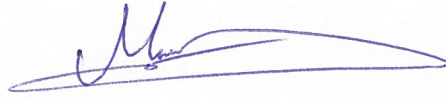
Tezi Hazırlayan

Serkan ÖZDİN



Danışman

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU



İnşaat Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU danışmanlığında **Serkan ÖZDİN** tarafından hazırlanan “**Doğal Akarsularda Akım Özelliklerinin Entropi Yöntemi ile İncelenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

31/05/2012

JÜRİ:

Danışman :Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Üye :Prof. Dr. Özgür KİŞİ

Üye :Doç. Dr. Kamil AYDIN

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 12/06/2012 tarih ve 2012/25-02 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI
Fen Bilimleri Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Doğal Akarsularda Akım Özelliklerinin Entropi Yöntemi ile İncelenmesi ” adlı tezimin önerilmesi, yönlendirilmesi ve tamamlanmasında yoğun çalışma programına rağmen vakit ayırıp yardım ve ilgisini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım danışmanım ve bölüm başkanımız değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU’na teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek lisans eğitimin süresince emeği geçen Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde görev yapan değerli hocalarıma teşekkür ederim. Tez çalışmamın gerçekleştirilmesi adına verdikleri destekler için Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederim.

Tezde kullanılan verilerin toplanması aşamasında beraber çalıştığımız Sayın Arş. Gör. Ercan GEMİCİ’ye, değerli arkadaşlarım Halil İbrahim ÖZDEMİR, Emrah ACI ve Mehmet HÖTELEK’e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme de, özellikle bana gösterdikleri sabır ve güven için çok teşekkür ederim.

Serkan ÖZDİN

Kayseri, Haziran 2012

DOĞAL AKARSULARDA AKIM ÖZELLİKLERİNİN ENTROPİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Serkan ÖZDİN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2012

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

KISA ÖZET

Doğal akarsularda akım özelliklerinin incelenmesi konusunda günümüze kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Akım özelliklerinin belirlenmesi, kanal boyutlandırılmasında, taşınan sediment miktarının belirlenebilmesinde ve akarsuyun taşıdığı su potansiyelinin bilinmesi bakımından önemlidir. Her geçen gün kullanılabilir su ihtiyacı daha da artan dünyamızda özellikle tatlı su kaynaklarından olan akarsular daha da önem kazanmıştır. Bu tatlı suların korunması, sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi için akım özelliklerinin miktar ve kalite bakımından takibi kaçınılmaz olmaktadır.

Bu tez kapsamında Kayseri ili sınırları içerisinde, Kızılıрмаğın yan kolları üzerinde dört farklı istasyonda akım ölçümleri yapılmıştır. Ele alınan istasyonlarda, kanal en kesiti ve boykesit profilleri belirlenmiştir. Dört istasyonda 32 farklı zamanda gerçekleştirilen bu ölçümlerde ADV(Acoustic Doppler Velocitimeter) hız ölçüm cihazı kullanılmıştır. Derinlik boyunca gerçekleştirilen hız ölçümleri düşey ortalama hızların bulunmasında kullanılmış ve hız-alan yöntemi ile debiler hesaplanmıştır. Hız alan yöntemi ile kesitlerden geçen gerçek debiler belirlenmiştir. Ele alınan ölçümlerde debi hesabı 6 farklı yöntem ile de kontrol edilmiştir. Dilim ortalama hızlarının bulunmasında $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ derinliklerinde ölçülen hızlar kullanılarak debi hesabı yapılmıştır. Debi hesabında kullanılan diğer yöntemler ise anahtar eğrilerinin belirlenmesi ve Manning denklemi olmuştur. Bir diğer yöntemde ise ölçülen su yüzü hızları kullanılarak debiler hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile debi hesabı için her bir kesite ait entropi parametreleri M' ler hesaplanarak kesitte ölçülen u_{mak} yardımı ile debiler hesaplanmıştır. Bu debi değerleri hız- alan yöntemiyle belirlenen gerçek debiler ile karşılaştırılmıştır.

Ele alınan istasyon ve ölçümlerde hız dağılımlarının belirlenmesi amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan logaritmik, üstel ve entropi dağılımları incelenmiştir. Bu dağılımlara ait parametreler belirlenerek, dağılımların ölçüm değerlerini ne derece temsil ettiği belirlenmiştir. Tüm akım durumlarında ölçüm değerleri ile yöntemlere ait hızlar arasındaki ortalama farklar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Debi, Hız Dağılımı, Akım Özellikleri, Entropi.

INVESTIGATION OF FLOW PROPERTIES BY ENTROPY CONCEPT IN NATURAL RIVERS

Serkan Özdin

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

M. Sc. Thesis, June 2012

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Ardiçlioğlu

ABSTRACT

Many research works have been performed to investigate the flow properties in natural rivers until now. Determination of flow properties is important for the canal design, the computation of sediment amount and the identification of water potential carried by the river. In a world where the need for usable water is ever increasing, rivers that are one of the fresh water resources have gained importance. In order to save these fresh waters and to ensure their sustainable use, the follow-up of flow properties in terms of amount and quality has become inevitable.

In this study, the river flow measurements have been carried out at four different stations on the side branches of Kızılırmak River within the city limits of Kayseri. For this purpose, the cross section and longitudinal section profile of canal of each station has been determined. In these measurements taken at four different stations and thirty-six different times, the velocity measuring device, Acoustic Doppler Velocimeter (ADV), has been used. The calculation of discharge in the measurements has been done by six different methods. The discharge passing from these segments has been calculated by using velocity-area method. To find the mean velocity, the velocities at the heights of $0.2-0.8H$ and $0.6H$ have been used. The other methods employed in discharge calculations were the determination of key curves and Manning equation. In another method, discharge is calculated by using surface water velocity. By the help of entropy, entropy parameters belonging to each station, discharges were calculated by u_{max} . These discharges are compared with velocity area method.

In order to obtain the velocity distributions in the mentioned stations and measurements, the logarithmic, exponential and entropy distributions that have been frequently used in the literature have been investigated. Determining the parameters of these distributions, the ability of the distributions in representing the measurement values has been examined. Mean differences between measured and calculated velocities have been consequently determined for all flow conditions.

Keywords: Discharge, Velocity distribution, Flow properties, Entropy.

İÇİNDEKİLER

DOĞAL AKARSULARDA AKIMI ÖZELLİKLERİNİN ENTROPİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
TEŞEKKÜR	v
KISA ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xviii
 GİRİŞ	 1

1. BÖLÜM GENEL BİLGİLER

1.1. Literatür Taraması	4
-------------------------------	---

2. BÖLÜM GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Debi Hesap Yöntemleri.....	21
2.1.1. Hız Alan İntegrasyon Yöntemi.....	21
2.1.2. Anahtar Eğrisi Yöntemi.....	23
2.1.3. Manning Denklemi	25
2.1.4. Su Yüzü Hızı ile Debi Hesabı	27
2.1.5. Entropi Yöntemi ile Debi Hesaplanması	27
2.2. Akarsularda Hız Dağılımı	28

2.2.1. Logaritmik Dağılım	28
2.2.1.1 Cilalı ve Pürüzlü Akım Şartları	30
2.2.1.2 Cilalı Akımlarda Hız Dağılımı	31
2.2.1.3. Viskoz Alt Tabakada Çözüm	32
2.2.1.4. Türbülanslı Bölgede Çözüm	33
2.2.1.5. Pürüzlü Açık Kanal Akımlarında Hız Profili	34
2.2.2. Üstel Dağılım	35
2.2.3. Entropi Dağılımı	36
2.3 Acoustic Doppler Velocimeter (ADV)	37

3. BÖLÜM BULGULAR

3.1. Arazi Çalışmaları	40
3.1.1. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu (BP)	41
3.1.2. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu (SB)	45
3.1.3. Felahiye Özdere İstasyonu (OD)	49
3.1.4. Özvatan Kırıközü İstasyonu (KO)	52
3.2. Debi Hesabı	56
3.2.1 Dilim Yöntemi ile Debi Hesabı	57
3.2.2. Anahtar Eğrisi	60
3.2.3. Manning Denklemi	64
3.2.4. Su Yüzü Hızı ile Debi Hesabı	66
3.2.5. Entropi Yöntemi	68
3.2.6. Farklı Yöntemler ile Debi Hesabının Değerlendirilmesi	73
3.3. Akarsularda Hız Dağılımları	85
3.3.1. Logaritmik Dağılım	86
3.3.1.1. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu Logaritmik Dağılım Hesap Örneği	86
3.3.1.2. Logaritmik Dağılımın Değerlendirilmesi	92
3.3.2. Entropi Dağılımı	100
3.3.3. Üstel Dağılım	109

4. BÖLÜM**SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER 119****KAYNAKLAR 123****ÖZGEÇMİŞ**

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
α	: Düzeltme katsayısı
δ	: Sınır tabakası yüksekliği
ε	: Ortalama fark
μ	: Dinamik viskozite
ν	: Kinematik viskozite
ξ	: Entropi dağılımı eksen gösterimi
ρ	: Akışkanın özgül kütlesi
τ_0	: Taban kayma gerilmesi
τ_t	: Türbülans gerilmesi
τ_v	: Viskoz gerilme
χ	: von Karman sabiti
Φ	: Maksimum hızın ortalama hıza oranı
a	: Üstel dağılım parametresi
A	: Enkesit alanı
ADV	: Acoustic Doppler Velocimeter
A_L	: Logaritmik dağılım sabiti
b	: Dilim genişliği
B	: Enkesit su yüzü genişliği
B_L	: Logaritmik dağılım sabiti
B_p	: Logaritmik dağılım- pürüzlü akım sabiti
BP	: Bünyan Pınarbaşı
C	: İntegrasyon sabiti
DSİ	: Devlet Su İşleri

EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
f	: Darcy sürtünme katsayısı
Fr	: Froude sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
h	: Dalma derinliği
H	: Akım yüksekliği
k	: Pürüzlülük yüksekliği
KO	: Kırıközü
k_s	: Nikuradse'nin eşdeğer kum pürüzlülüğü katsayısı,
k_{sy}	: Su yüzü hızı katsayısı
L	: Sınır tabakası uzunluğu
L_{sy}	: Su yüzü hızı ölçüm mesafesi
m	: Üstel dağılım parametresi
M	: Entropi parametresi
n	: Manning pürüzlülük katsayısı
OD	: Özdere
P	: Islak çevre
q	: Dilim debisi
Q	: Akım debisi
$Q_{0.2-0.8}$	: 0.2-0.8H Debisi
$Q_{0.6}$	: 0.6H Debisi
Q_{anh}	: Anahtar eğrisi debisi
Q_M	: Entropi debisi
Q_{Man}	: Manning debisi
Q_{sy}	: Su yüzü hızı debisi
P	: Islak çevre

R	: Hidrolik yarıçap
R^2	: Determinasyon katsayısı
Re	: Reynolds sayısı
RMS	: Karekök ortalama karesel hata
S	: Boy kesit eğimi
SB	: Sarımsaklı Baraj Girişi
U	: Ortalama akım hızı
u_{mak}	: Maksimum akım hızı
u, v, w	: Akım hız bileşenleri
u^*	: Kayma hızı
u_{sy}	: Su yüzü hızı
u', v', w'	: Türbülans hız bileşenleri
t	: Süre
x, y, z	: Kartezyen koordinatlar

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Chow tarafından tavsiye edilen pürüzlülük değerleri.	26
Tablo 2.2.	Zemin cinslerine göre kullanılabilecek minimum ve maksimum Manning pürüzlülük katsayıları.	26
Tablo 3.1.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.	42
Tablo 3.2.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.	46
Tablo 3.3.	Felahiye Özdere İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.	49
Tablo 3.4.	Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.	53
Tablo 3.5.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçülen hız değerleri.	58
Tablo 3.6.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm, düşey ortalama hız hesabı.	59
Tablo 3.7.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm Q_{02-08} ve Q_{06} debilerinin hesaplanması.	60
Tablo 3.8.	Tüm istasyonların anahtar eğrisi hesap tablosu.	61
Tablo 3.9.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu M parametresi hesap tablosu.	69
Tablo 3.10.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu M parametresi hesap tablosu.	70
Tablo 3.11.	Felahiye Özdere İstasyonu M parametresi hesap tablosu.	71
Tablo 3.12.	Özvatan Kırıközü İstasyonu M parametresi hesap tablosu.	73
Tablo 3.13.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonuna ait debi analizleri.	75
Tablo 3.14.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait debi analizleri.	78
Tablo 3.15.	Felahiye Özdere İstasyonu'na ait debi analizleri.	80
Tablo 3.16.	Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait debi analizleri.	82
Tablo 3.17.	İstasyonlara ait ortalama debi farkları.	83
Tablo 3.18.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım hesap tablosu.	87
Tablo 3.19.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).	93
Tablo 3.20.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).	95
Tablo 3.21.	Felahiye Özdere İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).	97
Tablo 3.22.	Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar	

arasındaki farklar (%).	99
Tablo 3.23. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).	102
Tablo 3.24. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).	104
Tablo 3.25. Felahiye Özdere İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).	106
Tablo 3.26. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).	108
Tablo 3.27. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).	111
Tablo 3.28. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).	113
Tablo 3.29. Felahiye Özdere İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).	115
Tablo 3.30. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).	117
Tablo 3.31. Hız dağılımları ortalama farkları.	118

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Ölçüm yapılan düşeyde ortalama hızın hesabı.....	23
Şekil 2.2.	Pürüzlü yüzey üzerindeki türbülans sınır tabakası ve hız profili.....	30
Şekil 2.3.	Türbülanslı üniform akımda kayma gerilmesi dağılımı.....	32
Şekil 2.4.	ADV kontrol paneli ve akustik ucu.	38
Şekil 2.5.	ADV’ nin ölçüm aldığı su kütlesinin 3 boyutlu görünüşü.....	39
Şekil 2.6.	ADV’ nin ölçüm başlığı.....	39
Şekil 3.1.	Ölçüm istasyonlarının bölgedeki yerleri.....	40
Şekil 3.2.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu hız ölçümü çalışmaları.	43
Şekil 3.3.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.	43
Şekil 3.4.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’nda boy kesit çalışmaları.....	44
Şekil 3.5.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit....	44
Şekil 3.6.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümün 1. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.....	45
Şekil 3.7.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu.	46
Şekil 3.8.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.	47
Şekil 3.9.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu hız ölçümü ve boy kesit çıkarılması.	47
Şekil 3.10.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.	48
Şekil 3.11.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümün 1. düşeyindeki (S1) x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.	49
Şekil 3.12.	Özdere İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.....	50
Şekil 3.13.	Felahiye Özdere İstasyonu.....	50
Şekil 3.14.	Felahiye Özdere İstasyonu boy kesit çıkarılması.	51
Şekil 3.15.	Özdere İstasyonu 3 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.....	51
Şekil 3.16.	Felahiye Özdere İstasyonu 3 numaralı ölçümün 3. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.....	52
Şekil 3.17.	Kırıközü İstasyonu 2 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.	54
Şekil 3.18.	Kırıközü İstasyonu 2 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.	54
Şekil 3.19.	Özvatan Kırıközü İstasyonu hız ölçümü.....	55

Şekil 3.20.	Özvatan Kırıközü İstasyonu hız ölçümü ve boy kesit çıkarılması.....	55
Şekil 3.21.	Felahiye Özdere İstasyonu 2 numaralı ölçümün 2. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.....	56
Şekil 3.22.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu anahtar eğrisi.	61
Şekil 3.23.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu anahtar eğrisi.....	62
Şekil 3.24.	Özdere İstasyonu anahtar eğrisi.	63
Şekil 3.25.	Kırıközü İstasyonu anahtar eğrisi.	64
Şekil 3.26.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.	69
Şekil 3.27.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.	70
Şekil 3.28.	Felahiye Özdere İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.	72
Şekil 3.29.	Özvatan Kırıközü İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.	73
Şekil 3.30.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu debi hesap farkları grafiği.	76
Şekil 3.31.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu debi hesap farkları grafiği.....	77
Şekil 3.32.	Felahiye Özdere İstasyonu debi hesap farkları grafiği.	81
Şekil 3.33.	Özvatan Kırıközü İstasyonu debi hesap farkları grafiği.	83
Şekil 3.34.	Debi hesabı genel fark grafiği.....	85
Şekil 3.35.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüme ait ölçüm düşeylerinde logaritmik dağılım parametrelerinin belirlenmesi.....	89
Şekil 3.36.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım toplu grafiği.	90
Şekil 3.37.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım genel saçılım grafiği.	90
Şekil 3.38.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılımı.....	91
Şekil 3.39.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.	93
Şekil 3.40.	SB_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.	94
Şekil 3.41.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.	95
Şekil 3.42.	OD_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.....	96
Şekil 3.43.	SB Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.	97
Şekil 3.44.	KO_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.....	98
Şekil 3.45.	Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.	99

Şekil 3.46.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 9. ölçüm düşeylerinde entropi dağılımının gösterimi.	101
Şekil 3.47.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.....	102
Şekil 3.48.	SB_4 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.....	103
Şekil 3.49.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.	104
Şekil 3.50.	OD_2 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.....	105
Şekil 3.51.	Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.....	106
Şekil 3.52.	KO_4 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.....	107
Şekil 3.53.	Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.....	108
Şekil 3.54.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 10. ölçümde üstel dağılımın gösterimi.	110
Şekil 3.55.	Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.	111
Şekil 3.56.	SB_7 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.....	112
Şekil 3.57.	Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.	113
Şekil 3.58.	OD_3 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.....	114
Şekil 3.59.	Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.	115
Şekil 3.60.	KO_6 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.....	116
Şekil 3.61.	Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.	117
Şekil 3.62.	Hız dağılımları genel fark grafiği.	118

GİRİŞ

Canlı hayatının devam edebilmesi için gerekli olan suyun önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Kısıtlı olan temiz su kaynakları ve bunların dağılımının ihtiyaçlarla örtüşmemesi suyun planlanmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Artan nüfusla birlikte bilinçsiz kullanıma bağlı olarak kirlenen su kaynakları özellikle büyük yerleşim bölgelerinde problem olmaktadır. Temiz ve kullanılabilir su elde edilmesinde akarsular önemli bir yere sahiptir. Akarsular sadece yerleşim bölgelerinin su ihtiyaçları için değil, sulama suyu temininde, hidroelektrik santralleri aracılığıyla elektrik üretiminde, taşımacılıkta ve dünyadaki ekolojik dengenin korunmasında önemli bir role sahiptir. Bu bakımdan akarsulardaki akım özelliklerinin miktar ve kalite bakımından belirlenmesi önem arz etmektedir. Yüksek yatırım maliyetleri gerektiren barajların ekonomik ömürleri boyunca verimli bir şekilde işletilebilmesi için akım özelliklerinin yanı sıra taşınan sediment miktarının belirlenmesi de zorunlu olmaktadır.

Ülkemizde son 20 yılda kişi başına düşen su miktarı $4000 \text{ m}^3/\text{yıldan}$, $1430 \text{ m}^3/\text{yıla}$ düşmüştür. Dünya standartlarına göre bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için kişi başına düşen su miktarının $8000\text{--}10000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olması gerektiği düşünüldüğünde ülkemizin su kaynağı 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 akım özelliklerinin bilinmesi su kullanımında verimliliği artırmak için gereklidir [1].

Akarsulardaki hız dağılımının belirlenmesi, kanal ıslah çalışmaları, sediment modelleme ve taşınım problemlerinde, kayma hızının belirlenmesi için gereklidir. Kanal

kesiti içerisindeki hız dağılımı, akımın türbülanslı yapısı, katı sınırdaki pürüzlülük ve serbest su yüzüne bağlı etkilerle noktasal olarak değişim göstermektedir. Üç boyutlu ve oldukça karmaşık olan bu dağılımın belirlenmesi ve modellenmesi oldukça zordur [2].

Üstü hava veya başka bir gaz ile sınırlanmış olan sıvı akımlarına serbest yüzeyli akım denir ve bu serbest yüzeyli akımı geçiren su yollarına da açık kanal adı verilir. Doğal akarsular, sulama kanalları, drenaj kanalları evsel ve yağmur suyu kanalizasyon borularında meydana gelen akımlar açık kanal akımları olarak tanımlanır. Açık kanal akımlarında serbest yüzeyin varlığı, en kesit geometrisinin ve özelliğinin değişmesi, kanal eğimindeki değişimler akımda, sıçrama, ani düşü, kabarma vb. etkilere sebep olur. Doğal akarsuların kesit özellikleri, düzgün geometriye sahip prizmatik kanallara göre çok daha değişken ve farklılık arz ettiğinden akım özelliklerinin belirlenmesi güç olmaktadır. Bu sebeplerle açık kanalların incelenmesi ve modellenmesi, boru akımlarından daha zor ve karmaşık olmaktadır [3].

Açık kanal akımları değişik özellikleri ile sınıflandırılmaktadır. Açık kanaldaki su derinliği zamana bağlı olarak değişmiyorsa veya ele alınan zaman aralığında sabit kabul edilirse akım düzenli-kararlı, kanaldaki akım derinliği zamanla değişiyorsa akım değişken-kararsız olarak isimlendirilmektedir. Düzenli ve değişken akımlarda akım derinliği kanal boyunca değişmiyorsa üniform, aksi durumlarda üniform olmayan akım olarak isimlendirilmektedir. Doğal akarsular ve laboratuvarlarda açık kanal modellerinde yapılan çalışmalar özellikleri birbirinden farklı iki akım türünün varlığını göstermiştir. Bunlar laminar ve türbülanslı akımlardır. Açık kanal akımları genel olarak türbülanslı olup nadiren düşük hızlarda laminar olurlar. Açık kanal akımları Froude sayısına bağlı kritik akım ($Fr = V / \sqrt{gH} = 1$), kritik altı akım ($Fr < 1$, nehir rejimi) ve kritik üstü akım ($Fr > 1$ sel rejimi) olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Burada H ; akım derinliği, g 'de yer çekimi ivmesidir.

Bu çalışmada Orta Kızılırmak Havzası'nda yer alan Kayseri ili sınırları içerisinde Kızılıрмаğın yan kollarında belirlenen dört farklı istasyonda akarsu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar sırası ile Bünyan Pınarbaşı (BP), Sarımsaklı Baraj Girişi (SB), Felahiye Özdere (OD) ve Özvatan Kırıközü' dür (KO). Bu istasyonlarda doğal akarsuların akım özelliklerini belirlemek için farklı tarihlerde ölçümler

gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde en kesitler üzerinde belirlenen düşeylerde derinlik boyunca üç boyutlu hızlar belirlenmiştir. Hız ölçümlerinde ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) kullanılmış olup topografik ölçüm aletleri yardımı ile de kesit özellikleri (geometri ve eğim) belirlenmiştir. İstasyonlardan elde edilen hız ölçüm değerleri kullanılarak debi ve hız dağılımları belirlenmiştir. Debi hesabı altı farklı yöntem ile yapılmış olup bu yöntemler arasındaki farklar ele alınmıştır. Ölçüm yapılan düşeylerde iki boyutlu hız dağılımları üç farklı model ile incelenmiştir. Bu yöntemler logaritmik dağılım, üstel dağılım ve entropi hız dağılım modelidir. Bu üç yönteme ait parametreler belirlenerek, dağılımların ölçüm değerleri ile farklılıkları hesaplanmıştır. Ele alınan dağılımların akım özelliklerini temsil ettiği bölgeler belirlenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Literatür Taraması

Akarsuların ve sonradan inşa edilen açık kanalların akım özellikleri günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından incelenmiş, çeşitli formüller geliştirilmiştir. Günümüzde yapılan çalışmalarda geçmişte yapılan çalışmalardaki tecrübeler dikkate alınarak daha ileri seviyelere ulaşmıştır. Günümüzde özellikle ölçüm teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak çok daha hassas ölçümler yapılabilmektedir. Bu ölçümler yardımı ile akım özellikleri hakkında daha detaylı bilgilere ulaşılabilmekte ve bu veriler farklı yöntemler ile modellenebilmektedir. Akarsulardaki akım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bazı güncel çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Kırkgöz ve Ardıçlıoğlu [5] hız dağılımlarının belirlenmesi amacıyla deneysel çalışmalar yapmışlardır. Açık kanallarda sınır tabakası uzunluğunu (L), derinlik (H), Reynolds sayısı (Re) ve Froude (Fr) sayısına bağlı olarak vermişlerdir. Kesit oranı $B/H \geq 3$ olan akımlarda sınır tabakası yüksekliğinin su yüzüne kadar uzandığı belirlenmiştir. Ele alınan akım şartlarında ortalama hız ile su yüzü hızı arasındaki oranın 0.88 ile 1 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Dar ve geniş kanallarda kayma gerilmesi dağılımının yan duvarlara doğru azaldığını, kesit oranı $B/H=3$ civarlarında kayma gerilme dağılımının kanal orta kesiti ile duvar arasında dalgalı bir şekilde dağıldığını gözlemişlerdir. Sınır tabakasını gelişme bölgesinde kayma gerilmesinin sabit olduğunu bildirmişlerdir. Cilalı tabanlı akımların sınır tabakasının gelişmiş ve gelişmekte olan bölümünde türbülanslı iç bölgedeki hız dağılımlarının logaritmik dağılımdaki sabitlerin $A_L=2.44$ ve $B_L=5.5$ kullanılması ile iyi temsil edildiğini belirtmişlerdir.

Afzal [6], klasik iki tabaka olan iç ve dış bölgede geniş Reynolds sayısı aralığında tam gelişmiş boru akımlarında logaritimik dağılım ve üstel dağılım ile karşılaştırmıştır. Denklemin iç bölgede üstel dağılımla temsil edilen başka bir fonksiyonel çözümünden bahsetmiştir. Geniş Reynolds sayısı aralığında bu dağılımların ölçümleri iyi tahmin ettiği belirlenmiştir. Nikuradse'nin klasik verilerinde ve Zagarola'nın süper boru verilerinde logaritmik dağılım ve üstel dağılım parametreleri olan a ve m parametrelerinin tutarlı ilişkiler sergilediğini vurgulamıştır.

Chiu ve Tung [7] entropi yöntemi ile akım özelliklerini incelemişlerdir. Bir kanaldaki maksimum hızın büyüklüğünün ve konumunun bilinmesinin, veri toplamada kolaylık sağlayacağını, akımın yapısını anlamamıza yardımcı olacağını ve hidrolik sistemlerin tasarımı ve kontrolünü kolaylaştıracağını belirtmişlerdir. Kesitte, farklı akım durumlarında ölçülen maksimum ve ortalama hızlar yardımıyla entropi parametresi olan M 'in belirlenebileceğini ve bu değerin kesit için sabit olduğunu belirtilmiştir. Bilinen M parametresi yardımıyla ortalama hızın ve herhangi bir düşeydeki hız dağılımlarının belirlenmesi kolay olmaktadır. En kesit üzerinde belirlenecek maksimum hız ile M parametresi kullanılarak ortalama hız dolayısıyla debi belirlenebilmektedir. Bu yöntemin özellikle üniform olmayan akımlarda büyük kolaylık sağlayacağı bildirilmiştir.

Chen ve Chiu [8] Taiwan'da Tanshui Nehri üzerinde ölçümler yapmışlardır. Bu ölçümleri Taipei Köprüsü, Guan-du Köprüsü ve Ho-kou'da gerçekleştirmişlerdir. Yapılan ölçümlerde ortalama düşey hızların belirlenmesi için her düşey eşit aralıklı olacak şekilde bölünmüş, 30 veya 60 dakikada bir ölçümler alınmıştır. Bu istasyonlar için Φ parametresinin sabit olduğu ve sırasıyla 0.62, 0.55 ve 0.64 olarak hesaplandıkları bildirilmiştir. Aynı istasyonlar için M parametreleri de sırasıyla 1.49, 0.6 ve 1.77 olarak hesaplanmıştır.

Ardıçlıoğlu vd. [9], Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik laboratuvarında bulunan tabanı ve yan duvarları camdan $0.6 \times 0.6 \times 9.5$ m boyutlu kanalda hız dağılımını incelemişlerdir. Pürüzlü yüzey oluşturmak amacıyla kanal başından itibaren tabana $k=10$ mm olan plastik paspas serilmiştir. Pürüzlü açık

kanal modelinde 24 farklı ölçüme ait kanal orta kesitinde ve duvara doğru 7 farklı düşeyde ölçülen hızların entropi yöntemi ile geliştirilen hız dağılım ifadesine uyumu araştırılmıştır. Söz konusu deneylere ait kesit oranı B/H 'ın 9'dan büyük olduğu akımlarda serbest su yüzündeki dalmanın kanal duvarına en yakın ölçüm yapılan $2y/B=0.9$ kesitinde olduğu, ölçüm değerlerinin entropi yöntemi ile hesaplanan hız dağılımları ile uyumunun iyi olduğu belirlenmiştir. $B/H < 9$ olan akımlarda en kesit üzerindeki tüm düşeylerde yapılan ölçümlerde dalma etkisi gözlenmiş bu etkinin kanal orta kesitinden duvara kadar gittikçe arttığı tespit edilmiştir. Entropi yöntemi ile hesaplanan hız dağılımlarının gerek kanal tabanına yakın bölgede gerekse serbest su yüzüne yakın bölgede ölçüm değerleri ile farklılık gösterdiği ve bu farklara ait "RMS" değerlerinin ortalama %8 civarında olduğu belirlenmiştir.

Yang ve Tan [10] açık kanallarda dalma etkisinin mekanizmasını incelemişlerdir. Bölgesel su yüzü hızının boyutsuz $u_{*(z)}z/\nu$ ifadesi ile tanımlanması durumunda iç bölgede logaritmik dağılımın iyi sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir. Dış bölgede logaritmik dağılımın serbest su yüzünden biraz aşağılarda temsil edilebildiğini, logaritmik dağılımdan sapan miktarın ise $1-z/H$ ifadesiyle orantılı olduğunu bildirmişlerdir. Pürüzlü açık kanallarda dalma etkisini temsil eden logaritmik dağılımı geliştirmişlerdir. Bu yeni yöntemde $u_{*(z)}z/\nu$ ve $1-y/H$ ifadeleri yanında bir α düzeltme katsayısı kullanılmaktadır. Deneysel veriler kullanılarak düzgün dikdörtgen kanallarda dalma etkisini temsil eden logaritmik hız dağılımının, ölçülen hız dağılımlarını iyi temsil ettiğini belirtmişlerdir. Bu yaklaşımın pürüzlü açık kanal akımlarında kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Moramarco [11], Orta İtalya'da Tiber Nehri'nin havzasında ölçülen on iki akarsu kesiti üzerinde ortalama hız ile maksimum hız arasındaki lineer ilişki olan M parametresini incelemiştir. Her bir düşeyde üç adet ölçüm alarak çalışmaları gerçekleştirmiştir. Kesite ait ortalama hızın gerçeğe en yakın şekilde belirlenebilmesinde entropi yönteminin en iyi sonuç veren yöntem olduğu vurgulanmıştır. Ancak bu çalışmada aynı nehir üzerindeki kesitlerde entropi parametresi M 'i sabit kabul ederek hız dağılımlarını temsil eden nehre ait tek bir M parametresi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu M parametresi ile hesaplanan dağılımların ölçülen hız dağılımlarını yeterli derecede temsil etmediği belirtilmiştir. Aynı nehir üzerinde ele alınacak çok sayıda kesit ile bu kesitlerde

yapılacak ölçümler sayesinde nehre ait bir M parametresinin hassas bir şekilde belirlenebileceğini belirtmiştir.

Moramarco vd. [12], Orta İtalya’da, Tiber Nehri’nin havzasının üst kesiminde dört nehir üzerinde ortalama hız ile maksimum hız arasındaki doğrusal ilişkinin geçerliliğini göstermişlerdir. M parametresinin değeri iki nehirde sabit olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada yapılan ortalama hız tahminlerinden sadece birkaçı %10’u aşan hatalar vermiştir. En kesit üzerinde ortalama hızın parabolik bir dağılım ile ifade edilebileceğini ve bu dağılım yardımı ile ortalama hızın tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir. Geniş doğal akarsularda yöntemin geçerliliğinin kontrol edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca en kesit üzerinde farklı pürüzlülüğe sahip taşkın yataklı bileşik-kompozit kesitlerde de yöntemin ölçüm verileri ile ele alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Ardıçlıoğlu vd. [13], Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Hidrolik laboratuvarında bulunan açık kanal modelinde yapılan hız ölçümlerini Entropi yöntemi ile incelemişlerdir. Bu amaçla 17 farklı akım durumunda, kanal üzerinde sınır tabakasının geliştiği 6. m’de kanal orta kesitinden başlayarak duvara kadar 7 farklı düşeyde hız ölçümleri yapılmıştır. Hız ölçümleri pervaneli (muline) ölçüm aleti ile gerçekleştirilmiştir. Hız ölçümleri derinlik boyunca kanal tabanına yaklaşılana en yakın mesafe olan 0.75 cm den başlayarak her 1 cm’de bir su yüzüne kadar alınmıştır. Hız ölçümleri kesit oranının $2.8 \leq B/H \leq 17.0$, Reynolds sayısının $22825 \leq Re \leq 180897$ ve Froude sayısının $0. \leq Fr \leq 1.23$ olduğu aralıkta gerçekleştirilmiştir. Ele alınan akım şartlarında kesit ortalama hızı (U) ölçülen noktasal hızların integrasyonu ile belirlenmiştir. Her bir akım durumunda ölçüm alınan kesit için U ve u_{mak} değerleri belirlenerek kesit için M parametresi hesaplanmıştır. Ele alınan kesite ait entropi parametresi $M=5.25$ olarak belirlenmiştir. Hesaplanan M parametresi kullanılarak Chiu [4] tarafından verilen entropi ifadesinin 17 farklı akım durumunda hız dağılımına uygunluğu incelenmiştir. $B/H \geq 5.0$ olan akım durumlarında en kesit boyunca tüm düşeylerde yapılan ölçümler entropi yöntemi ile oldukça iyi bir uyum göstermektedir. Kesit oranının $B/H < 5.0$ olması durumunda kanal orta kesitinde ve duvarlara doğru ölçüm alınan tüm düşeylerde su yüzüne yakın bölgede ölçülen hız dağılımındaki dalmaları, entropi ifadesiyle elde edilen sonuçların iyi temsil edemediği belirlenmiştir.

Moramarco vd. [14], Chiu'nun hız dağılım fonksiyonunu, ele alınan kesitin her bir düşeyi için belirlenebilecek şekilde yeniden düzenlemişlerdir. Lokal olarak belirlenen bu hız dağılımının taşkın durumları için oldukça iyi sonuçlar verdiğini yapılan arazi ölçümleri ile göstermişlerdir.

Ardıçlıoğlu vd. [15], açık kanal akımlarında hız dağılımının belirlenmesinde kullanılan klasik yöntemler (logaritmik ve üstel dağılım) ve entropi yöntemini incelemiştir. Bu amaçla iki farklı pürüzlülükte 24 farklı akım durumu ele alınmıştır. Türbülanslı, kritik altı akım durumlarında en kesit üzerinde noktasal hız ölçümleri yapılmıştır. Hız integrasyon yöntemi ile hesaplanan ortalama hızlar debi ölçer sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ortalama hızlar ayrıca entropi yöntemi ile de belirlenerek karşılaştırma yapılmıştır. Her iki pürüzlülük şartı için entropi yönteminin hız integrasyon yöntemine yakın değerler verdiği görülmüş, rölatif farklar sırasıyla %2.0-%4.2 olarak hesaplanmıştır. Kanal en kesitinde entropi parametresi (M) bilindiğinde söz konusu kesite ait ortalama hızın kesitteki maksimum hız yardımıyla kolaylıkla ve hassas olarak belirlenebileceği ifade edilmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [16], dikdörtgen kesitli, pürüzlü, açık kanal akımında hız dağılımlarını incelemiştir. Maksimum dalma etkisinin kesit oranına (B/H) bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. $B/H < 5$ durumu için bütün en kesit boyunca dalma etkisinin olduğu, $5 \leq B/H \leq 10$ için sadece duvar kenarlarında dalma etkisinin gerçekleştiği, $B/H > 10$ için ise maksimum hızların daima serbest su yüzüne yakın noktalarda olduğu gözlemlenmiştir. İncelenen üç logaritmik dağılım denklemi içinden, ölçülen değerle en iyi uyum Coles denklemi kullanılarak yakalanmış ve ortalama hata %6.8 olarak hesaplanmıştır. Entropi tabanlı hız dağılım modelinde denklemin %4.0 ortalama hata değeri ile tabana yakın kısımlarda da diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Deneysel araştırmalara dayalı bu çalışmada, boyutsuz pürüzlülüğün (k_s/k) hem Froude sayısı hem de Darcy-Weisbach sürtünme katsayısı arasında ampirik bir ilişki belirlenmiştir. Chiu ve Tung [14] tarafından önerilen düşeyde maksimum hızın bulunduğu yüksekliğin belirlenmesinde kullanılan denklemin geçerliliği araştırılmıştır. Denklem yardımıyla hesaplanan değer ($h/H=0.17$) ile deneysel olarak bulunan değer ($h/H=0.21$) uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Chiu vd. [17], ABD’de jeolojik araştırma birimince yeni yöntemlerin geliştirilebilmesi için 1986-2000 yılları arasında Washington-Skagit Nehri’nden alınan ölçüm verileri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu verilerin elde edilmesinde ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda $M=1.8$ ve H/D oranı 0.51 bulunmuştur. $u_{mak}=1.41$ m/s kullanılarak $U=0.9$ m/s ve debi $Q=520$ m³/s olarak hesaplanmıştır. Kesit alanı ADCP ile 578 m² elde edilmiştir. ADCP yönteminde kanal en kesitindeki tüm hız örnekleri kullanılarak elde edilen debi 525 m³/s’dir. Hesaplanan debiler arasındaki farkın %1 civarında olduğu görülmüştür. Bu tür çalışmalara gerek hidroloji alanında gerekse taşkın kontrolü için inşa edilecek mühendislik yapılarının tasarımında ihtiyaç duyulduğu ve bu yöntemin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ardıçlıoğlu vd. [18], açık kanal akımında hız ölçümleri için yaygın olarak kullanılan üç farklı aletin (Acoustic Doppler Velocimeter -ADV, Pitot tüpü ve Propeller) özellikleri, ölçüm metotları ve ölçüm sonuçlarını incelemiştir. Açık kanal modelinde üç farklı aletle ölçülen hızlar ile kanala su veren boruya monte edilmiş debi ölçerin verdiği değer arasında $\pm\%2$ farklılık gözlenmiştir. Buradan her bir aletin ortalama hız dolayısıyla debi ölçümünde kullanılabileceği belirtilmiştir. ADV’nin açık kanallarda hız ve debi ölçümünde hızlı ve daha hassas sonuçlar verdiği belirlenmiş, Pitot tüpü ile yapılan ölçümlerde düşük hızlarda derinlik boyunca basınç değişiminin hassas olarak ölçülemediği gözlenmiştir. Propeller ile yapılan ölçümlerde ise serbest su yüzünün pervanesinin dönmesinden etkilendiği ve bu bölgede hızda beklenenden fazla düşmenin olduğu (dalma etkisi) gözlenmiştir. Ölçüm aletlerinin okumaları arasında en büyük fark Propeller ile ADV arasında, en küçük fark ise ADV ile Pitot tüpü arasında gözlenmiştir.

Ardıçlıoğlu [19], açık kanal akımlarında hız ve debi ölçümünde kullanılan altı farklı yöntemi ele alarak, bu yöntemler arasındaki farklılıkları irdelemiştir. Dikdörtgen prizmatik bir kanalda 22 farklı akım koşulunda; kanala su veren sabit seviyeli haznenin girişindeki boruya yerleştirilen Altosonic debi ölçer yardımıyla akım debisi ölçülmüştür. Kanalin 6. metresinde 7 farklı düşeyde gerçekleştirilen hız ölçümleri kullanılarak; debiler, hız integrasyon yöntemiyle ve su yüzeyinden $0.5H$, $0.6H$ ve $0.2H$ - $0.8H$ derinliklerinde yapılan ortalama hız ve kanal orta kesitinde derinlik boyunca ölçülen hızların integre edilmesiyle belirlenmiştir. Sonuç olarak, hız integrasyon yöntemi ile belirlenen debiler gerçek debi olarak kabul edildiğinde, debi ölçerle yapılan

ölçümlerde 10 lt/s'den küçük debilerde hatanın büyüdüğü belirlenmiştir. $0.5H$ derinlikte yapılan hız ölçümleriyle bulunan debi %8.9, $0.6H$ derinlikte yapılan hız ölçümleriyle bulunan debi %7.1, kanal orta kesitinde derinlik boyunca ölçülen hızların integrasyonu ile hesaplanan debi ise %5.2 fark belirlenmiştir. Ele alınan 22 farklı akım durumunda, $0.2H-0.8H$ derinliklerinde ölçülen hızlar yardımıyla hesaplanan debilerin farkının ortalaması ise %4.1 olarak hesaplanmıştır. Buradan, hız-alan integrasyonu yöntemi ile yapılacak debi ölçümlerinde, ele alınan her bir düşeyin $0.2H$ ve $0.8H$ derinliklerinde alınacak hızların ortalamasının, söz konusu düşeye ait ortalama hızı yeterince iyi temsil ettiği ve debi hesabında kullanılabileceği belirtilmiştir.

Chiu ve Hsu [20], bu güne kadar akışkan akımlarında geliştirilen iki boyutlu hız dağılımlarının modellemesinde kullanılan kütle, momentum korunumu, enerji yaklaşım yöntemleri yerine entropi tabanlı olasılık yaklaşımların doğrudan ölçülen verilerle olan uyumunu incelemişlerdir. Olasılık yaklaşımı ve deterministik yaklaşımı kullanarak maksimum hızın konumu ve büyüklüğü, ortalama hızın maksimum hıza oranı gibi bilgileri elde etmeye çalışmışlardır. U/u_{mak} ve H/D oranlarını bilinen M parametresi ile hesaplayarak olasılık yönteminin akım modelleme çalışmalarında kullanılabilir bir yöntem olduğunu göstermişlerdir.

Maghrebi ve Rahimpour [21], düzensiz kesit yapısına sahip kanallarda eş hız eğrileri ile modelleme yapmak suretiyle çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda, en kesitte elde edilen eş hız eğrilerini akım tahminlerinde kullanmışlardır. Ardından yapılan tahminlerden elde edilen sonuçları ölçülen değerlerle karşılaştırmışlardır. Modelden elde edilen değerlerin ölçülen değerlerle iyi uyum sergilediği belirtilmiştir. Model kullanılarak Japonya'da yer alan Unon Nehri'nde tahminlerde bulunmuşlar ve elde edilen su yüzü hızlarının ölçümler ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Modelde akım derinliği ile ortalama hız arasındaki ilişkide ele alınmış olup bu ilişki ABD'de Severn Nehri'nde yapılan çalışmada en iyi sonucu vermiştir.

Ardıçlıoğlu ve Öztürk [22], açık kanal akımlarındaki debinin belirlenmesi için gerekli ortalama hızın hesabında kullanılan üç farklı metodu ve entropi yöntemini incelemişlerdir. Bu amaçla çakıllı zemine sahip doğal nehir ve siltli-killi zemin üzerinde açılmış sulama kanalı üzerinde hız ölçümleri yapılmıştır. En kesit üzerinde

ölçülen noktasal hızların integrasyonu ile hesaplanan ortalama hızlar yardımı ile belirlenen debilerin, su yüzeyinden $0.2H$ ve $0.8H$ derinliklerinde ve $0.6H$ 'da ölçülen hızlar kullanılarak hesaplanan debilere oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Ölçüm yapılan en kesitlere ait entropi parametreleri $M=1.81$, 0.55 olarak belirlenmiş olup bu değerler yardımı ile hesaplanan debiler integrasyon yöntemi ile hesaplanan debiden sırasıyla %7.8 ve % 20.2 daha küçük olmaktadır. Derinlik boyunca hesaplanan entropi hız dağılımlarının ölçüm değerlerinden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Farklı akım durumlarında yapılan ölçümler ile belirlenecek U/u_{mak} ilişkisinden elde edilecek ortalama değerler ile entropi parametresinin daha hassas belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Lee vd. [23], Kore'de yer alan akarsulara Chiu'nun hız dağılımı fonksiyonunu uygulamışlardır. Kore'nin 8 farklı bölgesinde 2004–2006 yılları arasında ADCP ile ölçülen 64 set veri ile çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda entropi dağılımı kullanılarak elde edilen debi değeri ile ölçülen debi değerleri arasındaki hataların %-6.9 ile %4.3 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu hata değerleri entropi yöntemi ile elde edilen değerlerin ölçüm değerleri ile iyi uyum sağladığını göstermektedir. Akım modelleme çalışmalarında entropi yöntemindeki parametrelerin belirlenmesinin daha hassas çalışmalar gerektirdiği vurgulanmıştır.

Ardıçlıoğlu vd. [24], doğal akarsulardaki hız, kayma gerilmeleri ve debinin belirlenmesi amacıyla Kızılıрмаğın yan kollarından olan Sarımsaklı Nehri üzerinde ölçümler yapmışlardır. Yapılan çalışmalarda klasik hız alan yöntemleri ile akım debi hesabı yapılmıştır. Ölçülen kesitte entropi parametresi $M=1.6$ alınarak ölçüm verileri ile Chiu'nun 2 boyutlu hız dağılımının, logaritmik dağılımda olduğu gibi iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Kanal kesiti için belirlenmiş olan M parametresini kullanmanın akım özelliklerinin tahmininde oldukça işe yaradığı bildirilmiştir.

Guo ve Julien [25], türbülanslı sınır tabakasında boru akımları için geliştirilmiş logaritmik dağılımı açık kanallardaki türbülanslı akım için genelleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada açık kalanlardaki türbülanslı akımları tanımlamada logaritmik dağılımın kullanılabileceği belirtilmiştir. von Karman sabiti $\chi = 0.41$ alınarak akım su yüzü hızı, çevrinti kuvveti, integrasyon sabiti gibi parametreleri belirlemişlerdir. Bunun yanında

yöntemin su yüzeyine yakın bölgede yer alan dalma etkisini de iyi bir şekilde temsil ettiğini belirtmişlerdir. Yöntemin açık kanallardaki geçerliliğini göstermek için Mississippi Nehri'nde elde edilen akım verileri üzerinde çalışmalar yapmış ve iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Ardıçlıoğlu vd. [26], doğal akarsularda debi, hız ve kayma gerilmesi dağılımını incelemiştir. Bu amaçla Sarımsaklı Nehri üzerinde bulunan Barsama İstasyonu'nda iki farklı zamanda arazi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Klasik yöntemlerden hız-alan yöntemiyle ve entropi yöntemi kullanılarak bulunan debiler karşılaştırılmış, her iki yöntemin birbirlerine yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Logaritmik ve entropi tabanlı Chiu'nun hız dağılım ifadeleri ölçümler ile hesaplanmıştır. İki ölçüm için ortalama hız ve maksimum hızlar arasındaki ilişkiden hesaplanan entropi parametresi $M=1.6$ olarak bulunmuştur. Chiu'nun iki boyutlu hız dağılım ifadesi, logaritmik dağılım gibi iyi sonuçlar vermiştir. Darcy'nin sürtünme katsayısı (f) ve ortalama hız, maksimum hız oranı (U/u_{mak}) kullanılarak oluşturulan ikinci derece polinomal bir ilişki içeren denklem yardımıyla yerel kayma gerilmesi kolayca hesaplanabilmektedir.

Bonakdari vd. [27], hız profilinin belirlenmesi güç olan türbülanslı dar açık kanal akımlarını incelemişlerdir. İç bölgeyi temsil edebilen fakat dar açık kanallarda dış bölge için geçerli olmayan logaritmik dağılımı ele almışlardır. Geliştirdikleri ampirik denklemlerle hız profilini tanımlamaya çalışmışlardır. Bu yeni yöntemi Navier-Stokes denklemlerinden türetmişlerdir. Bu yeni yöntemin su seviyesi, serbest su yüzü genişliği, kanal eğimi ve su yüzü hızı verilerine ihtiyaç duyduğunu belirtmişlerdir. Mevcut akım değerlerinde dar ve geniş dikdörtgen kanallarda yöntemin iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Yöntemin ele alınan düşey boyunca iç bölge, geçiş bölgesi ve dış bölgede akımı iyi temsil ettiği vurgulanmıştır.

Ağırlioğlu vd. [28], hız dağılımlarının integre edilmesi ile belirlenen debiler ile pratikte kullanılan dört farklı yöntemi karşılaştırmıştır. Bu amaçla Kızılıрмаğın yan kollarından Sarımsaklı Deresi üzerinde bulunan Şahsenem İstasyonu'nda 5 farklı tarihte enkesit üzerinde hız ölçümleri yapılarak yöntemlerin hassasiyetleri araştırılmıştır. Hız ölçümleri ADV ile en kesit üzerinde belirlenen düşeylerde derinlik boyunca yapılarak akım doğrultusundaki hız profilleri belirlenmiştir. Her bir dilimde su yüzeyinden $0.6H$ ve

$0.2H-0.8H$ derinliklerinde okunan hızların integrasyonu ile hesaplanan debiler, Manning denklemi ve entropi yöntemi ile belirlenen debilerle, hız integrasyon yöntemi ile hesaplanan debilerin farkları belirlenmiştir. İntegrasyon yöntemi ile belirlenen debinin, su yüzeyinden $0.2H-0.8H$ ve $0.6H$ derinliklerinde ölçülen hızlar kullanılarak hesaplanan debilere oldukça yakın olduğu, literatürde kabul gören bu yaklaşımların debi hesabı için kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir. En kesite ait entropi parametresi $M=1.23$ olarak belirlenmiş ve bu değer kullanılarak hesaplanan debi, integrasyon yöntemi ile hesaplanan debiden %16.3 farklılık göstermiştir. Ölçüm yapılan kesit için Manning pürüzlülük katsayısının $n=0.05$ alınması uygun görülmüştür. Manning denklemi kullanılarak hesaplanan debi integrasyon debisinden %8.5 farklılık göstermiştir.

Burnelli vd. [29], Güney İtalya’ da Basento Nehri üzerinde ölçülen akımları dört farklı entropi yaklaşımı ile incelemişlerdir. Ele alınan üç yaklaşım yeniden düzenlenmiş entropi yöntemini kullanırken dördüncü yaklaşım ise en kesitteki parabolik hız dağılımını kullanmaktadır. Temel entropi ifadesi ve u_{mak} ile elde edilen parabolik entropi modelinin ele alınan düşeydeki ortalama hızı tatmin edici bir seviyede tahmin ettiğini bildirmişlerdir. Özellikle taşkın anlarında maksimum hızın belirlenmesinin güç olduğu durumlarda parabolik entropi dağılımının rahatlıkla kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Ardıçlıoğlu vd. [30], doğal akarsularda ölçülen akım hızlarıyla, farklı hız dağılım modellerini karşılaştırmıştır. Akım hızlarının ölçümünde Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) kullanılmıştır. Ölçümler Kızılıрмаğın yan kollarından Sarımsaklı Deresi üzerinde bulunan Şahsenem ve Barsama istasyonlarında farklı akım durumlarında ikişer defa yapılmıştır. Ölçüm yapılan düşeyler için, hız profilleri logaritmik, Coles, üstel ve entropi yöntemleri ile hesaplanmış ve ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Nikuradse’nin eşdeğer kum pürüzlülüğü (k_s) ve kayma hızları (u_*) ölçülen hız dağılımları yardımıyla belirlenmiştir. Sınır tabakasının iç bölge yüksekliğinin $10-40\% \leq z/\delta \leq 70-100\%$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Sınır tabakasının iç ve dış bölgelerinde Coles’un hız dağılımı ölçülen değerlerle iyi uyum göstermiştir. Üstel dağılımdaki katsayıların $a=2.6$ ve $m=1/3$ olması durumunda hız dağılımlarını iyi temsil ettiği belirtilmiştir. Barsama ve Şahsenem istasyonları için entropi parametreleri (M) sırasıyla 1.61 ve 1.37 olarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemiyle elde edilen hızların

özellikle kıyıya yakın bölgelerde ölçülen değerlerden biraz daha büyük sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ardıçlıoğlu ve Günaydın [31], açık kanal akımlarında hız dağılımını farklı alet ve yöntemler ile incelemiştir. Bu amaçla tabanı ve yan yüzeyleri cam olan laboratuvar kanalında türbülanslı, üniform, cilalı akım durumunda dört farklı debi için en kesit üzerinde hız ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde mikromuline (propeller) ve Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) cihazları kullanılmış ve iki aletin hassasiyetleri karşılaştırılmıştır. Micromuline ile en kesit boyunca yapılan hız ölçümleri, kanal orta kesitine göre simetri kontrolü için ele alınmış ve prizmatik kanallar için simetrisinin varlığı incelenmiştir. En kesit üzerinde yapılan hız ölçümleri literatürde verilen logaritmik dağılım ile incelenerek, ele alınan düşeylerde logaritmik dağılımın geçerli olduğu bölge belirlenmiştir. Cilalı akım koşullarında ADV ve micromuline (Propeller) ile yapılan noktasal hız ölçümlerinde fark %1.32 olarak belirlenmiş olup her iki aletin birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Micromuline'nin özellikle katı sınır yakınlarında istenilen noktaya kolaylıkla yerleştirilerek sağlıklı ölçüm yapabilmesinin, laboratuvarlarda tercih sebebi olabileceği vurgulanmıştır. Micromuline ile yapılan simetri kontrolünde kanal orta kesitinden eş uzaklıklarda, derinlik boyunca yapılan hız ölçümlerine ait farkların genel ortalaması %3.6 olarak belirlenmiştir. Buradan literatürde belirtilen prizmatik kanallarda en kesit üzerinde simetrisinin var olduğu, akım özellikleri incelenirken bu durumun dikkate alınabileceği ifade edilmiştir. Açık kanal akımlarında hız dağılımını gösteren logaritmik ifadenin, iç bölgede daha doğru sonuçlar verdiği, su yüzüne yakın bölgelerde ise ölçüm değerlerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. Artan Reynolds sayılarında logaritmik dağılımın ölçüm değerlerini temsil ettiği bölgenin daha geniş olduğu, ancak duvar yakınlardaki dalma etkisini gösteremediği belirtilmiştir. Yapılan tüm hız ölçümleri ile hesaplanan logaritmik dağılım arasındaki fark %-5.9 olarak belirlenmiştir. Ölçüm yapılan en kesite ait entropi parametresi $M=5.75$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer kullanılarak hesaplanan hız dağılımlarının ölçüm değerleri ile logaritmik ifadeye göre daha iyi uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Yine ölçüm yapılan noktasal hızlar ile entropi dağılımındaki hız ölçümleri arasındaki fark %-2.9 olarak belirlenmiştir.

Ammari ve Remini [32], Cezayir’de 4 farklı nehire ait akım verilerini kullanarak çalışmalar yapmışlardır. Sırasıyla Chiffa, Sebaou, Mazafran ve Belah nehirleri üzerindeki; Amont Des Gorges, Baghlia, Fer a Cheval ve Pont RN11 istasyonları incelenmiştir. Bu istasyonlara ait Φ parametresi sırasıyla 0.6888, 0.6809, 0.6411 ve 0.6629 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler ile hesaplanan M parametresi ise 2.49, 2.37, 2.02, 2.10 olarak bildirilmiştir. Yapılan çalışmada hesap değerlerinin standart sapması ortalama 0.97 olarak verilmiştir. Akım özelliklerinin belirlenmesinde entropi yönteminin kullanılması sayesinde sadece maksimum hızın belirlenmesiyle birçok akım özelliklerinin kolaylıkla tahmin edilebileceğini vurgulamışlardır. Maksimum hızın yerinin de birkaç ölçüm neticesinde belirlenebileceği ve daha sonraları belirlenen bu nokta yakınlarında yapılacak az sayıda hız ölçümü ile %90 doğruluk oranı ile maksimum hızın belirlenebileceğini ifade etmişlerdir.

Ardıçlıoğlu vd. [33], doğal akarsularda akım debisini Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) ile ölçmüşlerdir. Kızılıрмаğın yan kollarından Sarımsaklı Deresi üzerinde, Şahsanem İstasyonu’nda, altı farklı zamanda arazi ölçümleri yapılmıştır. Debiler, Manning denklemiyle, su yüzeyinden $0.6H$ ve $0.2H-0.8H$ derinliklerinde yapılan ortalama hızların integrasyonu ve entropi yöntemiyle belirlenmiştir. Altı farklı ölçüm sonucunda, en yüksek bağıl hata değeri %9.4 ile Manning denkleminden bulunmuştur. $0.6H$ ve $0.2H-0.8H$ derinliklerinde yapılan ortalama hızların integrasyonu bulunan debilerin iyi sonuçlar verdiği belirlenmiş ve bağıl hata değerleri ise sırasıyla %2.9 ve %3.3 olarak hesaplanmıştır. Entropi parametresi (M) bilinen bir akarsu için debi maksimum hıza bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Maksimum hızın yerinin belirlenmesi ve ölçümü nispeten kolay olmaktadır. Entropi yöntemiyle hesaplanan debiler ile integrasyon yöntemiyle hesaplanan debiler karşılaştırıldığında ise altı farklı ölçüm için ortalama bağıl hata değeri %3.2 olarak belirlenmiştir.

Moramarco [34], akarsularda ortalama hız ile maksimum hız arasında lineer bir ilişki bulunduğunu ve bu ilişkinin de entropi parametresi M ile tanımlandığını bildirmiştir. Entropi parametresi M ’in akarsuların hidrolik ve geometrik özelliklerden nelere bağlı olduğunu araştırmıştır. Çalışmada İtalya’da Tiber Nehri üzerinde ele alınan iki en kesitten yirmi yılda elde edilmiş olan akım verileri incelenmiştir. Taşkın anlarında dahi M parametresinin değişmediğini bu sebeple de entropi parametresi M ’in enerji çizgisi

ve su yüzü eğimine bağlı olmadığını bildirmiştir. Yeni bir yaklaşım olarak Manning pürüzlülük katsayısı tabanlı bir entropi modeli geliştirmiştir. Yöntemin gelecek çalışmalarda kullanılabilmesi için farklı düşeylerde derinlik boyunca analiz edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [35], doğal akarsularda debinin belirlenmesinde kullanılan dört farklı yöntem ile Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) yardımıyla ölçülen değerler karşılaştırılmış ve debiler incelenmiştir. Arazi ölçümleri Orta Anadolu'da, Sarımsaklı Deresi üzerinde bulunan Bünyan Pınarbaşı (BP) İstasyonu'nda altı farklı zamanda gerçekleştirilmiştir. Klasik yöntemler olarak bilinen, Manning denklemi, hız-alan yöntemi ve yükseklik-debi ilişkisine dayalı anahtar eğrisi yöntemiyle entropi yöntemi karşılaştırılmıştır. Ortalama bağıl hatalar karşılaştırıldığında hız-alan yönteminde hata %3'den daha az bulunmuştur. Altı farklı ölçüm için Manning ve anahtar eğrisi yöntemleri oldukça yüksek hatalar vermiştir. Bu metotlar için hatalar sırasıyla %16.8 ve %9.4 olarak belirlenmiştir. Entropi parametresi (M) bilinen bir akarsu kesiti için uygulanması oldukça kolay olan entropi yöntemiyle, hız alan yöntemi ile belirlenen debiler arasındaki ortalama bağıl fark ise %8.4 olarak hesaplanmıştır. Entropi yönteminin, Manning ve anahtar eğrisi yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiği ve uygulanmasının kolay olması sebepleriyle avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [36], derin olmayan, sığ açık kanal akımlarında hız dağılımını logaritmik, üstel ve entropi dağılımları ile incelemiştir. Arazi ölçümlerinde hız dağılımları Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) ile belirlenmiştir. Hız ölçümleri Kızılrmağın yan kollarından Sarımsaklı Deresi üzerinde ele alınan Bünyan Pınarbaşı (BP) kesitinde altı farklı zamanda yapılmıştır. Nikuradse'nin eşdeğer kum pürüzlülüğü (k_s) ve kayma hızları (u_*) ölçülen hız dağılımları yardımıyla belirlenmiştir. Sınır tabakasının iç bölge yüksekliğinin $11-48 \leq z/\delta \leq 52-100$ aralığında değiştiği belirtilmiştir. İç bölgede logaritmik dağılımın ölçüm hızlarını iyi temsil ettiği gözlenmiştir. Üstel dağılımdaki katsayıların $a=2.7$ ve $m=1/3$ olması durumunda hız dağılımlarını iyi temsil ettiği belirtilmiştir. Ele alınan kesitte entropi parametresi $M=0.85$ olarak hesaplanmıştır. Logaritmik, üstel ve entropi yöntemleri ile hesaplanan değerler ve ölçülen değerler arasındaki ortalama mutlak hata sırasıyla %12.6, %13.1,

%15.4 olarak bulunmuştur. Logaritmik dağılım yönteminin diğer iki yöntemden daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Choo vd. [37], Chiu'nun 2 boyutlu olasılık tabanlı entropi hız formülünü kanal yapısal özellikleri ile birlikte ele almışlardır. Geliştirdikleri yeni hız formülünde akım karakteristiklerinden olan su yüksekliği, en kesit genişliği, hidrolik yarıçap ve kanal taban eğimi kullanılarak maksimum hıza ulaşılmaya çalışılmıştır. Hem laboratuvar ortamında hem de doğal akarsularda yöntem denenmiştir. Yöntem laboratuvar kanalında -0.02 ile 0.03, doğal akarsularda ise -0.015 ile 0.02 aralığında hata vermiştir. Değerlerin birbirine çok yakın ve iyi olduğu vurgulanmıştır. Formülün hem laboratuvarda yer alan kanalda hem de doğal akarsu üzerinde çok iyi sonuçlar verdiği ve akım tahminlerinde kolaylıkla kullanılabileceği bildirilmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [2], doğal akarsularda hız dağılımını logaritmik, üstel ve entropi dağılımları ile incelemiştir. Arazi ölçümlerinde hız dağılımları Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) ile belirlenmiştir. Hız ölçümleri Kızılıрмаğın yan kollarından Sarımsaklı Deresi üzerinde ele alınan Sarımsaklı Baraj girişi (SB) kesitinde beş farklı zamanda yapılmıştır. Nikuradse'nin eşdeğer kum pürüzlülüğü (k_s) ve kayma hızları (u_*) ölçülen hız dağılımları yardımıyla belirlenmiştir. Sınır tabakasının iç bölge yüksekliğinin $20 \leq z/\delta \leq 50$ ve $40 \leq z/\delta \leq 100$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Bu iç bölgede logaritmik dağılımın ölçüm hızlarını iyi temsil ettiği gözlenmiştir. Üstel yöntemdeki katsayıların $a=4.0$ ve $m=1/5$ olması durumunda hız dağılımlarını iyi temsil ettiği belirtilmiştir. Ele alınan kesitte Entropi parametresi $M=3.07$ olarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile belirlenen dağılımların ölçülen hızlar ile uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Logaritmik, üstel ve entropi yöntemleri ile hesaplanan değerler ve ölçülen değerler arasındaki ortalama mutlak hataya bakıldığında sırasıyla %14.5, %8.0, %6.6 değerleri bulunmuştur. Entropi yönteminin diğer iki yöntemden daha yakın sonuç verdiği belirtilmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [1], akarsularda debinin belirlenmesi amacıyla sıklıkla kullanılan hız alan yöntemindeki dilim sayısının akım debisine etkisini sorgulamıştır. Bu amaçla Kızılıрмаğın yan kollarında bulunan dört farklı akarsu üzerinde, beş farklı istasyonda, değişik zamanlarda on adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. En kesit alanları 1 ila 19 farklı

dilime bölünerek her bir dilimde ölçülen ortalama hızlar ile debiler hesaplanmıştır. En fazla dilime bölünerek hesaplanan debiler gerçek debi olarak kabul edilerek, en kesit daha az sayıda dilimlere bölünmesi durumunda debilerin değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak on farklı akım durumu için, dilim sayısı ve hız ölçümü yapılacak düşey sayısı beş alınması durumunda gerçek debi ile beş dilim için hesaplanan debi arasındaki farkın %5'in altında olduğu görülmüştür. On farklı akım durumu için, dilimler belirlenirken akarsu orta kesitindeki su yüzü genişliğinin %10'luk bölümü bir dilim, sağ ve sol sahillerde aynı oranda olmak üzere sırasıyla %20 ve %25'lik ikişer dilimin kullanılmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

Ardıçlıoğlu ve Özdin [38], doğal akarsularda debi hesap yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bu amaçla Orta Anadolu'da, Kızılırmak Havzası üzerinde bulunan Bünyan Pınarbaşı (BP), Sarımsaklı (SR), Kırıközü (KÖ) ve Özdere (ÖD) istasyonlarında altışar farklı zamanda Acoustic Doppler Velocimeter (ADV) ile hız ölçümleri yapmışlardır. Akarsu enkesiti üzerinde belirlenen düşeylerde tabandan 4 cm yükseklikte bulunan noktadan başlayarak belirli aralıklarla su yüzüne kadar hız ölçümleri alınarak integrasyon debileri belirlenmiştir. Su yüzünden $0.2H-0.8H$ derinlikteki iki noktada ölçülen hızların ortalaması ile hesaplanan debilerle, integrasyon yönteminden bulunan debiler karşılaştırılarak BP, SB, KO ve OD istasyonlarındaki ortalama bağıl hatalar sırasıyla %2.3, %8.2, %6.4 ve %6.7 olarak hesaplanmıştır. Dört istasyon için ortalama hız, maksimum hız oranından M entropi parametreleri belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak entropi debileri hesaplanmıştır. Entropi debileri ile integrasyon debileri arasındaki ortalama mutlak bağıl hatalar BP, SB, KO ve OD istasyonları için sırasıyla %8.4, %4.6, %9.6 ve %8.7 olarak belirlenmiştir. Entropi parametresi (M) bilindiğinde entropi yönteminin uygulanmasının oldukça kolay olduğu ve integrasyon debilerine yakın sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Bu yöntemin kullanılabilmesi için sadece maksimum hız (u_{mak}) değerinin ölçülmesine ihtiyaç olduğu, maksimum hızın bulunduğu noktanın da kolayca tahmin edilebildiği vurgulanmıştır. Maksimum hızın genellikle en kesit üzerindeki en derin düşeyde olduğu ve maksimum hız, maksimum derinlik oranının (u_{mak}/H_{mak}) genellikle her istasyon için sabit olduğu belirtilmiştir. Her istasyon için bir kere bu sabit belirlendiğinde kolayca ölçülebilen maksimum derinlik değeriyle maksimum hızların hesaplanabileceği ifade edilmiştir. Bu yöntemle dört istasyonda öngörülen u_{mak} değerleri ile debiler (Q_{umak}) hesaplanarak integrasyon debileri ile

karşılaştırılmış ve ortalama bağıl hatalar BP, SB, KO ve OD istasyonları için sırasıyla %9.6, %2.4, %8.5 ve %9.0 olarak belirlenmiştir. Q_{umak} yönteminin yapay ve doğal kanallarda kullanılan mevcut metotlar arasında en basiti olduğu vurgulanmıştır.

Corato vd. [39], taşkın anlarında nehirlerin taşkın hidrografının tahmin edilmesi için yeni bir yöntem önermişlerdir. Yöntemin amacı basit akım özellikleri ve sınır değer koşulları kullanılarak hidrodinamik yayılma modeli yardımıyla hidrografın belirlenmesidir. Hidrografın belirlenmesinde ele alınan kanalın uzunluğu ve su yüzü hızı verileri kullanılmıştır. Çalışmada kısa kanal uzunluklarının da hidrograf oluşturmak için yeterli olduğu belirtilmiştir. Geliştirilen algoritmanın özellikle yüksek taşkınlarda başarısız olduğu bildirilmiştir. Bu yönetime çok ilgi olmasına rağmen hidrolik kanunlar kullanılarak birçok akım örneği ile yöntemin ele alınması gerektiği belirtilmiştir.

Ardıçlıoğlu vd. [40], entropi yöntemini kullanarak, doğal açık kanallarda debi ve hız dağılımlarını incelemiştir. Kızılırmak Nehri'nin yan kolları üzerinde bulunan Bünyan, Şahsenem, Barsama ve Zamantı çayı üzerinde bulunan Sosun İstasyonu'nda olmak üzere toplam 22 farklı akım koşulunda ADV ile hız ölçümleri yapılmıştır. İstasyonlarda ölçülen ortalama hız ile maksimum hız arasındaki doğrusal ilişkiden faydalanarak her bir istasyon için M entropi parametresi belirlenmiştir. Bünyan, Şahsenem, Barsama ve Sosun istasyonları için M entropi parametreleri sırasıyla 1.40, 1.30, 0.85 ve 1.22 olarak hesaplanmıştır. Literatürde verilen, aynı havzadaki doğal akarsularda benzer bir doğrusal ilişki olduğundan bahsedilerek, bu ilişkinin olması için akarsuların aynı havzada olmasa bile benzer karakteristikler sergilemesinin yeterli olacağı belirtilmiştir. Ölçüm alınan dört istasyonun akım karakteristikleri birbirine benzer olduğundan bu istasyonlar için genel bir M entropi parametresi belirlenebileceği ifade edilerek, istasyonların ortalamasının alınmasıyla $M=1.31$ olarak hesaplanmıştır. Bu genel M değerinin hesaplanmasında 22 farklı akım durumu için ölçülen maksimum hız değerleri (u_{mak}) kullanılmıştır. Dört istasyon için, bu yöntemle hesaplanan debilerle, arazide ölçülen debiler arasındaki ortalama bağıl hata %5.4 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, u_{mak} maksimum akım hızı, H su derinliği, h su yüzünden maksimum hızın bulunduğu noktaya kadar olan düşey uzaklık, y kıyıdan ölçümün alındığı noktaya kadar olan yatay uzaklık, B enkesit su yüzü genişliği, R hidrolik yarıçap ve $z_{mak}=H-h$ olmak üzere U_{mak}/H ve z_{mak}/H oranlarının y/B oranı 0.2 ile 0.8 arasında dört istasyon için sabit olduğu

belirlenmiştir. Özellikle geniş nehirlerde ($B/R \geq 20$) bu yöntemin iyi sonuçlar verdiği vurgulanmıştır. Bütün istasyonlarda bu sabit oranlar yardımıyla, kolayca ölçülebilen su derinlikleri kullanılarak u_{mak} ve z_{mak} değerlerinin belirlenebileceği ifade edilmiştir.

Corato vd. [41], İtalya’da Po Nehri üzerinde Pontelagoscuro’nun elde ettiği akım verilerini incelemişlerdir. Yüksek taşkınlar sırasında oluşacak hız profillerinin belirlenmesi amacıyla üç farklı yöntem ele almışlardır. Bunlardan ilk ikisi klasik logaritmik dağılıma eklemeler yaparak dalma etkisini dikkate almak için kullanılmıştır. Üçüncü yöntem ise maksimum su hızını kullanan entropi yöntemidir. Altı adet akım durumunda yöntemler uygulanmıştır ve hata oranları karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin genel olarak hassas sonuç verdiği bildirilmiştir. Ancak taşkın anlarında tahmin süresi çok önemli olduğundan diğerlerinden daha pratik olan entropi yönteminin daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir.

Ardıçlıoğlu vd. laboratuvar kanalında yaptıkları deneysel çalışmalar ile pürüzlü yüzeylerde logaritmik ve entropi dağılımlarının geçerli olduğu bölgeleri incelemişlerdir. Coles’un kuyruk fonksiyonu eklenmiş logaritmik dağılımın derinlik boyunca hız dağılımını oldukça iyi temsil ettiğini belirtmişlerdir. Pürüzlü yüzeylerde entropi parametresi M için yeni bir yaklaşım önermişlerdir [16-30-33].

2. BÖLÜM

YÖNTEM

2.1. Debi Hesap Yöntemleri

Açık kanallarda debi hesabı genel olarak üç farklı yöntemle yapılmaktadır Bunlardan ilki ampirik yaklaşımlardır. Ampirik yaklaşımlar Manning Denklemi, Chezy Denklemi, Darcy Weisbach denklemidir. İkinci yöntem ise deneysel metotlardır. Bu amaçla hız alan integrasyon yöntemi ve anahtar eğrileri kullanılmaktadır. Üçüncü olarak da yarı deneysel yöntemler olup bu grupta da su yüzü hızı ile debi hesabı ve entropi yöntemi ele alınacaktır. Literatürde yer alan ampirik denklemler pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır ancak bu yöntem sonuçlarının çok da hassas olmadığı bildirilmektedir [42]. Deneysel çalışmalar; kesit özelliklerini daha iyi temsil ettiği ve anlık hız ölçümlerine dayandığı için daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada ele alınan akarsu enkesitlerinde yapılan hız ölçümleri, hız alan integrasyon yöntemi, anahtar eğrileri ve entropi yöntemiyle debi hesabı yapılmıştır. Burada ele alınan yöntemler hakkında bilgilere yer verilmiştir.

2.1.1. Hız Alan İntegrasyon Yöntemi

Açık kanal akımlarında en kesit üzerinde yapılacak olan hız ölçümleri yardımı ile debi hassas olarak belirlenebilmektedir. Bu amaçla ele alınan enkesit dilimlere bölünür. Dilimlere ait ortalama hızlar farklı yöntemler ile belirlenerek dilim debileri belirlenebilmektedir. Literatürde dilim debilerinin toplam debinin %10'unu geçmemesi kendi içerisinde bulunduğu alanı temsil edebilecek şekilde en kesitin parçalara bölünmesi gerektiği belirtilmektedir. Parçalanmış alanların her birinden geçen debi toplanarak kesitten geçen akımın debisi gerçeğe en yakın şekilde hesaplanabilir.

Doğal akarsularda kesitin geometrik yapısı, kanal tabanının fiziki özellikleri, kanalın eğimi vb. nedenlerle kanal en kesitinde çok farklı akım şartları oluşur. Bu nedenlerle açık kanallarda akım özelliklerinin ve akım hızının belirlenmesi güç olmaktadır. Akım modellemesi çalışmalarında kesitte yer alabilecek değişimleri de göz önüne alan, kendi içerisinde benzer özellikler gösteren dilimlere ayırmak gerçeğe daha yakın sonuç elde edilmesini sağlayacaktır. Benzer özelliklere sahip alanların ayrı ayrı ortalama hız ve debi değerleri hesaplanarak tüm bu alanların debi değeri toplanıp kanaldan geçen toplam debi elde edilmektedir.

Dilim debileri yönteminin uygulanma şekli, en kesiti, kesitten geçen akımı, yaklaşık eşit olacak şekilde temsil edebilecek dilimlere bölmektir (Şekil 2.1). Literatürde dilimlere ayırma işlemi gerçekleştirilirken, bölünen her bir dilimden geçen debinin akım toplam debisinin %10'unu geçmeyecek şekilde ayarlanması öngörülmektedir. Her bir dilime ait ortalama hızlar, o dilimi temsil edecek düşeyde yapılan noktasal hız ölçümleri yardımıyla belirlenir. Ele alınan düşeyde çok sayıda hız ölçümü olması durumunda bu düşeye ait ortalama hız, (2.1) denklemindeki gibi hesaplanabilir.

$$U_i = \frac{\sum a_j}{H_i} = \frac{\sum \frac{(u_j + u_{j+1})}{2} h_j}{H_i} \quad (2.1)$$

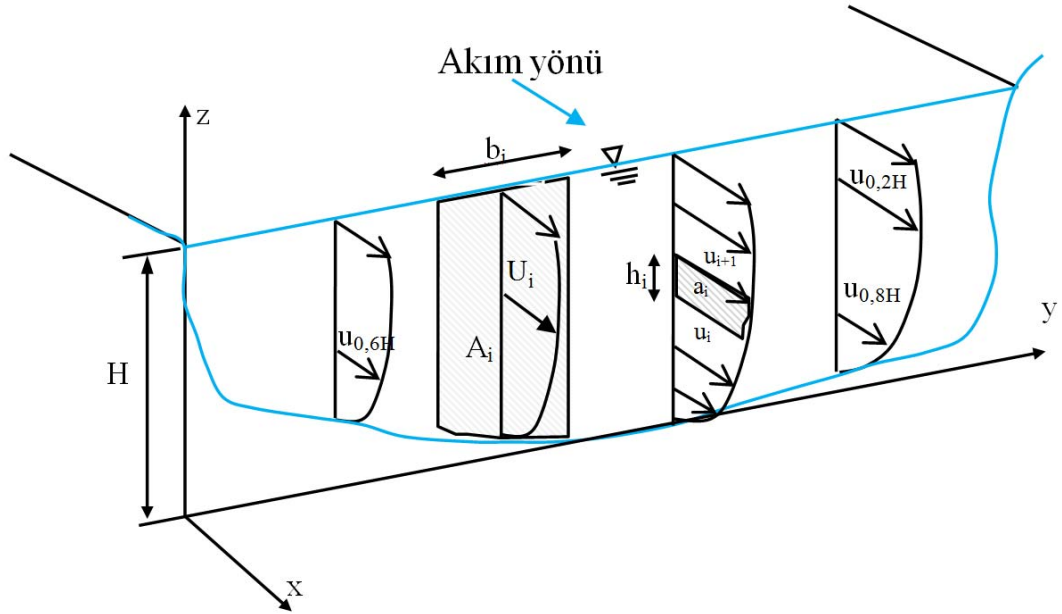
Burada U_i ; dilime ait ortalama hız, u_{j+1} ve u_j ; ele alınan düşeydeki ardışık hızlar, h_j ; bu iki hız ölçüm noktası arasındaki uzaklık, a_j ; ardışık iki hız eğrisi arasındaki alan ve H_i ; ölçüm yapılan düşeye ait akım derinliğidir.

(2.1) ifadesiyle hesaplanan düşeye ait hızın (2.2) ifadesiyle hesaplanan dilim alanı ile çarpılmasıyla o dilime ait debi belirlenebilir (q_i). Bu ifadede A_i dilime ait alan, b_i dilim genişliğidir. Kesitten geçen debi (2.4) ifadesinde verildiği üzere dilim debilerinin toplanmasıyla elde edilir. Burada n enkesitteki dilim sayısıdır.

$$A_i = b_i H_i \quad (2.2)$$

$$q_i = U_i A_i \quad (2.3)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i = \sum_{i=1}^n U_i A_i \quad (2.4)$$



Şekil 2.1. Ölçüm yapılan düzeyde ortalama hızın hesabı.

Pratikte dilim debileri belirlenirken ölçüm yapılan düzeyde, su yüzeyinden $0.2H$ ve $0.8H$ derinliğindeki hızların ortalamasının o dilime ait ortalama hızı temsil ettiği kabul edilir. Belirlenen bu dilim ortalama hızı yardımı ile (2.3) ve (2.4) ifadeleri kullanılarak kanal en kesitinden geçen debi hesaplanabilir. Literatürde bu yöntemin oldukça iyi sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Akım derinliğinin az olduğu, sığ sularda su yüzeyinden $0.6H$ derinlikteki hız ölçülerek bu hızın o dilime ait ortalama hız olarak kullanılması önerilmektedir [43].

2.1.2 Anahtar Eğrisi Yöntemi

Bir kesitte debi ve derinlik değerleri arasında çizilen eğriye Anahtar Eğrisi denir. Farklı akım koşullarında seviye ve debi ölçümleri yapılarak anahtar eğrileri oluşturulur. Kanal debisinde küçük bir artış sonucunda büyük bir seviye artışının olması, kesitin dar, derin ve taşkın yatağı içermediğinin bir göstergesi olabilmekte iken bunun tersi hali de mümkündür.

Anahtar eğrisinin çıkarıldığı kesitte seviye ve debi arasında belirli ve tek bir bağlantının bulunması gerekir, böyle bir kesite kontrol kesiti denir. Ancak bazı nedenlerle böyle bir

kesitte anahtar eğrisi zamanla değişebilir. Bunun bir nedeni akarsu kesitinde zamanla değişiklikler olmasıdır (tabanın taranması, köprü yapımı ve bitkilerin yetişmesi gibi).

Alüvyonlu akarsularda tabanın hareketli olması nedeniyle oyulma ve yığılmalar sonucunda anahtar eğrisi değişebilir. Bu nedenlerle kesitin anahtar eğrisinin değişip değişmediğini arada bir (yılda birkaç defa) kontrol etmek gerekir. Kontrol sonucunda ölçülen debiye karşı gelen seviyenin anahtar eğrisindeki değerden farklı olduğu görülürse anahtar eğrisi aradaki fark kadar kendisine paralel olarak kaydırılır (şift uygulama). Özellikle taşkınlardan sonra bu kontrolü yapmak gerekir. Akarsuyun buz tutması da buz ile sürtünme ve su yüzeyi kotunun okunmasındaki zorluk yüzünde anahtar eğrisini değiştirir. Bu bakımdan buz örtüsünün bulunması hali için ayrıca bir anahtar eğrisi elde etmek gerekir [44].

Anahtar eğrisinin çıkarıldığı kesitin kontrol kesiti olmaması halinde debi-seviye bağlantısı tek değerli olmaz. Örneğin su yüzü eğiminin değişmesi halinde (barajların kabarma eğrisi içinde kalan kesitlerde, bir hareketli bağlamanın veya köprünün arkasında, bir gölün veya akarsuya bir kolun karıştığı yerin memba tarafında) anahtar eğrisi de eğime bağlı olarak değişir.

Yüksek sularda debi ölçümü çok güç olduğu için anahtar eğrisini yüksek debilere doğru uzatmak gerekir. Fakat anahtar eğrisinin ölçülmüş olan debilerin yukarıdaki bölgede ekstrapolasyonu her zaman iyi sonuç vermez. Bu iş için kullanılan yöntemlerden biri Q debisi ile H seviyesi arasında şöyle bir bağıntı kabul etmektedir.

$$Q = K(H - H_0)^n \quad (2.5)$$

Bu bağıntıdaki K , H_0 ve n sabit değerleri o istasyonda ölçülmüş değerlerden elde edilir. Bunun için (2.5) denkleminin logaritmik kağıt üzerinde bir doğru şeklinde görünmesinden faydalanılır. H_0 değeri $\log Q$ ile $\log (H - H_0)$ arasındaki bağıntıyı doğrusal bir bağıntıya yaklaştıracak şekilde deneme ile belirlenir. Seviyenin farklı bölgelerinde (alçak, orta ve yüksek sularda) sabitler farklı değerler alabilir. Ortalama hız için Chezy ya da Manning formülünün kabul edilmesiyle de buna benzer bir bağıntıya varılır [44].

2.1.3. Manning Denklemi

Akarsularda akım ölçümleri, çevresel etkenler, doğa şartları ve akım özellikleri gibi birçok nedene bağlı olarak yerinde yapılan çalışmalarla gerçekleştirilememektedir. Bu belirsizlik de araştırmacıları birçok ampirik formül geliştirmeye yönlendirmiştir. Bu formüllerin en bilineni ifadenin kolay kullanımı ve çoğu zaman gerçeğe yakın sonuç vermesi nedeniyle yaygın olarak kullanılan Manning-Strickler eşitliğidir. Manning (1895) açık kanallardaki üniform akımların hesaplarında en çok kullanılan formül olarak (2.6) ifadesini önermiştir. Hidrolik yarıçap ve kanal eğiminin bilindiği durumlarda pürüzlülük şartlarına bağlı olarak debi hesabı Manning-Strickler eşitliği ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

$$U = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2.6)$$

Burada U ; akımın en kesitteki ortalama hızı, n ; Manning pürüzlülük katsayısı, R ; hidrolik yarıçap olup $R=A/P$ ifadesi ile belirlenmektedir. Burada A ; ıslak en kesit alanı ve P ; ıslak çevreyi ifade etmektedir. S ; enerji çizgisinin eğimi olup, üniform akımlarda su yüzü ve kanal taban eğimine eşit alınabilir. Formülün kullanımındaki en büyük sıkıntı kanal şartlarına bağlı olarak pürüzlülük katsayısı n 'in gerçeğe yakın olarak belirlenebilmesidir. Manning pürüzlülük katsayısı n 'in belirlenmesine etki eden faktörler yüzey malzeme özelliği (n_0), kanal boy kesit düzensizliği (n_1), kanal en kesit düzensizliği (n_2), kanaldaki engeller (n_3), kanal tabanı bitki dokusu (n_4) ve kanalın yataydaki eğimi (m_5)' dir. Bütün bu faktörlerin etkisi göz önüne alınarak Manning pürüzlülük katsayısı $n=(n_0+n_1+n_2+n_3+n_4)m_5$ formülü ile hesaplanabileceği Chow tarafından önerilmiş ve farklı kesit özellikleri için tablolar verilmiştir. Bu değerler Tablo 2.1'de yer almaktadır. Ele alınan herhangi bir kesit için bu tabloda yer alan değerlerle Manning pürüzlülük katsayısı n belirlenebilmektedir. Ancak kesitin bu fiziki özelliklerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi; pürüzlülüğün belirlenebilmesi ve buna bağlı olarak da kesitten geçen debinin belirlenebilmesi bakımından ciddi bir öneme sahiptir. Tablo 2.1'de belirtilen değerlerin yanı sıra aşağıdaki Tablo 2.2'de ise Manning pürüzlülük katsayısı için farklı yüzeylere ait alınabilecek minimum ve maksimum değerler verilmiştir [45]. Bu değerlere bakılarak hesaplanan pürüzlülük değerlerinin kesiti tam olarak temsil edip edemediği kontrol edilebilmektedir.

Tablo 2.1. Chow tarafından tavsiye edilen pürüzlülük değerleri.

Kanal Durumu		Değer	
Malzeme içeriği	Toprak	n_0	0.02
	Kaya Parçaları		0.025
	Mıcır		0.024
	İri Mıcır		0.028
Düzensizlik derecesi	Pürüzsüz	n_1	0
	Küçük		0.005
	Orta		0.01
	Şiddetli		0.02
Kanal kesitinin değişimi	Tedrici	n_2	0
	Nadiren değişen		0.005
	Sık sık değişen		0.01-0.015
Engellemelerin nispi etkileri	İhmal edilebilir	n_3	0
	Küçük		0.01-0.015
	Kayda değer		0.02-0.03
	Şiddetli		0.04-0.06
Bitki Örtüsü	Düşük	n_4	0.005-0.01
	Orta		0.01-0.025
	Yüksek		0.025-0.050
	Çok yüksek		0.05-0.1
Kıvrım Derecesi	Küçük	m_5	1
	Orta		1.15
	Şiddetli		1.3

Tablo 2.2. Zemin cinslerine göre kullanılabilecek minimum ve maksimum Manning pürüzlülük katsayıları.

Manning Katsayısı		
Zemin Cinsi	n	
	min	mak
Düzgün çimento yüzey	0.010	0.013
Pürüzsüz metal kanallar	0.011	0.015
Dökme beton	0.011	0.013
Çimento harçlı tuğla	0.012	0.017
Çok düzgün tabii akarsular	0.025	0.033
Çok pürüzlü akarsular	0.045	0.060
Çok yabani otlı akarsular	0.075	0.150

2.1.4. Su Yüzü Hızı ile Debi Hesabı

Akarsularda su yüzü hızı (u_{sy}) ile ortalama hız (U) arasında doğrusal bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu ilişki en kesit için doğru bir şekilde belirlendiğinde kesite ait ortalama hızın belirlenmesi mümkün olmaktadır. Belirlenen ortalama hız ile de kesite ait debi hesaplanabilmektedir. Yöntem pratikte kolay olarak gerçekleştirilebilmektedir. Dikkatli bir su yüzü hızı ölçümü ile debi hesabı kolay bir şekilde yapılabilir.

Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli konu su yüzü hızının doğru bir şekilde tespit edilebilmesidir. Bu amaçla akarsu üzerinde su yüzü hızının ölçülmesi için başlangıç ve bitiş noktaları belirlenerek bu iki nokta arasındaki mesafe ölçülmelidir. Literatürde bu mesafenin kesit genişliğinin yaklaşık on katı olması tavsiye edilmektedir. Belirlenen bu bölgede su yüzü hızı ile eşit hızda hareket edebilen bir malzeme (ağaç parçası, yaprak vs.) ve bir zaman ölçme cihazı yardımıyla ele alınan parçacığın o mesafeyi ne kadar sürede aldığı belirlenerek su yüzü hızı (2.7) ifadesi yardımıyla bulunmaktadır. Bu ifadede L_{sy} ; alınan yol t ise bu yolun alındığı süredir.

$$u_{sy} = L_{sy} / t \quad (2.7)$$

Su yüzü hızı ortalama hızdan büyük olmaktadır. Yapılan çalışmalarda su yüzü hızı ile ortalama hızın hesabının (2.8) ifadesindeki gibi bir denklemle yapılacağı bildirilmiştir.

$$U = k_{sy} u_{sy} \quad (2.8)$$

Buradaki k_{sy} katsayısının derin sularda 0.8 ile 0.9 aralığında değiştiği ve genel olarak 0.85 alınabileceği bildirilmektedir. Sığ sularda ise bu katsayının 0.67 civarında hesaplandığı belirtilmiştir [46].

2.1.5. Entropi Yöntemi ile Debi Hesaplanması

Bu bölümde Chiu tarafından açık kanallarda hız dağılımını formüle etmek için olasılık dağılımını esas alan entropi yöntemi ile debi hesabı ele alınmıştır. Bu yöntem entropiyi maksimize etme temeline dayanılarak geliştirilen istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntemin esası akarsuda ele alınan kesite ait ortalama (U) ve maksimum hızların (u_{mak}) oranının değişmemesidir. Benzer bulgular Xia [47] tarafından da verilmiştir. Bu sabit oran (2.9) ifadesi ile verilen M entropi parametresi ile gösterilmiştir.

$$\Phi = \frac{U}{u_{mak}} = \frac{e^M}{e^M - 1} - \frac{1}{M} \quad (2.9)$$

Kesite ait bilinen M parametresi yardımı ile maksimum hızın ölçülmesi durumunda ortalama hız; dolayısıyla debi kolaylıkla belirlenebilmektedir. Maksimum hızın enkesit üzerindeki yeri ve konumu ortalama hıza göre daha kolay belirlenebilir. Literatürde bir enkesitte maksimum hızın, kesitin ortalarında ve en derin olan düşeyde oluşacağı vurgulanmaktadır [48]. Bu düşeyde yüzeye yakın yapılacak birkaç hız ölçümü neticesinde enkesitteki maksimum hızı belirlenebilir. Geometrik olarak kolayca belirlenebilen en kesit alanı ve ölçülen maksimum hız yardımı ile kesitten geçen debi (2.10) ifadesi kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q = UA \quad (2.10)$$

Bu ifadede Q ; kesitten geçen debi, U ; ortalama hız ve A da kesit alanıdır.

2.2. Akarsularda Hız Dağılımı

2.2.1 Logaritmik Dağılım

Açık kanal akımlarında enkesit boyunca hız dağılımının bilinmesi kanalların boyutlandırılması ve akımın özelliklerinin belirlenmesi için gereklidir. Enkesit üzerinde kayma gerilmesinin belirlenmesi, enerji kayıplarının, sediment taşınımının ve türbülans yapısının incelenmesinde hız dağılımının tanımlanması gerekir. Geniş kanallarda ($B/H \geq 5-10$) kesit orta bölgesindeki hız dağılımı yan duvarlardan etkilenmediği için akım genelde iki boyutlu kabul edilir. Bu nedenle geniş kanallarda boru akımları için kullanılan hız ifadelerinin açık kanallar içinde kullanılacağı ancak serbest su yüzeyi etkilerinin göz önüne alınması amacıyla bu ifadelerdeki katsayıların açık kanalar için yeniden belirlenmesi gerektiği Rouse tarafından bildirilmiştir [49].

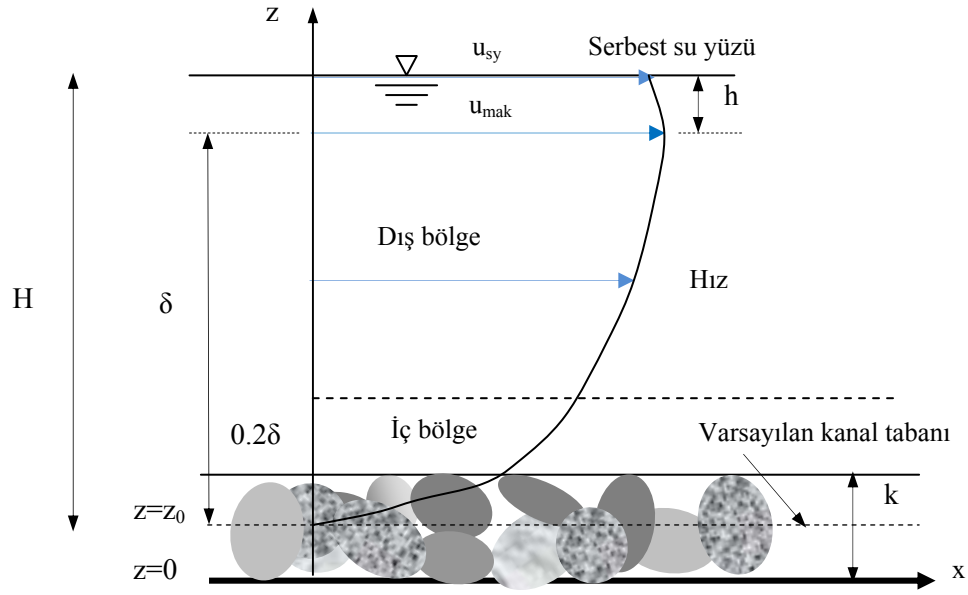
Dairesel borular ve düz yüzeyler üzerindeki türbülanslı akımların hız dağılımını veren ifadelerin belirlenmesi Prandtl [50] ve von Karman'ın [51] boru akımları üzerindeki teorik araştırmaları ile başlamıştır. Yapılan çalışmalarda katı sınır yakınlarında yani viskoz kuvvetlerin etkisi altındaki alt tabakada doğrusal hız dağılımının geçerli olduğu

ifade edilmiştir. Katı sınırdan uzaklaştıkça akımda türbülans etkisinin baskın olduğunu ve bu bölgedeki hız dağılımının Velocity Defect Law (noksan hız dağılımı) ve Law of the Wall (duvar kanunu) dağılımları ile temsil edilebileceğini bildirmişlerdir. Coles [52] duvar kanununa ampirik bir fonksiyon ilave ederek tüm sınır tabakası boyunca iç ve dış bölgede geçerli olan hız dağılım ifadesini önermiştir.

Doğal akarsularda akım genellikle pürüzlüdür ve birçok parametreye bağlı olan akım özelliklerini belirlemek zordur. Pürüzlü yüzeylerdeki malzeme özelliklerini gösteren en önemli parametre Nikuradse'nin eşdeğer kum yüksekliği olarak bilinen k_s parametresidir. Bu parametre malzemenin şekline, yüksekliğine ve dağılımına bağlı olup genellikle $k_s \approx (3-6)k$ aralığında değişir[53]. Burada k Şekil 2.1'de görüldüğü üzere kanal tabanındaki malzemenin çapıdır. Deneysel çalışmalara göre kanal tabanındaki malzemenin üniform ve düzenli olması durumunda Nikuradse'nin eşdeğer kum pürüzlülüğü, k_s , kanal malzemesi gerçek çapı olan k ya yakın değer almaktadır [54].

Deneysel çalışmalara bağlı, iki boyutlu açık kanal akımları türbülansın varlığı ve katı sınırın etkisi ile iç ve dış bölge olmak üzere ikiye ayrılır. Duvar kayma gerilmesinin etkin olduğu iç bölgenin yüksekliği sınır tabakası yüksekliğinin, δ , %10-20'si civarındadır. İç bölgedeki hız dağılımı logaritmik dağılım tarafından iyi bir şekilde tanımlanmaktadır. Diğer taraftan, dış bölge sınır tabakası kalınlığının büyük bir kısmını oluşturur. δ , sınır tabakası yüksekliği maksimum hızın meydana geldiği yükseklik olup Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Şekilde u_{sy} ; su yüzü hızı, u_{mak} ; δ yüksekliğindeki en yüksek hız, H ; su derinliği, z_0 ; hızın sıfır olduğu yükseklik ve k ; malzeme pürüzlülük yüksekliğidir.

Doğal akarsularda katı sınır özellikleri rastgele ve geniş aralıklarda değişebilmektedir. Çoğu zaman pürüzlü özelliğe sahip olan bu yüzeylere ait pürüzlülük katsayıları k , literatürde detaylı olarak incelenmiştir [55]. Doğal akarsularda logaritmik dağılım incelendiğinde su yüzüne yakın bölgedeki dalma etkisi (deep-effect) klasik logaritmik dağılımla tam olarak temsil edilememektedir. Bu bölgenin temsil edilebilmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda logaritmik dağılıma çeşitli değişiklikler uygulanarak dalma etkisini temsil edecek yeni logaritmik dağılımlar geliştirilmektedir (modifiye-logaritmik dağılım).



Şekil 2.2. Pürüzlü yüzey üzerindeki türbülans sınır tabakası ve hız profili.

2.2.1.1 Cilalı ve Pürüzlü Akım Şartları

Açık kanallarda akım hidrolik olarak cilalı veya pürüzlü olabilir. Cilalı akım taban düzensizliklerinin çok küçük olduğu durumlarda, örneğin pürüzlülük elemanlarının tamamen laminar alt tabakada kaldığı durumlarda ortaya çıkar. Bu yüzden cilalı akımlarda taban pürüzlülüğü hız dağılımına etki etmez [55]. Artan Reynolds sayısı ile viskoz alt tabaka küçülür ve pürüzlülük yüksekliği viskoz alt tabakayı aşarak akım geçiş durumuna girer. Daha büyük Reynolds sayılarında, viskoz alt tabaka daha fazla küçülerek, pürüzlülük yüksekliği akım davranışına daha çok etki eder.

Henderson tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, akış hidrolik cilalı ise,

$$\frac{u_* k_s}{\nu} < 4 \quad (2.11)$$

Geçiş durumunda ise,

$$4 < \frac{u_* k_s}{\nu} < 100 \quad (2.12)$$

ve tam pürüzlü ise,

$$100 < \frac{u_* k_s}{\nu} \quad (2.13)$$

Burada, $\nu = \mu / \rho$ suyun kinematik viskozitesi ve u_* kayma hızı aşağıdaki gibi ifade edilir [56].

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{gRS} \quad (2.14)$$

Bu ifade de R ; hidrolik yarıçap ve S ; enerji çizgisinin eğimi olup uniform akımlarda serbest su yüzü ve kanal taban eğimine eşittir.

2.2.1.2 Cilalı Akımlarda Hız Dağılımı

Açık kanal akımının tanımlanması için akışkanın hareket denklemini ele almak gerekir. Sürtünmeli sıkışmayan akışkanlarda hareket denklemleri Navier-Stokes denklemleri ile verilmiştir. Bu eşitlikler türbülanslı akımlar için Reynolds denklemleri olarak anılır ve analitik olarak çözümü bulunmamaktadır [54].

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi düz bir tabanda bir boyutlu düzenli uniform akımda $u=u(z)$, $v=0$, $w=0$ ifadeleri tanımlı olduğuna göre Reynolds denklemlerinde verilen x doğrultusundaki kütleli kuvvet ve basınç gradyanının ihmal edilmesi ile:

$$\mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) - \frac{\partial}{\partial z} (\rho \overline{u'w'}) = 0 \quad (2.15)$$

Şeklinde yazılabilir. Bu ifade z doğrultusunda integre edildiğinde;

$$\mu \frac{du}{dz} - \rho \overline{u'w'} = C \quad (2.16)$$

ifadesi elde edilir. Burada $\mu du/dz$ terimi akışkanın viskozitesinden doğan sürtünmeyi temsil eder ve τ ile gösterilir. $-\rho \overline{u'w'}$ terimi ise akımın türbülanslı olması nedeni ile doğan sürtünmeyi gösterir.

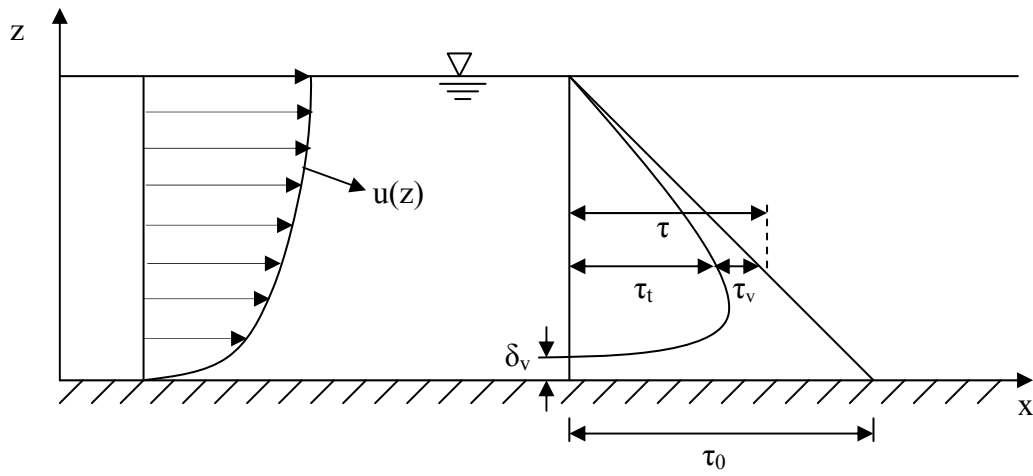
(2.16) ifadesinde C integrasyon sabitini bulmak için sınır şartı: $z=0$ da $u'w'=0$ ve $\mu du/dz=\tau_0$ dır. Buradan $C=\tau_0$ bulunur. Bu durumda (2.16) ifadesi aşağıdaki forma girer:

$$\mu \frac{du}{dz} - \rho \overline{u'w'} = \tau_0 \quad (2.17)$$

Görüldüğü gibi türbülanslı akımın herhangi bir noktasında iki tür gerilmeden bahsetmek gerekir. Bunlar viskoz gerilme (τ_v) ve türbülans gerilmesi (τ_t) dir. Yani toplam gerilme (2.18) ifadesindeki gibi verilebilir. :

$$\tau = \tau_v + \tau_t = \mu \frac{du}{dz} - \rho \overline{u'w'} \quad (2.18)$$

Şekil 2.3' de bu iki gerilme toplamının akım kesiti üzerinde nasıl değiştiği deneysel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Türbülanslı üniform akımda kayma gerilmesi dağılımı.

2.2.1.3. Viskoz Alt Tabakada Çözüm

Katı sınır yakınlığında çok küçük bir bölgede viskoz kuvvetler hakimdir. Viskoz alt tabaka olarak adlandırılan bu bölgenin kalınlığı çok küçük olup toplam sınır tabakası kalınlığının (δ) yaklaşık olarak % 0.1-1.0'ını oluşturur. Hareket denklemi bu bölge için aşağıdaki şekle indirgenir:

$$\mu \frac{du}{dz} = \tau_0 \quad (2.19)$$

$z=0$ için $u=0$ sınır şartı kullanılarak (2.19) ifadesi integre edilirse:

$$u = \frac{\tau_0}{\mu} z \quad (2.20)$$

Bu ifade kayma hızı $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ ile boyutsuzlaştırılırsa:

$$\frac{u}{u_*} = \frac{u_* z}{\nu} \quad (2.21)$$

Doğrusal hız dağılım ifadesi elde edilir.

2.2.1.4. Türbülanslı Bölgede Çözüm

Sınırdan uzak bölgelerde çalkantı gerilmeleri hakimdir. Sınır tabakasının belli bir kesiminde $\mu \frac{d\bar{u}}{dz}$ terimi ihmal edilebilir. Böylece türbülanslı bölge için Reynolds hareket denklemi Prandl' ın karışma boyu teoremi $[u' = v' = \chi z (du / dz)]$ kullanılarak;

$$\rho \chi^2 z^2 \left(\frac{du}{dz} \right)^2 = \tau_0 \quad (2.22)$$

şeklinde yazılabilir. Buradan

$$\frac{du}{dz} = \frac{I}{\chi z} \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad (2.23)$$

elde edilir ve $u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$ yazılarak (2.23) ifadesi integre edildiğinde boyutsuz hız dağılımı için

$$\frac{u}{u_*} = \frac{I}{\chi} \ln z + C_0 \quad (2.24)$$

denklemi bulunur. Görüldüğü gibi türbülanslı bölgede akıma dik doğrultudaki hız logaritmik bir dağılım göstermektedir. $z=H$ için $u = u_{mak}$ sınır şartı kullanılarak (2.24) ifadesindeki hız dağılımı;

$$\frac{u}{u_*} - \frac{u_{mak}}{u_*} = \frac{I}{\chi} \ln \frac{z}{H} \quad (2.25)$$

Şeklinde elde edilir ki bu düz tabandaki türbülanslı üniform akımda Prandtl'ın universal hız dağılım ifadesidir ve literatürde “Velocity Defect - Noksan Hız” dağılımı olarak anılır.

Türbülanslı bölgede hız dağılımının ifadesi için geliştirilen diğer bir ifade de “Law of the Wall – Duvar Kanunu ” dağılımıdır.

$$\frac{u}{u_*} = A_L \ln \frac{u_* z}{\nu} + B_L \quad (2.26)$$

Bu ifade de B katı sınır özelliklerine bağlı bir sabittir.

Logaritmik bölgedeki hız dağılımını gösteren (2.26) ifadesindeki A_L ve B_L sabitlerinin belirlenmesi için açık kanallarda birçok deneysel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda A_L değerinin 2.43-2.86 ve B_L değerinin ise 3.8-7.0 arasında değiştiği görülmüştür [57].

2.2.1.5. Pürüzlü Açık Kanal Akımlarında Hız Profili

Pürüzlü açık kanal akımlarındaki hız dağılımına yüzey pürüzlülüğü etki etmektedir. Logaritmik hız ifadelerinin pürüzlü kanallarda da kullanılabileceği, üniform ve düzenli üniform olmayan akımlarda, $z/H < 0.20$ iç bölgede logaritmik ifade aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\frac{u}{u_*} = \frac{I}{\chi} \ln \left(\frac{z}{k_s} \right) + B_p \quad (2.27)$$

Bu ifadede u ; düşey doğrultudaki noktasal hız, u_* ; kayma hızı, $\chi=0.40$; von Karman sabiti, z ; tabandan uzaklık, k_s ; Nikuradse'nin eşdeğer kum pürüzlülüğü, B_p ; integrasyon sabiti olup $B_p = 8.5 \pm \%15$ olarak Song ve Graf tarafından verilmiştir [58]. Bu sabit kullanılarak (2.27) denklemi aşağıdaki hali alır.

$$\frac{u}{u_*} = \frac{I}{\chi} \ln \left(\frac{z}{k_s / 30} \right) \quad (2.28)$$

Nezu ve Nakagawa, logaritmik dağılımın sadece duvar bölgesinde geçerli olduğunu ve dış bölgedeki hız dağılımı sapmalarının Coles'un kuyruk fonksiyonu ile hesaplanabileceğini bildirmiştir [52-59].

Kırkgöz, tam gelişmiş pürüzlü sınır tabakası akımında iç bölgede ($100 < u_* z / \nu < 400$) hız dağılımının (2.29) ifadesi ile tanımlanabileceğini bildirmiştir [60-61].

$$\frac{u}{u_*} = 2.44 \ln \frac{u_* z}{\nu} - 0.8 \quad (2.29)$$

Bu son ifade cilalı yüzeyler için verilen dağılımdan farklı olup u/u_* değeri pürüzlü akım durumunda daha küçük olmakta ve ifadenin geçerli olduğu bölge daha da uzamaktadır.

2.2.2. Üstel Dağılım

Nikuradse [62] cilalı boru akımlarda hız dağılımını Reynolds sayısının belli bir aralığında üstel ifade ile (Power law) gösterilebileceğini belirtmiş, daha sonra Kandula ve ark. [63] açık kanallarda yaptıkları deneysel çalışmalarda üstel ifadenin açık kanallardaki hız dağılımını göstermede kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Üstel dağılım açık kanal akımlarında düşey hız dağılımının modellenmesinde kullanılmaktadır. Prandtl, katı sınıra çok yakın bölgeler hariç cilalı borulardaki türbülanslı akım için aşağıdaki üstel hız dağılımını vermiştir:

$$\frac{u}{u_{mak}} = \left(\frac{z}{D/2} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (2.30)$$

Burada D ; boru çapı, m ; deney ile belirlenen bir katsayı olup Re sayısı ile aşağıdaki gibi değişmektedir [64]:

Re	4×10^3	$1,1 \times 10^5$	$\geq 2 \times 10^6$
m	6	7	10

Prandtl (1925), Blasius'un dairesel boru akımı için verdiği sürtünme denklemini ($\lambda = 0.3164/Re^{0.25}$) kullanarak Nikuradse tarafından verilen üstel hız dağılımını aşağıdaki gibi elde etmiştir: [50]

$$\frac{u}{u_*} = 8.74 \left(\frac{u_* z}{\nu} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.31)$$

Bu ifade $Re \leq 10^5$ şartları için geçerli olup diğer Re sayıları için

$$\frac{u}{u_*} = a \left(\frac{u_* z}{\nu} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (2.32)$$

şeklinde genelleştirilmiştir. Chen, üstel dağılımı (2.33) ifadesindeki gibi vermiştir.[65].

$$\frac{u}{u_*} = a \left(\frac{z}{z_0} \right)^m \quad (2.33)$$

burada z_0 ; kanal tabanında hızın sıfır kabul edildiği ($u=0$) derinliktir, a ve m de katsayı ve üstür. Pürüzlü açık kanal akımlarında z_0 ve k_s arasındaki ilişki logaritmik dağılımdan $z_0 = k_s/30$ şeklinde elde edilmektedir. Gonzales vd. ABD de doğal akarsularda Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) kullanılarak yaptıkları ölçümlerde logaritmik ve üstel dağılımın ortalama hız dağılımını iyi temsil ettiğini, bu durumda üstel dağılımdaki $m=1/6$ olarak alındığını bildirmişlerdir [66].

2.2.3. Entropi Dağılımı

Chiu, akım özelliklerini olasılık yaklaşımı ile incelemiş ve açık kanal akımları için entropi tabanlı 2 boyutlu hız dağılım fonksiyonu geliştirmiştir [67]. Chiu ve Said, ölçülen kanal kesitinde entropi parametresi M in sabit olduğunu ve bu sabitin ortalama hız, U , ile maksimum hız, u_{mak} , kullanılarak belirlenebileceğini göstermişlerdir [68]. Chiu iki boyutlu hız dağılımını şu şekilde elde etmiştir [67];

$$u = \frac{u_{mak}}{M} \ln \left[1 + (e^M - 1) \frac{\xi - \xi_0}{\xi_{mak} - \xi_0} \right] \quad (2.34)$$

Bu denklemde $(\xi - \xi_0)/(\xi_{mak} - \xi_0)$ toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu, $\xi(y, z)$ eğrisel eksen takımı, $\xi = \xi_{mak}$, maksimum hızın olduğu eğri, $\xi = \xi_0$ kanal tabanındaki hızın sıfır olduğu eğri olup ξ, z 'nin fonksiyonu olarak (2.35) numaralı denklemde verildiği gibi tanımlanmıştır [65];

$$\xi = \frac{z}{H - h} \exp \left(1 - \frac{z}{H - h} \right) \quad (2.35)$$

(2.35) ifadesinde z ; kanal tabandan olan uzaklık, H ; akım derinliği ve h ; maksimum hızın olduğu derinliğin serbest su yüzünden olan mesafesini göstermektedir.

Maksimum hız (u_{mak}) su yüzünün altında oluşması durumunda $h>0$, aksi durumda $h\leq 0$ olacaktır. İki boyutlu hız dağılım denklemi de z ve h 'a bağlı olarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

$$u = \frac{u_{mak}}{M} \ln \left[1 + \left(e^M - 1 \right) \frac{z}{H-h} \exp \left(1 - \frac{z}{H-h} \right) \right] \quad (2.36)$$

(2.36) numaralı denklem 3 bilinmeyen parametreyi içermektedir. Bunlar; M , h ve u_{mak} olup, entropi parametresi M kesit ortalama hızı U ve maksimum hız u_{mak} 'a bağlı olarak (2.9) ifadesinde verildiği gibidir.

2.3. Acoustic Doppler Velocimeter (ADV)

Akustik hız ölçer ADV (Acoustic Doppler Velocimeter), arazide ve laboratuvarlarda debi, 3 boyutlu hız ve türbülans gibi hidrolik ölçümleri yapabilen gelişmiş bir alettir. Kullanım yerleri literatürde aşağıdaki gibi belirtilmektedir.

- Doğal akarsularda ve sulama kanallarında,
- Fiziksel Modellerde,
- Dalga modellemelerinde,
- Sanat yapıları ve türbinler etrafındaki akımlarda,
- Gemi modellemelerinde,
- Çökelti (sediment) süspansiyon çalışmalarında,
- Göller, nehirler ve bataklıklarda kullanılmaktadır.

ADV aynı zamanda çok düşük hızlar içinde uygun tasarlanmış olup bu özelliğinden dolayı çökelti tanklarında yaygın olarak kullanılır. Özel uygulamalar için değişik başlık (probe) seçenekleri bulunmaktadır. Hız ölçümlerinde yatay ve düşey konumlandırılacak şekilde iki alternatif başlığı vardır. Başlıklar iki boyutlu ve üç boyutlu hız ölçümü yapabilecek özelliklerde üretilmektedir. Ölçümlerde kullanılan ADV üç doğrultuda (x , y ve z eksenleri doğrultusunda sırasıyla u , v ve w hızları) ölçüm yapabilmektedir. Doğrultular Şekil 2.1' de gösterilmiştir.

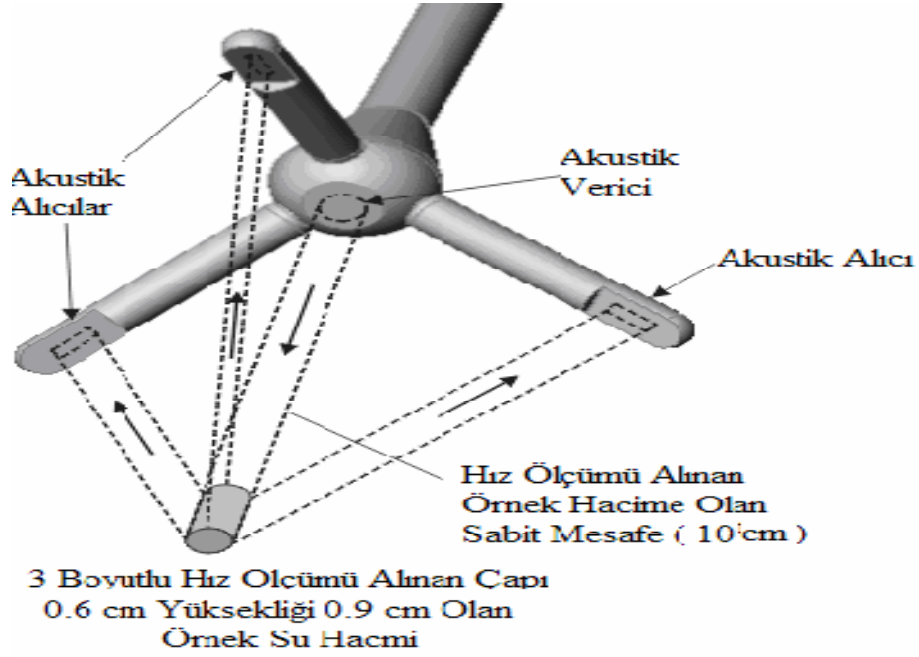
Akım hızları SonTek firmasına ait “Flow Tracker” isimli ADV ile ölçülmüştür (Şekil 2.4). Ultrasonik ses dalgalarının yayılma prensibini açıklayan Doppler prensibinden yararlanarak hız ölçmek için geliştirilen ADV cihazında; LCD ekran, bilgi girişi ve cihazın kontrolünde kullanılan düğmelerin bulunduğu kontrol ünitesi Şekil 2.4’de, veri aktarma bağlantısı ve 3 boyutlu ölçüm başlığı Şekil 2.5 ve 2.6’da görülmektedir. Cihaz 8 adet kalem pil ile çalışmaktadır.



Şekil 2.4. ADV kontrol paneli ve akustik ucu.

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. Ölçüm başlığının 10 cm önündeki 6mm çap ve 10mm yüksekliğindeki silindir bir kontrol hacminin içerisindeki her bir doğrultudaki hız bileşenleri (u , v ve w), her bir saniyede ölçerek, 10sn ile 1000 sn arasında istenilen zaman aralığında ortalamasını belirlemektedir. Ölçüm hız aralığı $\pm 0.001\text{m/s}$ - 5m/s olup $\pm\%1$ hassasiyette ölçüm yapabilmektedir. Noktasal hız ve enkesit debi ölçme fonksiyonları bulunan aletin 4 MB’lık hafızası maksimum 64 data dosyasına ölçüm değerlerini kaydedebilmekte, RS-232 bağlantısı ile bilgisayara ölçüm değerlerinin aktarılması mümkün olmaktadır. Yine SonTek firmasına ait yazılım kullanılarak ölçümler verileri bilgisayara aktarılabilir. Bu dosyaların uzantısı *.wad* olup üretici firmaya ait yazılım ile 4 farklı dosya şeklinde genişletilmektedir. Bu

dosyalardan akım ortalama hızları, ölçüm yükseklikleri, su sıcaklığı, ölçüm mesafesi, saniyede alınan anlık ve ortalama u , v , w değerleri, anlık SNR (Signal to Noise Ratio) değerleri belirlenebilmektedir.



Şekil 2.5. ADV'nin ölçüm aldığı su kütlesinin 3 boyutlu görünüşü.



(a)



(b)

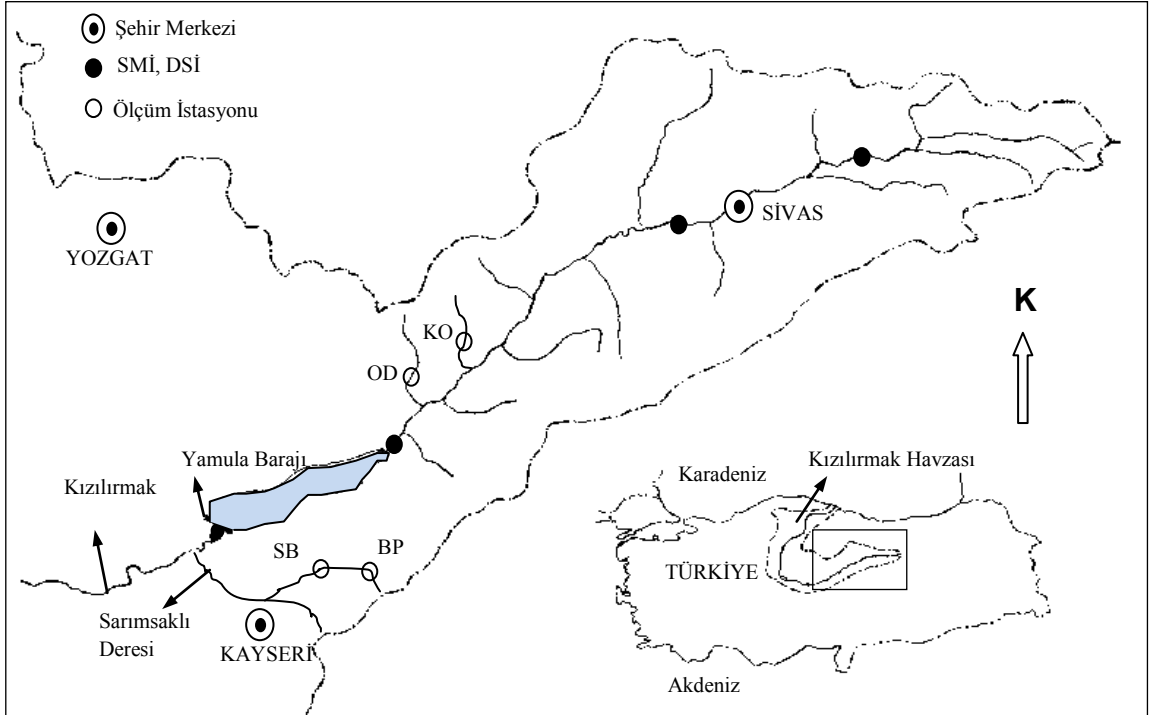
Şekil 2.6. (a) ve (b) ADV'nin ölçüm başlığı.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları Orta Kızılırmak Havzası'nda yer alan Kayseri ili yakınlarındaki derelerde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Bünyan ilçesinden geçmekte olan Sarımsaklı suyu üzerinde 2 adet, Felâhiye ilçesinden geçen ve aynı zamanda üzerinde DSİ'nin de akım rasat istasyonu bulunan dereden 1 adet, Özvatan ilçesinden geçen derenin üzerinde 1 adet olmak üzere 4 farklı istasyon da hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde Acoustic Doppler Velocitimeter (ADV) kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Ölçüm istasyonlarının bölgedeki yerleri.

Ölçümlerde elde edilen hız ve derinlik değerleri kullanılarak integrasyon yöntemi ile debiler hesaplanmıştır. Bu yöntemle hesaplanan debiler kesitten geçen gerçek debi olarak kabul edilmiştir. İntegrasyon yöntemi ile belirlenen bu debiler ile altı farklı yöntem ($0.2-0.8H$, $0.6H$, anahtar eğrisi, Manning denklemi, su yüzü hızı ve entropi) ile hesaplanan debiler arasındaki farklar irdelenmiştir. Her bir ölçüm durumunda ele alınan düşeylerdeki hız dağılımları logaritmik, entropi ve üstel dağılım yöntemleri ile hesaplanmıştır. Ele alınan yöntemlere ait parametreler belirlenmiştir. Ölçüm değerleri ile hesap sonuçları arasındaki rölatif farklar hesaplanarak yöntemlerin geçerliliği irdelenmiştir.

3.1.1. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu (BP)

Bu istasyon Bünyan ilçesinin yaklaşık 3.5 km doğusundan çıkan ve ilçe merkezinden geçerek Sarımsaklı Barajı'na dökülen Sarımsaklı Deresi üzerindedir. Derenin pınar ve kaynak şeklinde yüzeye çıktığı gözün yaklaşık 2.0 km mansabında belirlenen Bünyan Pınarbaşı (BP) İstasyonu'nda Tablo 3.1'de görüleceği üzere 2009–2010 yılları arasında 10 farklı zamanda ölçüm yapılmıştır. Şekil 3.2'de ölçüm yapılan istasyona ait resim verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere ölçüm yapılan istasyonda derenin her iki kenarına kazık çakılarak akıma dik doğrultuda kılavuz ip çekilmiştir. Kılavuzun üzerinde sol kazıktan itibaren belirli aralıklarla derinlikler ölçülerek Şekil 3.3'de verilen enkesit belirlenmiştir. Ele alınan istasyonda her bir ölçüm durumunda benzer işlemler yapılarak enkesit geometrisi belirlenmiştir. Şekil 3.3'den görüleceği üzere BP_1 ölçümünde enkesit 7 dilime ayrılmıştır.

Ele alınan istasyonda kanal taban ve su yüzü eğiminin belirlenmesi amacıyla topografik ölçüm aletleri ile (nivo ve mira) boy kesit profili çıkartılmıştır. Bu amaçla ele alınan kesitin memba ve mansabında 20-30 m mesafe boyunca, belirli aralıklarda (2-3 m) kotlar ölçülmüştür. Şekil 3.4'te ölçüm yapılan istasyonda boykesit profilinin çıkartılmasında kullanılan nivo verilmiştir. Yine Şekil 3.5'te istasyona ait belirlenen boykesit profilleri ve bu profillere bağlı elde edilen kanal tabanı ve su yüzü eğimleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kanal taban eğimi $S_0=0.0002$ eğimli ve su yüzü eğimi de $S_{sy}=0.002$ olarak hesaplanmıştır. Tablo 3.1'de ölçümlerde belirlenen su yüzü eğimleri (S_{sy}) verilmiştir.

İstasyondaki ölçümlerde ele alınan her bir dilimde kanal tabanına en yakın $z=4$ cm derinlikte ölçüm yapılmıştır. Derinlik boyunca 2cm arayla su yüzüne yakın ölçüm alınabilen noktaya kadar farklı derinliklerde hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Serbest su yüzü hızı yüzeye yakın son iki ölçüme bağlı olarak tahmin edilmiştir. Şekil 3.6 da BP_1 ölçümüne ait 1. Düşeyde (SI) elde edilen hız dağılımları verilmiştir. Şekil 3.6 (a) da akım doğrultusunda (x) elde edilen hız dağılımı (u), Şekil 3.6 (b) de ölçüm yapılan derinliklerdeki enkesit doğrultusundaki (y) hız dağılımı (v) ve Şekil 3.6 (c) de düşey doğrultudaki (z) hız bileşenlerinin dağılımı (w) verilmiştir. Bu dağılımlardan görüleceği üzere akım doğrultusundaki hızlar diğer doğrultulara göre daha büyük olmaktadır.

Tablo 3.1’de Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’nda gerçekleştirilen ölçümlere ait akım özellikleri verilmiştir. Bu tabloda Q ; kesitten geçen debi, H_{mak} ; kesitte ölçüm yapılan maksimum derinlik, A ; kesit ıslak alanı, $U (= Q/A)$; kesit ortalama akım hızı, u_{mak} ; kesitte ölçülen maksimum hız, S_{sy} ; serbest su yüzünün eğimi, $Re (=4UR/\nu)$ Reynolds sayısını göstermekte olup burada R ; hidrolik yarıçap ve ν ; kinematik viskozitedir.

$Fr \left(= \frac{U}{\sqrt{gH_{mak}}} \right)$; Froude sayısını göstermektedir. Bu sayılardan görüleceği üzere ele

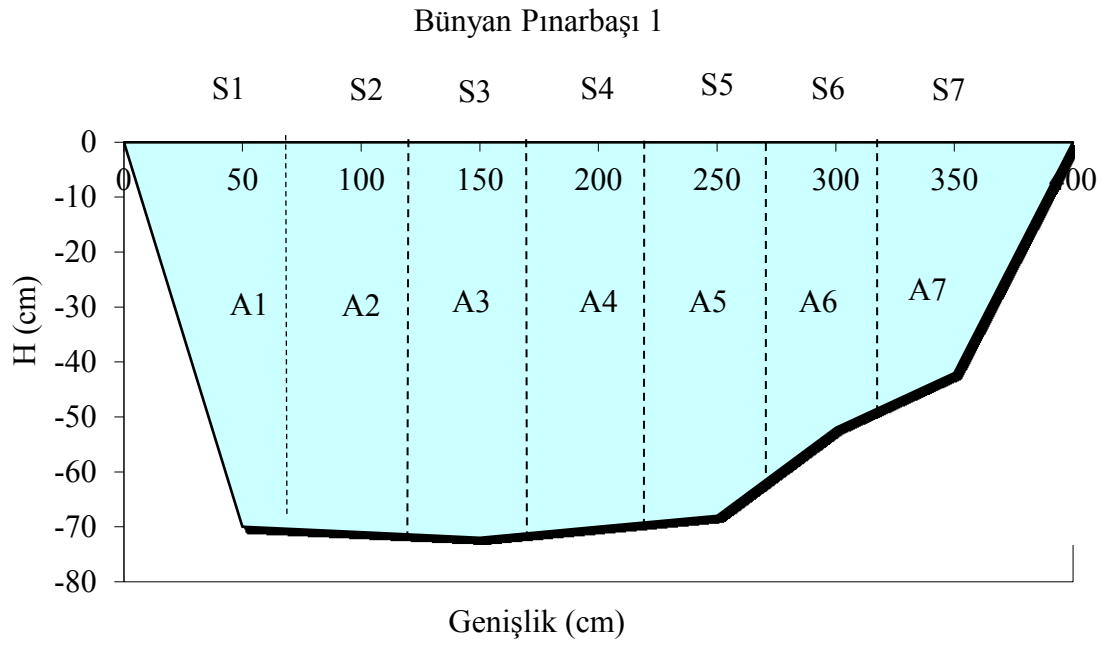
alınan tüm ölçüm şartlarında akımlar türbülanslı ve kritik altı akım (Nehir Rejimi) durumundadır.

Tablo 3.1. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’na ait ölçümlerden elde edilen değerler.

	Tarihler	Q	H_{mak}	A	U	u_{mak}	S_{sy}	Re	Fr
Ölçüm	g/a/y	(m^3/s)	(m)	(m^2)	(m/s)	(m/s)	-	-	-
BP_1	24.06.2009	0.788	0.72	2.225	0.354	0.595	0.00200	709345	0.13
BP_2	02.08.2009	0.434	0.66	2.030	0.214	0.412	0.00300	400581	0.08
BP_3	27.09.2009	0.636	0.72	2.110	0.301	0.593	0.00220	501312	0.11
BP_4	04.04.2010	1.082	0.85	2.670	0.405	0.687	0.00180	782049	0.14
BP_5	16.05.2010	1.188	0.86	2.793	0.426	0.671	0.00240	854129	0.15
BP_6	20.06.2010	0.708	0.79	2.475	0.286	0.557	0.00100	533980	0.10
BP_7	18.07.2010	0.467	0.74	2.308	0.202	0.489	0.00002	357112	0.07
BP_8	08.08.2010	0.458	0.82	2.344	0.195	0.428	0.00005	375016	0.07
BP_9	19.09.2010	0.612	0.88	2.751	0.222	0.491	0.00059	443368	0.08
BP_10	17.10.2010	0.865	0.91	3.084	0.280	0.726	0.00149	594421	0.09



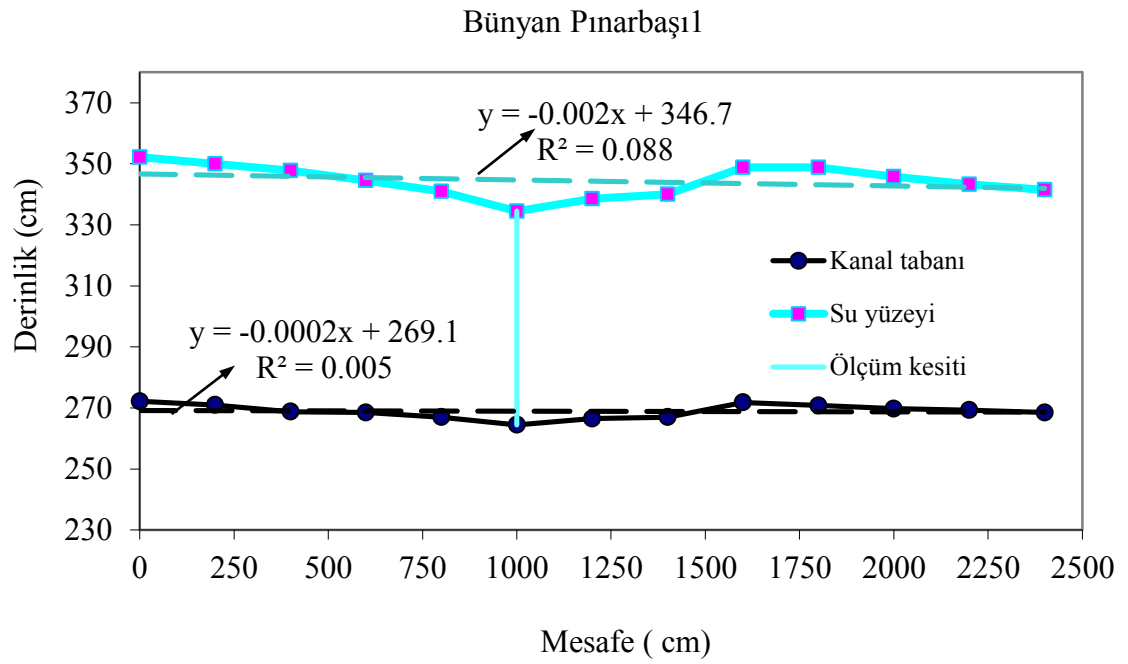
Şekil 3.2. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu hız ölçümü çalışmaları.



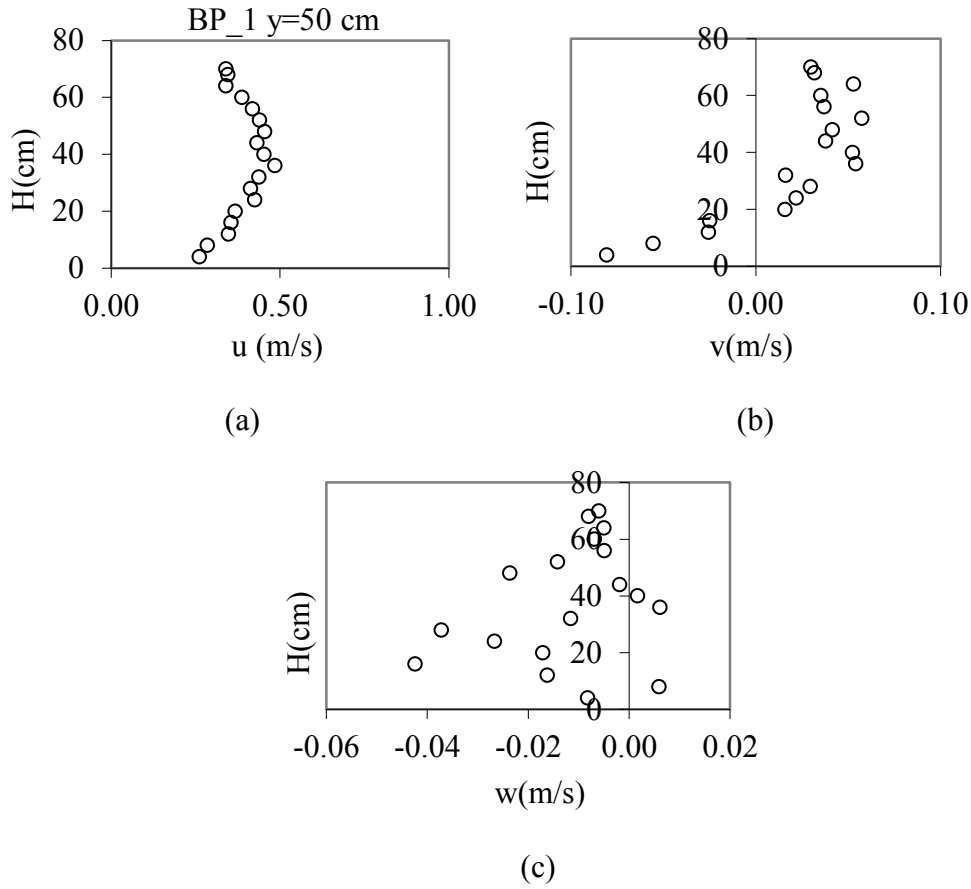
Şekil 3.3. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.



Şekil 3.4. Bünyan Pınarbaşı İstasyonunda boykesit çalışmaları.



Şekil 3.5. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.



Şekil 3.6. (a),(b),(c) Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1 numaralı ölçümün 1. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.

3.1.2. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu (SB)

Bu istasyon da (SB) Sarımsaklı Deresi üzerinde yer almaktadır. İstasyon Bünyan-Kayseri karayolu üzerindeki çimento fabrikası kavşağının 1.5 km kuzeyinde yer alan köprü ve aynı zamanda DSİ'nin eşelinin de bulunduğu bir kesittir. DSİ'nin bu akım rasat istasyonu aktif olarak halen kullanılmaktadır. Şekil 3.7'de ölçüm yapılan en kesit ve DSİ'nin eşeli görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere istasyon köprü girişinin hemen membasında beton kaplamalı bir kesittir. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'nda (SB) Tablo 3.2'de görüleceği üzere 2009–2010 yılları arasında 7 adet ölçüm alınmıştır. Bahar aylarında ölçüm almak için kesite gidilmişse de debinin fazla olması nedeniyle ölçüm alınamamıştır. Ölçüm alınamayan tarihler 04.04.2010, 16.05.2010 ve 17.10.2010'dur.



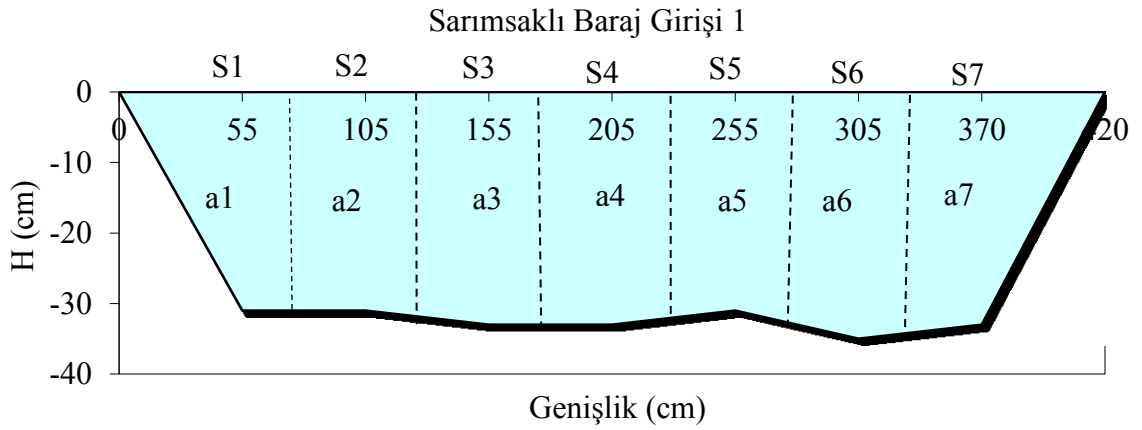
Şekil 3.7. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu.

Tablo 3.2. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.

	Tarihler	Q	H _{mak}	A	U	u _{mak}	S _{sy}	Re	Fr
Ölçümler	g/a/y	(m ³ /s)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m/s)	-	-	-
SB_1	24.06.2009	1.178	0.35	1.194	0.987	1.393	0.002	1090452	0.53
SB_2	02.08.2009	1.021	0.32	1.146	0.891	1.192	0.006	803395	0.50
SB_3	27.09.2009	1.129	0.34	1.184	0.954	1.470	0.059	940566	0.52
SB_4	20.06.2010	1.657	0.41	1.5025	1.103	1.499	0.011	1265198	0.55
SB_5	18.07.2010	1.222	0.36	1.273	0.960	1.365	0.015	976778	0.51
SB_6	08.08.2010	1.053	0.32	1.159	0.909	1.193	0.016	1026493	0.51
SB_7	19.09.2010	1.322	0.36	1.300	1.017	1.451	0.052	1034764	0.54

Ele alanına kesit daha önce bahsedildiği gibi dilimlere ayrılmıştır. Şekil 3.8'de SB_1 ölçümünde elde edilen en kesite yer verilmiştir. Şekilde görüleceği üzere bu ölçüm için enkesit 7 dilime bölünmüştür. Topografik ölçüm aletleri ile ele alınan kesite ait kanal boy kesiti çıkartılmıştır. Şekil 3.9'da kanal boy kesitinin çıkartılması verilmiştir. Boy kesit çıkarılması çalışmalarında kesitin yaklaşık 10-15 m memba tarafında bir yatay kurbun (menderes) yer alması, doğal bir kanal tabanı üzerine beton bir kesitin inşa edilmiş olması sonucu köprü girişinde meydana gelen oyulmalar gibi etkenlerin kanal

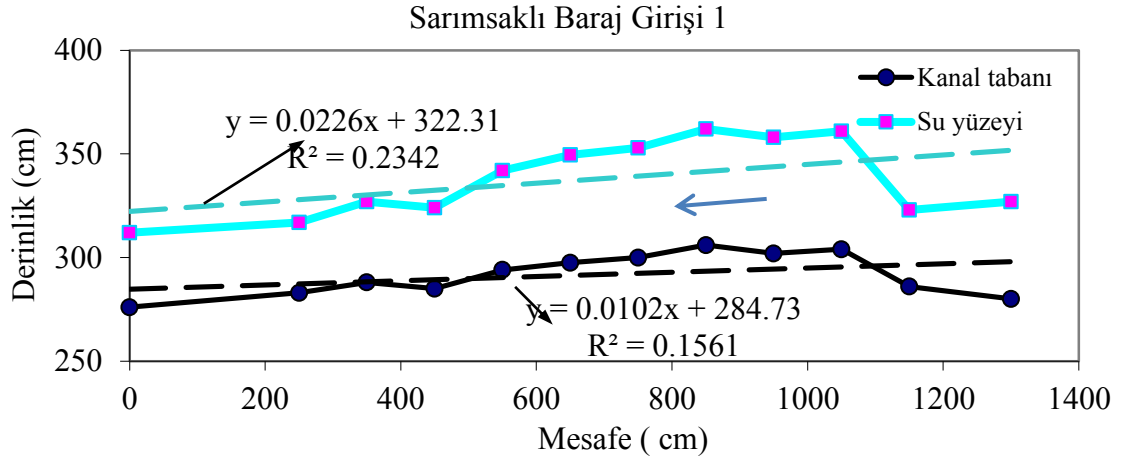
tabanında düzensizliklere yol açtığı görülmüştür. Ölçüm kesiti köprü içerisinde yer aldığından boykesit çıkarılırken kesitin olduğu yerden ölçüm alınamamıştır. Kesitin bu yapısı nedeniyle memba kısmından ölçümler alınarak boykesit çıkartılmıştır. Şekil 3.10'da yer alan SB_1 ölçümüne ait boykesit incelendiğinde bahsedilen bu düzensizlikler görülmektedir. Kanala ait su yüzü eğimi değerleri (S_{sy}) Tablo 3.2'de yer almaktadır.



Şekil 3.8. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.

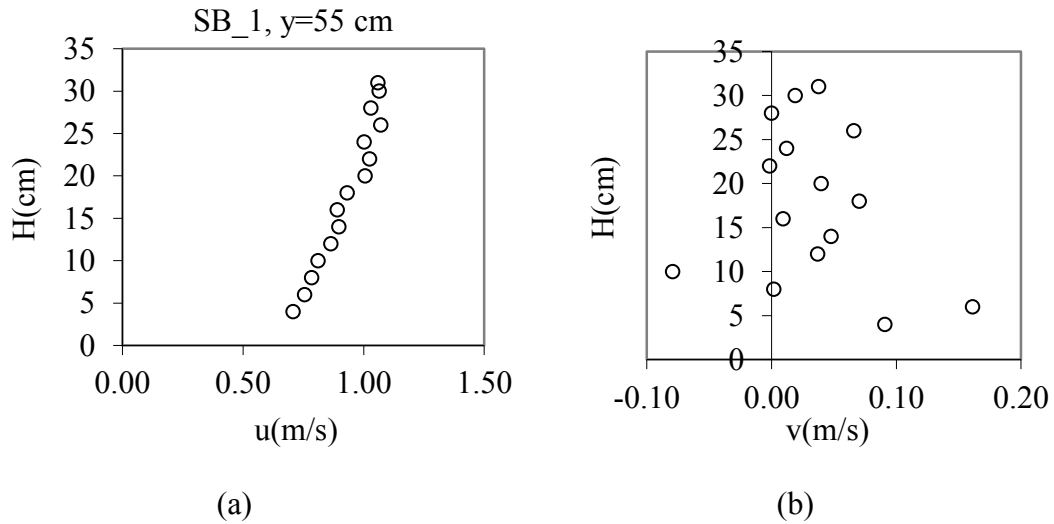


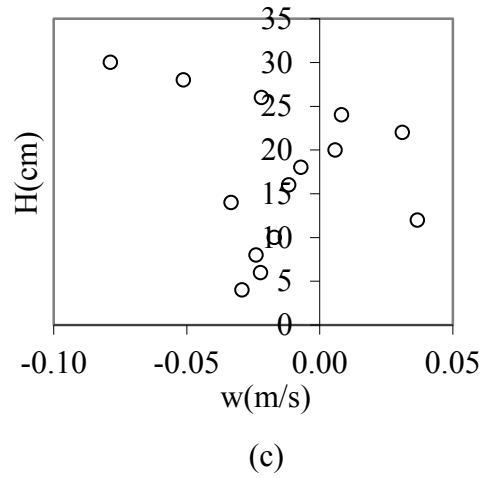
Şekil 3.9. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu hız ölçümü ve boy kesit çıkarılması.



Şekil 3.10. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.

İstasyondaki ölçümlerde ele alınan her bir dilime ait düşeyde kanal tabanından yukarıya doğru belirli aralıklarda hız ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3.11’de SB_1 ölçümü için kesit sol kenarından $y=55$ cm’de yer alan düşeyde (SI) elde edilen hız dağılımları (u,v,w) gösterilmiştir. Bu dağılımlardan akım doğrultusundaki hız değerlerinin (u), diğer doğrultulardaki hız (v,w) değerlerinden çok büyük olduğu anlaşılmaktadır. BP istasyonu için açıklandığı üzere, Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonunda gerçekleştirilen ölçümlere ait akım özellikleri hesaplanarak Tablo 3.2’de verilmiştir. Bu tabloda ölçüm yapılan kesite ait debi değerleri, kesitte ölçüm yapılan maksimum derinlik gibi karakteristikler yer almaktadır. Reynolds ve Froude sayıları incelendiğinde ele alınan tüm ölçümlerde akımların türbülanslı ve kritik altı akım (nehir rejimi) durumunda olduğu anlaşılmaktadır.





Şekil 3.11. (a), (b), (c) Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu 1 numaralı ölçümün 1. düşeyindeki (S1) x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.

3.1.3. Felahiye Özdere İstasyonu (OD)

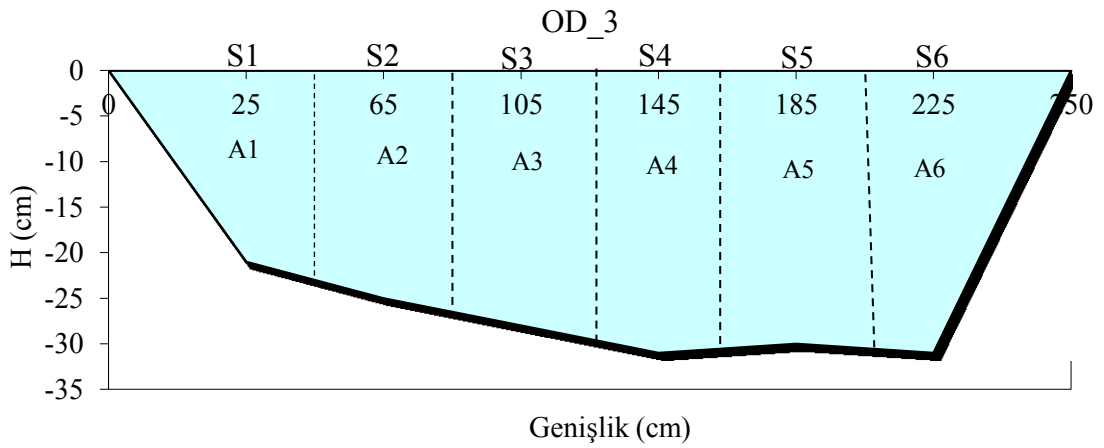
Bu istasyon Felahiye İlçesine bağlı Kayapınar beldesinin Tuğlaşah mevkiindedir. İstasyon Felahiye – Özvatan karayolu üzerinde, Kayapınar beldesini Özvatan ilçesine doğru 2.5 km geçince yolun yaklaşık 200 m kuzey doğusunda yer almaktadır. Felahiye Özdere İstasyonu'nun (OD) 15 m mansabında SB İstasyonu'nda olduğu gibi DSI'nin aktif olarak kullandığı bir akım rasat istasyonu mevcuttur. Bu istasyonda Tablo 3.3'te görüleceği üzere 2009-2010 yılları arasında 8 adet ölçüm alınmıştır.

Tablo 3.3. Felahiye Özdere İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.

	Tarihler	Q	H _{mak}	A	U	u _{mak}	S _{sy}	Re	Fr
Ölçümler	g/a/y	(m ³ /s)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m/s)	-	-	-
OD_1	07.05.2009	0.072	0.33	0.607	0.119	0.263	0.009	89482	0.07
OD_2	16.08.2009	0.029	0.26	0.454	0.064	0.111	0.010	39447	0.04
OD_3	18.10.2009	0.055	0.31	0.568	0.097	0.236	0.001	70670	0.06
OD_4	25.04.2010	0.722	0.73	1.601	0.451	0.826	0.009	476286	0.17
OD_5	23.05.2010	0.330	0.63	1.310	0.252	0.570	0.008	340297	0.10
OD_6	27.06.2010	0.176	0.58	1.190	0.148	0.364	0.004	189415	0.06
OD_7	18.07.2010	0.098	0.55	1.108	0.088	0.166	0.005	108310	0.04
OD_8	08.08.2010	0.024	0.46	0.816	0.029	0.076	0.009	28586	0.01

Ele alınan enkesit Şekil 3.12'de yer alan örnekte görüldüğü gibi dilimlere ayrılarak bu dilimlerde kanal tabanından yukarı doğru hız ölçümleri belirlenen düşeylerde (S)

gerçekleştirilmiştir. Şekilde OD_3 ölçümünde elde edilen enkesit görünmektedir. Şekilden görüleceği üzere ele alınan en kesitin 6 dilime bölünmüştür. Kanalin boy kesiti yapılan topografik ölçümlerle çıkartılmıştır. Şekil 3.13 ve 3.14'te ele alınan enkesitte gerçekleştirilen hız ölçümleri ve kanalın boy kesit çıkartılma çalışmaları yer almaktadır. Şekil 3.15'te örnek olarak OD_3 ölçümünde elde edilen boykesit verilmiştir. Bu şekilde kırmızı çizgiyle belirtilen düşey ölçüm en kesitidir. Kanala ait su yüzü eğimi değerleri (S_{sy}) Tablo 3.3'te yer almaktadır.



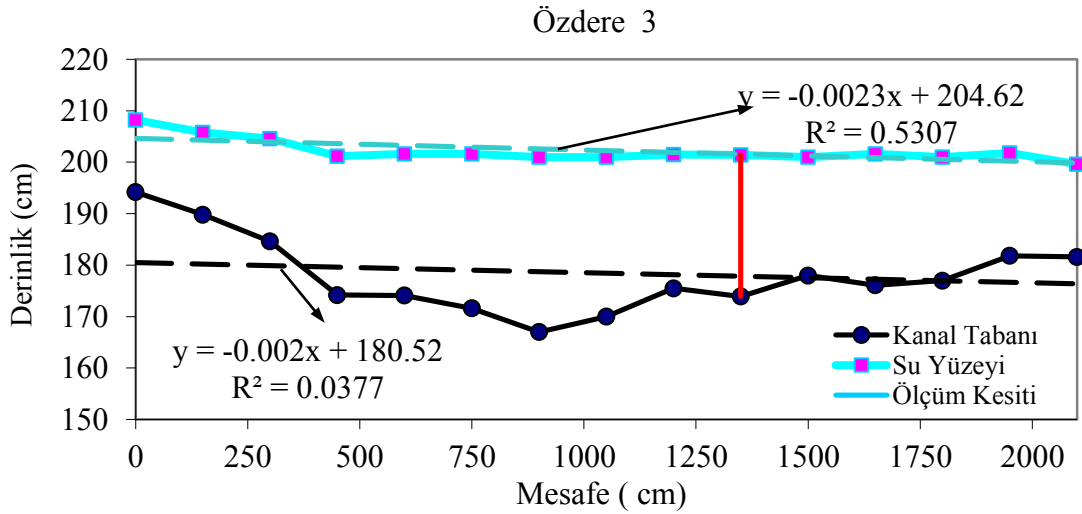
Şekil 3.12. Özdere İstasyonu 1 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.



Şekil 3.13. Felahiye Özdere İstasyonu.



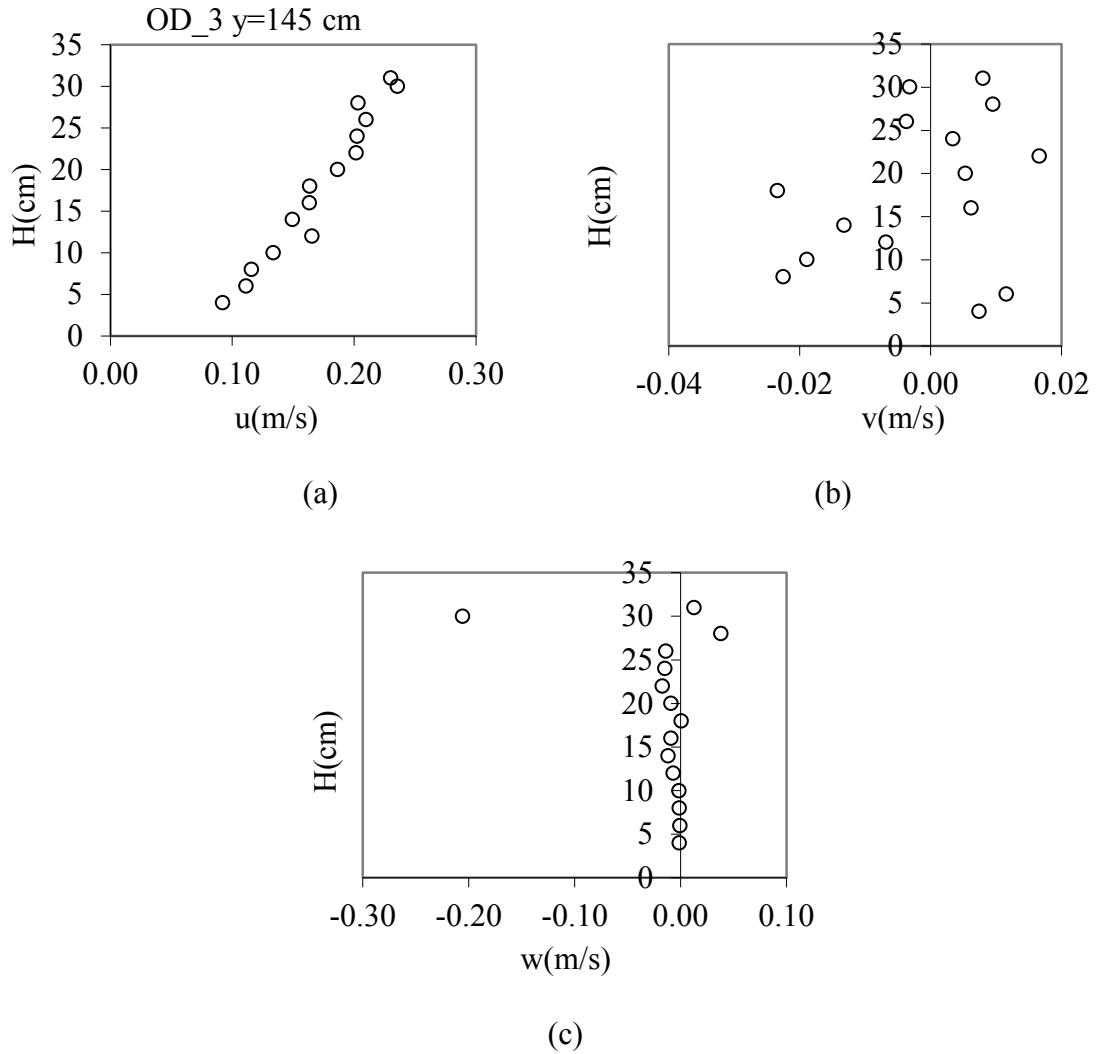
Şekil 3.14. Felahiye Özdere İstasyonu boy kesit çıkarılması.



Şekil 3.15. Özdere İstasyonu 3 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.

Kanal tabanı incelendiğinde kesitin soldan başlayarak belirli bir kısmı (~%25) kumlu-siltli bir yapıya sahiptir. Kesitin geriye kalan kısmı tane çapı 10 cm'yi bulan irili ufaklı çakıllarla kaplıdır. Kanal tabanının bu yapısı ölçüm alınması esnasında zorluklara neden olmuştur. Ele alınan istasyondaki hız ölçümlerinde kanalın bu karmaşık yapısı göz önüne alınarak her farklı bölgeyi en iyi şekilde temsil edecek şekilde enkesit dilimlere ayrılmıştır. Şekil 3.16'da ele alınan enkesitte OD_3 ölçümündeki $y=145$ cm'de gerçekleştirilen hız ölçümlerinde elde edilen hız dağılımları (u,v,w) yer almaktadır.

Tablo 3.3’de Felahiye Özdere İstasyonu’nda gerçekleştirilen ölçümlere ait akım özellikleri verilmiştir. Bu tabloda ölçüm yapılan kesite ait debi değerleri, kesitte ölçüm yapılan maksimum derinlik gibi karakteristikler yer almaktadır. Reynolds ve Froude sayıları incelendiğinde ele alınan tüm ölçümlerde akımların türbülanslı ve kritik altı akım (nehir rejimi) durumunda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.16. (a), (b), (c) Felahiye Özdere İstasyonu 3 numaralı ölçümün 3. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.

3.1.4. Özvatan Kırıközü İstasyonu (KO)

Bu istasyon Özvatan ilçesinin 10 km kuzey doğusunda, Taşlık mevkiinde yer almaktadır (Şekil 3.1). Ele alınan kesitin yaklaşık 100 m mansabında DSI’nin kullanılmayan bir eşeli mevcuttur. Bu eşel daha önceden inşa edilmiş olup akım yetersiz

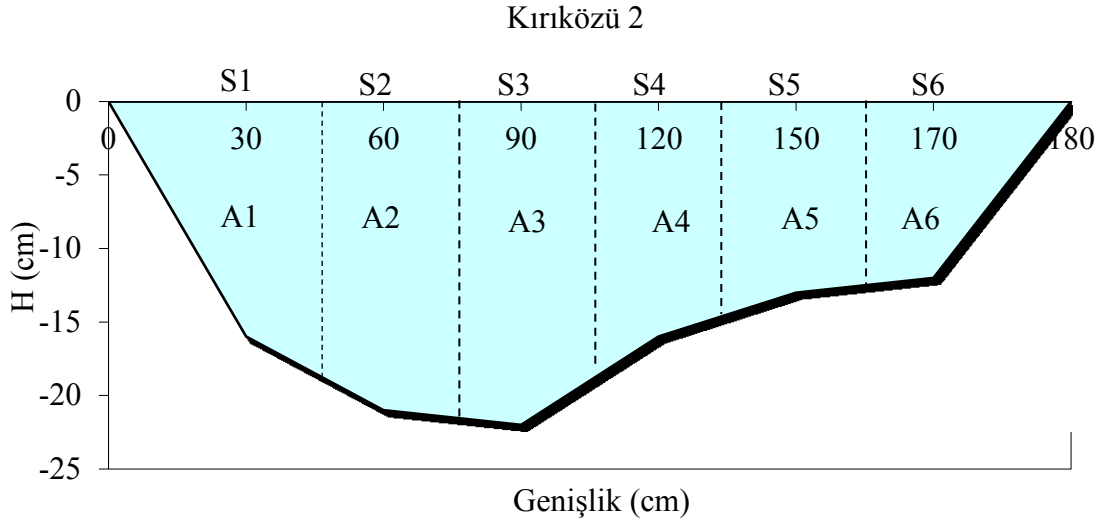
olduğu için kullanıma kapatılmıştır. Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda (KO) Tablo 3.4'de verilen tarihlerde 7 adet ölçüm alınabilmektedir. 08.08.2010 tarihinde ölçüm alınmak üzere kesite gidilmişse de enkesitte ölçüm alınabilmesi için yeterli miktarda akım olmadığından ölçüm alınamamıştır. İlkbahar aylarında ise yeterli miktarda akım olduğu Tablo 3.4'de yer alan debi değerlerinden anlaşılmaktadır. Buradan hareketle ele alınan akarsuyun mevsimsel etkenlerden (yağış, kuraklık vb.) direk olarak etkilendiği sonucuna varılabilmektedir.

Tablo 3.4. Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait ölçümlerden elde edilen değerler.

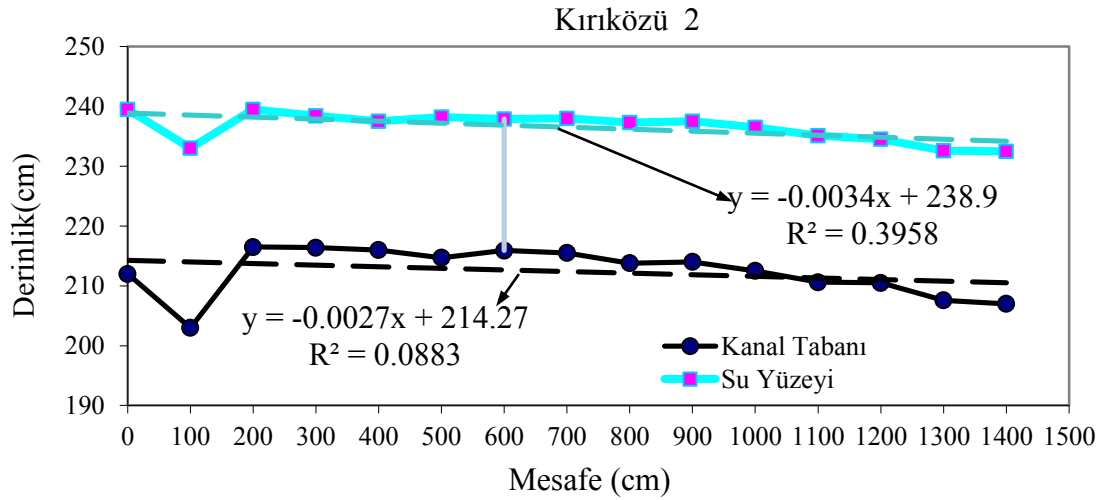
	Tarihler	Q	H _{mak}	A	U	u _{mak}	S _{sy}	Re	Fr
Ölçümler	g/a/y	(m ³ /s)	(m)	(m ²)	(m/s)	(m/s)	-	-	-
KO_1	05.07.2009	0.130	0.28	0.425	0.306	0.536	0.003	200702	0.185
KO_2	16.08.2009	0.042	0.22	0.276	0.152	0.298	0.003	76888	0.104
KO_3	18.10.2009	0.037	0.17	0.183	0.202	0.418	0.003	77327	0.157
KO_4	25.04.2010	0.467	0.42	0.754	0.619	0.955	0.006	643269	0.305
KO_5	23.05.2010	0.351	0.40	0.686	0.512	0.835	0.009	324950	0.258
KO_6	27.06.2010	0.235	0.34	0.550	0.427	0.872	0.008	220383	0.234
KO_7	18.07.2010	0.093	0.21	0.304	0.306	0.827	0.007	156717	0.021

Ele alınan enkesit Şekil 3.17'de yer alan örnekte görüldüğü gibi dilimlere ayrılarak bu dilimlerde kanal tabanından yukarı doğru hız ölçümleri belirlenen düşeylerde (S) gerçekleştirilmiştir. Şekilde KO_2 ölçümünde elde edilen enkesit verilmiştir. Kanal boy kesiti yapılan topografik ölçümlerle çıkartılmıştır. Şekil 3.18'de KO_2 ölçümünde elde edilen boykesit yer almaktadır. Tablo 3.4'te yapıları bu boy kesit çıkartılması çalışmaları sonucu tüm ölçümlerde elde edilen su yüzü eğimleri (S_{sy}) verilmiştir. Şekil 3.19 ve 3.20'de ele alınan enkesitte gerçekleştirilen hız ölçümleri ve boykesit çıkartılması çalışmaları görülmektedir.

Kanal tabanı incelendiğinde, killi-siltli yumuşak bir yapıya sahip olduğu, kesitin genel olarak normal yoğunlukta olan ufak boyutlu otlarla (<5cm) kaplı olduğu görülmüştür. Diğer istasyonlarla kıyaslandığında kesit genişliği az olduğu için duvar etkisi ve bu bölgedeki hız ölçümlerde daha belirgindir.



Şekil 3.17. Kırıközü İstasyonu 2 numaralı ölçümde elde edilen en kesit.



Şekil 3.18. Kırıközü İstasyonu 2 numaralı ölçümde elde edilen boy kesit.

Şekil 3.19’da Özvatan Kırıközü İstasyonunda gerçekleştirilen bir ölçüm verilmiştir. Şekil incelendiğinde kanalın iki kıyısına da çakılmış olan kazıkların ve üzerindeki ipin kılavuz olarak kullanıldığı görülmektedir. Kazıklardan metre ile mesafeler ölçülerek enkesit daha öncede bahsedildiği gibi en kesit dilimlere ayrılmıştır. Şekil 3.20’de ise yine KO istasyonunda gerçekleştirilen hız ölçüm çalışması ve nivo ile boy kesit çıkartılması çalışmaları yer almaktadır. İki şekilde incelendiğinde kanal kenarının bitki örtüsü anlaşılmaktadır. Görüleceği üzere kanal kenarında, su içine doğru sarkmış irili ufaklı otlar yer almaktadır. Şekil 3.20’de en kesitin mansabındaki kıvrım görülmektedir. Bu gibi kıvrımlar pürüzlülük katsayısının belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir.

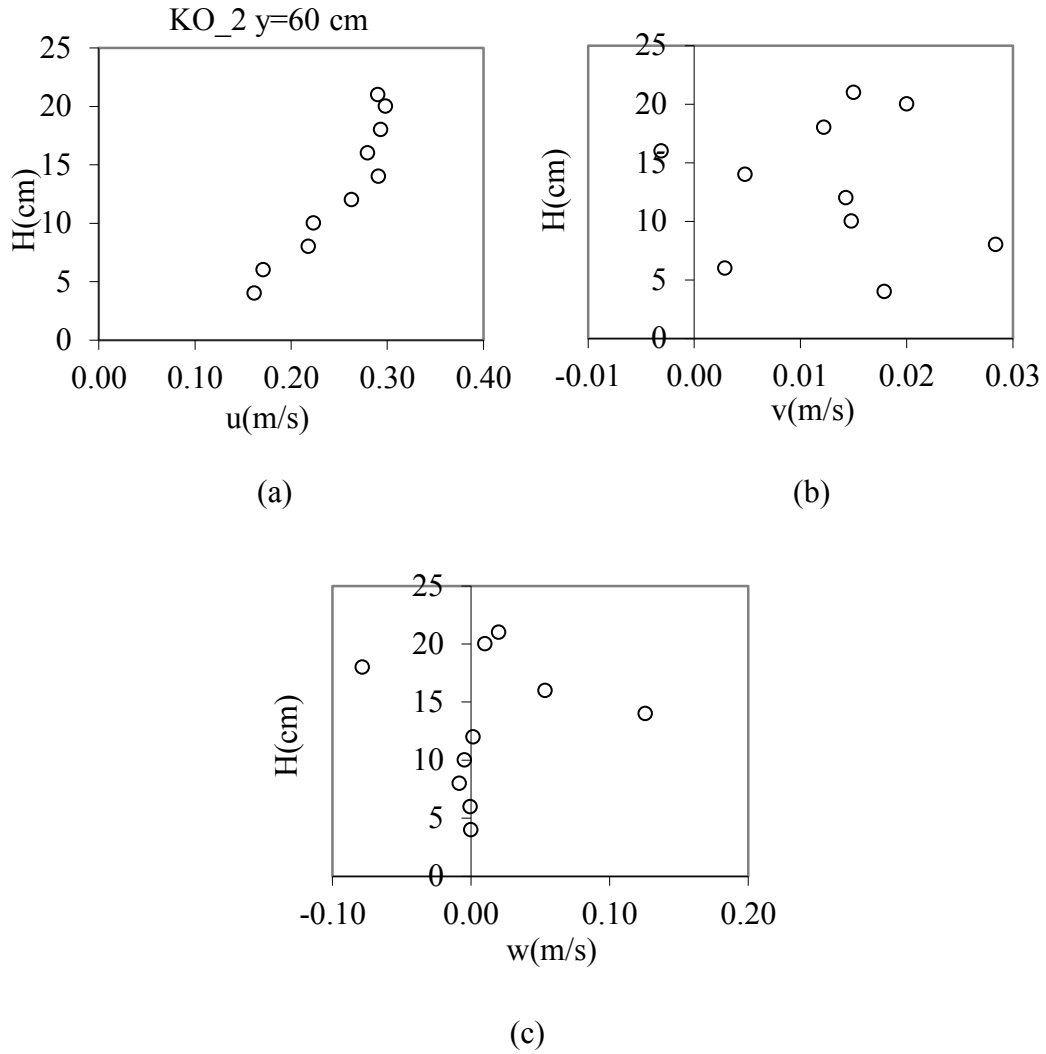


Şekil 3.19. Özvatan Kırıközü İstasyonu hız ölçümü.



Şekil 3.20. Özvatan Kırıközü İstasyonu hız ölçümü ve boy kesit çıkarılması.

Ele alınana enkesitte hız ölçümleri kanal tabanından yukarı doğru $z=4$ cm'den başlayarak her 2 cm'de bir gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.21'de ele alınan kesitte gerçekleştirilen KO_2 ölçümünde $y=60$ cm'de yer alan düşeyde elde edilen hız dağılımları yer almaktadır. Tablo 3.4'te Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçümlere ait akım özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.21. (a), (b), (c) Felahiye Özdere İstasyonu 2 numaralı ölçümün 2. düşeyindeki x, y, z doğrultularındaki hız dağılımı grafikleri.

3.2. Debi Hesabı

Ele alınan akım durumlarında kesitten geçen debi yedi farklı yöntem ile belirlenmiştir. Bölüm 2.1.1'de açıklanan dilim yönteminde, dilim ortalama hızları derinlik boyunca ölçülen tüm hızlar yardımı ile belirlenerek hassas debi (Q) değerleri hesaplanmış ve

Tablo 3.1-4’ de verilmiştir. İkinci ve üçüncü yöntemde dilim ortalama hızları, ele alınan düşeylerin $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ ’ ında belirlenen hızlar kabul edilerek debi hesabı benzer şekilde yapılmıştır. Bu debilerde sırasıyla $Q_{0.2-0.8}$ ve $Q_{0.6}$ olarak isimlendirilmiştir. Debi hesabında kullanılan diğer bir yöntemde Anahtar Eğrilerinin kullanılmasıdır. Anahtar eğrileri genellikle ele alınan istasyonda yapılan debi ölçümleri ile akım derinlikleri arasında üstel bir ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişki yardımı ile kolaylıkla ölçülebilen akım derinliği kullanılarak debinin tahmin edilmesi esasına dayanır. Debi hesabında literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biride Maning denklemidir. Kanalin fiziksel özellikleri bilinirken (akım alanı, ıslak çevre ve kanal eğimi) pürüzlülük katsayısı n belirlenerek kesite ait debi bu yöntemle hesaplanabilmektedir. Bir diğer debi hesap yöntemi ise su yüzü hızı kullanılarak debi hesabı yapılmasıdır. Bu yöntemde ölçülen su yüzü hızı ile ortalama hız arasındaki oran belirlenmekte ve bu oran yardımıyla debi hesabı yapılabilmektedir. Debi hesabında ele alınan yedinci yöntem de entropi yöntemidir. Yine bölüm 2.1.3’te açıklandığı üzere kesite ait bilinen entropi parametresi M , kullanılarak ölçülen u_{mak} yardımı ile kesitten geçen debi belirlenebilmektedir. Bu yöntemlerle yapılan çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

3.2.1 Dilim Yöntemi ile Debi Hesabı

Bu yöntemde ADV ile arazide ölçülen noktasal hız değerleri kullanılarak debi hesabı yapılmıştır (Q). Tablo 3.5’te BP_1 ölçümünde elde edilen akım doğrultusundaki u , hız değerleri örnek olarak verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere enkesitte yedi farklı düşeyde ($S1-S7$) derinlik boyunca hızlar ölçülmüştür. Her bir düşeyde kanal tabanına yaklaşılabilen $z=4$ cm’den başlayarak serbest su yüzüne en yakın ölçüm alınabilen derinliğe kadar ADV ile ölçüm alınmış, serbest su yüzü hızı yüzeye yakın yapılan son iki ölçüme bağlı olarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen hız değerleri tabloda koyu olarak gösterilmiştir. Her bir düşeyde dilim ortalama hızları denklem (2.1) yardımı ile hesaplanmıştır. Bu amaçla önce derinlik boyunca ölçülen hızlar arasında kalan alanlar (Şekil 2.1) hesaplanarak (a_i) Tablo 3.6’da verilmiştir. Bu alanların toplanması ($\sum a_j$) ile her bir ölçüm yapılan düşey için hız alanları hesaplanmış ve tabloda gösterilmiştir. Bu alanın o düşeye ait derinliğe (H_i) bölünmesi ile de dilim ortalama hızları (U_d) hesaplanmıştır. Her bir düşeye ait hesaplanan bu ortalama hızlarda Tablo 3.6’da verilmiştir. Şekil 2.1’den görüleceği üzere bu ortalama hızın temsil edildiği denklem

(2.2) ile hesaplanan dilim alanları ile hesaplanan U_d hızları çarpılarak (denklem 2.3) dilim debileri (q_i) hesaplanmış ve tabloda gösterilmiştir. Denklem (2.4) kullanılarak dilim debilerinin toplanması ile kesitten geçen akımın debisi hesaplanmış ve Tablo 3.6'nın son satırında verilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere BP_1 ölçümüne ait akımın debisi $Q=0.788 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir.

Tablo 3.5. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçülen hız değerleri.

S1 y=50 cm		S2 y=100 cm		S3 y=150 cm		S4 y=200 cm		S5 y=250 cm		S6 y=300 cm		S7 y=350 cm	
z	u	z	u	z	u	z	u	z	u	z	u	z	u
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.261	4	0.145	4	0.298	4	0.214	4	0.098	4	0.127	4	0.082
8	0.285	8	0.245	8	0.341	8	0.243	8	0.174	8	0.147	8	0.161
12	0.347	12	0.320	12	0.382	12	0.247	12	0.214	12	0.193	12	0.197
16	0.355	16	0.291	16	0.414	16	0.320	16	0.245	16	0.225	16	0.220
20	0.368	20	0.330	20	0.451	20	0.342	20	0.278	20	0.231	20	0.234
24	0.425	24	0.313	24	0.458	24	0.375	24	0.284	24	0.234	24	0.274
28	0.412	28	0.392	28	0.496	28	0.396	28	0.304	28	0.213	28	0.254
32	0.437	32	0.428	32	0.510	32	0.425	32	0.306	32	0.233	32	0.255
36	0.485	36	0.446	36	0.554	36	0.435	36	0.318	36	0.274	36	0.265
40	0.452	40	0.472	40	0.544	40	0.467	40	0.278	40	0.295	40	0.279
44	0.432	44	0.531	44	0.563	44	0.472	44	0.344	44	0.278	42	0.292
48	0.454	48	0.545	48	0.550	48	0.460	48	0.353	48	0.315		
52	0.440	52	0.593	52	0.576	52	0.452	52	0.364	52	0.343		
56	0.419	56	0.574	56	0.595	56	0.467	56	0.364				
60	0.387	60	0.571	60	0.562	60	0.447	60	0.385				
64	0.340	64	0.558	64	0.576	64	0.444	64	0.389				
68	0.345	68	0.516	68	0.567	68	0.444	68	0.403				
70	0.345	71	0.500	72	0.521	70	0.444						

Ele alınan 4 farklı istasyonda gerçekleştirilen tüm ölçümlere ait debiler yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanarak Tablo 3.1-4'de 3. sütunda Q olarak verilmiştir. Bu debilerin hesaplanmasında bahsedilen işlemlerin her biri çok dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen hesaplamaların yapılabilmesi için Excell programında oluşturulan bir hesap şablonu kullanılmıştır. Bu şablonun, hesapların daha pratik ve doğru bir şekilde yapılmasında büyük katkısı olmuştur. Bu hesaplanan debiler tüm akım durumları için en hassas, gerçeğe yakın debiler olarak ele alınmıştır. Hesaplanan bu debiler ile ele alınan diğer 6 debi hesap yöntemi ile hesaplanan debiler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucu ele alınan 6 debi hesap yönteminin doğal akarsulardaki kullanılabilirlikleri incelenmiştir.

Tablo 3.6. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm, düşey ortalama hız hesabı.

	y=50 (cm)	y=100 (cm)	y=150 (cm)	y=200 (cm)	y=250 (cm)	y=300 (cm)	y=350 (cm)
	0.005	0.003	0.006	0.004	0.002	0.003	0.002
	0.011	0.008	0.013	0.009	0.005	0.005	0.005
	0.013	0.011	0.014	0.010	0.008	0.007	0.007
	0.014	0.012	0.016	0.011	0.009	0.008	0.008
	0.014	0.012	0.017	0.013	0.010	0.009	0.009
	0.016	0.013	0.018	0.014	0.011	0.009	0.010
	0.017	0.014	0.019	0.015	0.012	0.009	0.011
	0.017	0.016	0.020	0.016	0.012	0.009	0.010
	0.018	0.017	0.021	0.017	0.012	0.010	0.010
	0.019	0.018	0.022	0.018	0.012	0.011	0.011
	0.018	0.020	0.022	0.019	0.012	0.011	0.006
	0.018	0.022	0.022	0.019	0.014	0.012	
	0.018	0.023	0.023	0.018	0.014	0.013	
	0.017	0.023	0.023	0.018	0.015		
	0.016	0.023	0.023	0.018	0.015		
	0.015	0.023	0.023	0.018	0.015		
	0.014	0.021	0.023	0.018	0.016		
	0.007	0.015	0.022	0.009			
$\sum a_j =$	0.266	0.296	0.348	0.266	0.196	0.117	0.089
$U_d =$	0.380	0.416	0.483	0.380	0.288	0.226	0.212
$q_i =$	0.133	0.148	0.173	0.133	0.095	0.060	0.046
$Q =$	$\sum q_i =$ 0.788						

Dilim ortalama hızlarının belirlenmesi amacıyla derin sularda ($H \geq 0.5-0.6$ m) ele alınan düşeyin su yüzeyinden $0.2H$ ve $0.8H$ derinliklerinde ölçülen hızlar pratikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla dilim ortalama hızları $U_d = \left(\frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{2} \right)$ ifadesi yardımı ile hesaplanabilmektedir. Ele alınan düşeyde sadece iki ölçüm yaparak ortalama hızın belirlenmesi pratikte iş gücünü oldukça azaltmaktadır. Akım derinliğinin çok yüksek olmadığı kesitlerde ve derinliklerde, su yüzeyinden $0.6H$ derinlikte ölçülen hızın ortalama hızı temsil ettiği $U_d = u_{0.6}$ ve bu hızın kullanılabileceği bildirilmektedir. Belirlenen bu ortalama hızlar kullanılarak kesitten geçen debi yukarıda bahsedildiği üzere hesaplanabilmektedir. Bu iki ortalama hız kabulü ile yapılan debi hesabına örnek olarak Tablo 3.7’de yine BP_1 ölçümü ele alınmıştır. Tablodan görüleceği üzere her bir düşeyde $u_{0.2}$, $u_{0.8}$ ve $u_{0.6}$ hızları ölçümlere bağlı direk veya enterpolasyon (ara değer bulma) ile hesaplanmıştır. Bu hızlar kullanılarak dilim debileri (q_i) ve kesitten geçen

toplam debiler hesaplanarak tabloda gösterilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere bu debiler sırasıyla $Q_{0.2-0.8}=0.803 \text{ m}^3/\text{s}$ ve $Q_{0.6}=0.810 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler derinlik boyunca ölçülen hızların integrasyonu ile hesaplanan $Q=0.788 \text{ m}^3/\text{s}$ değerine yakın olduğu, rölatif farkın sırasıyla %1.9 ve %2.9 olduğu görülmektedir. Dilim yönteminde ortalama hızların belirlenmesinde bu iki yaklaşımın kullanılmasının çok fazla hataya sebep olmadığı anlaşılmaktadır.

Tablo 3.7. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm $Q_{0.2-0.8}$ ve $Q_{0.6}$ debilerinin hesaplanması

	S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	z	u	z	u	z	u	z	u	z	u	z	u	z	u
$u_{0.2}$	56	0.419	56.8	0.573	57.6	0.582	56	0.467	54.4	0.364	41.6	0.288	33.6	0.259
$u_{0.8}$	14	0.351	14.2	0.304	14.4	0.401	14	0.283	13.6	0.227	10.4	0.175	8.4	0.165
$u_{(0.2+0.8)/2}$		0.385		0.439		0.491		0.375		0.295		0.231		0.212
$u_{0.6}$	28	0.412	28.4	0.396	28.8	0.498	28	0.396	27.2	0.300	20.8	0.232	16.8	0.223
A_i		0.351		0.355		0.358		0.350		0.331		0.264		0.216
$q_{0.2-0.8}$		0.135		0.156		0.176		0.131		0.098		0.061		0.046
$q_{0.6}$		0.145		0.140		0.179		0.138		0.099		0.061		0.048
$Q_{0.2-0.8} =$	$\Sigma q_i = 0.803$													
$Q_{0.6} =$	$\Sigma q_i = 0.810$													

3.2.2. Anahtar Eğrisi

Anahtar eğrisi yönteminde kesitlere ait debiler (Q) ile maksimum su yükseklikleri arasındaki (H_{mak}) ilişki üstel bir fonksiyon olarak belirlenmiştir. Tablo 3.8’de 4 istasyonda gerçekleştirilen ölçümlere ait belirlenen debi (Q) ve bu durumda kesitlerde ölçülen maksimum derinlik değerleri (H_{mak}) verilmiştir. Anahtar eğrilerinin belirlenmesi amacıyla her istasyon için $Q-H_{mak}$ arasındaki dağılım çizilerek Şekil 3.22 – 3.25’te verilmiştir. Grafiklerde anahtar eğrisini gösteren üstel dağılımlar ve bu dağılımlara ait R^2 değerleri de şekil üzerinde verilmiştir.

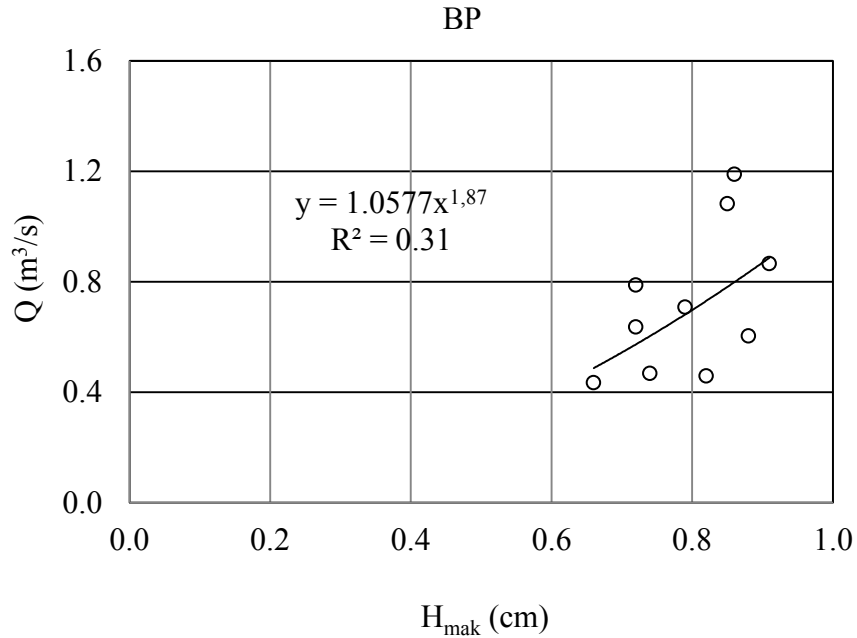
BP İstasyonu için bu dağılım denklem (3.1)’de gösterilmiştir. BP istasyonuna ait anahtar eğrisinin determinasyon katsayısı $R^2=0.31$ olarak belirlenmiştir. Bu değerden de anlaşılabacağı üzere elde edilen üstel dağılım istasyon için çok anlamlı görülmemektedir. Bu eğrinin gerçekçi tahminlerde bulunması için daha çok sayıda ve geniş debi aralığında ölçümlerin alınması gereklidir.

$$Q = 1,057(H_{mak})^{1,87} \quad (3.1)$$

BP istasyonunda yapılan 10 ölçüme ait dilim yöntemi ile belirlenen debiler (Q) ile istasyon için elde edilen anahtar eğrisi denklem (3.1)'den elde edilen debi değerleri (Q_{anh}) değerleri arasındaki rölatif farklar Tablo 3.13'te gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere bu istasyondaki bazı ölçümlerde bu farklar %50 den büyük olmaktadır. Gerçekleştirilen 10 ölçüme ait ortalama fark ta %31.3 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.8. Tüm istasyonların anahtar eğrisi hesap tablosu.

İst.	Ölçümler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BP	Q	0.788	0.434	0.636	1.082	1.188	0.708	0.467	0.458	0.603	0.865
	H _{mak}	0.72	0.66	0.72	0.85	0.86	0.79	0.74	0.82	0.88	0.91
SB	Q	1.178	1.023	1.234	1.658	1.218	1.053	1.322			
	H _{mak}	0.35	0.32	0.34	0.41	0.36	0.32	0.36			
ÖD	Q	0.075	0.029	0.055	0.722	0.330	0.176	0.098	0.024		
	H _{mak}	0.33	0.26	0.31	0.73	0.63	0.58	0.55	0.46		
KO	Q	0.130	0.042	0.037	0.467	0.351	0.241	0.093			
	H _{mak}	0.28	0.22	0.17	0.42	0.4	0.34	0.21			

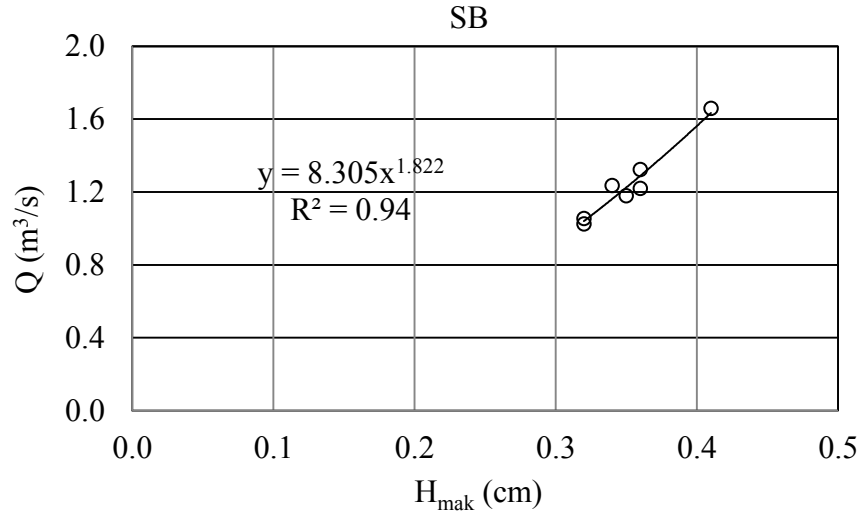


Şekil 3.22. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu anahtar eğrisi.

Sarımsaklı Baraj Giriş İstasyonu anahtar eğrisi Şekil 3.23'te verilmiştir. Bu istasyonun anahtar eğrisi denklemi (3.2) ifadesinde yer almaktadır. İstasyona ait determinasyon

katsayısı $R^2=0.94$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerden anlaşılabacağı üzere SB istasyona ait anahtar eğrisi yüksek determinasyona sahiptir.

$$Q = 8,30(H_{mak})^{1,822} \quad (3.2)$$



Şekil 3.23. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu anahtar eğrisi.

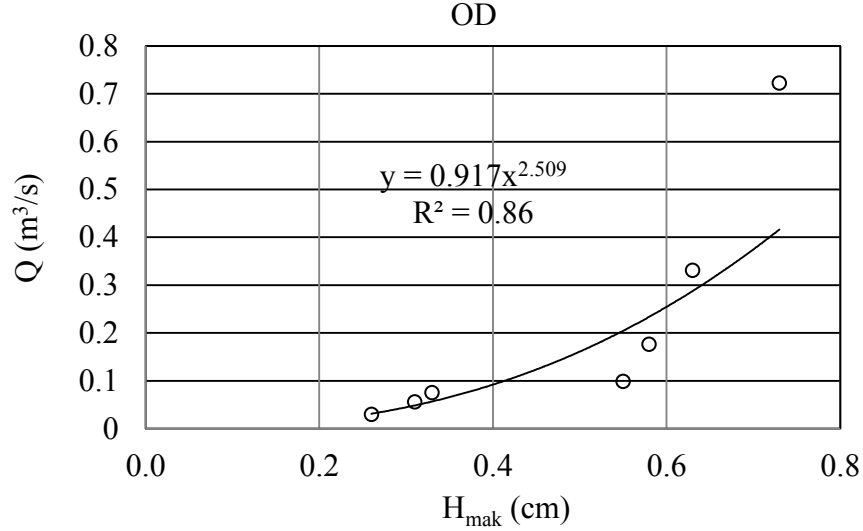
SB İstasyonu'na ait 7 ölçümde dilim yöntemi ile belirlenen debiler ile (Q) istasyon için elde edilen anahtar eğrisi denkleminde (3.2) elde edilen debi değerleri (Q_{anh}) arasındaki rölatif farklar Tablo 3.14'te gösterilmiştir. Tablodan görüleceği üzere ölçümlerde elde edilen en yüksek fark %5.9 olmuştur. 7 adet ölçüme ait ortalama fark ise %3.2 olarak belirlenmiştir.

Felahiye Özdere İstasyonu'nda ölçülen debi (Q) ve maksimum su yüksekliği (H_{mak}) arasındaki ilişki kullanılarak elde edilen anahtar eğrisi Şekil 3.24' de verilmiştir. OD istasyonunun anahtar eğrisi denklemi (3.3) ifadesinde gösterilmiştir. Bu eğriye ait determinasyon katsayısı $R^2=0.86$ olarak hesaplanmıştır. Bu istasyonda 8. ölçümde sağlıklı değerler alınamadığından bu ölçüme ait değerler dikkate alınmamıştır. OD istasyonuna ait anahtar eğrisi SB İstasyonu'na göre daha düşük determinasyon katsayısına sahiptir. Ancak yinede ilişkinin anlamlı olduğu görülmektedir.

$$Q = 0,917(H_{mak})^{2.509} \quad (3.3)$$

OD istasyonuna ait 7 ölçümde dilim yöntemi ile belirlenen debiler ile (Q) istasyon için elde edilen anahtar eğrisi denkleminde (3.3) elde edilen debi değerleri (Q_{anh})

arasındaki rölatif farklar Tablo 3.15'te gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde hata değerleri %7.7 – 108.8 aralığında değişmektedir. 7 ölçüme ait ortalama fark da %34.4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.24. Özdere İstasyonu anahtar eğrisi.

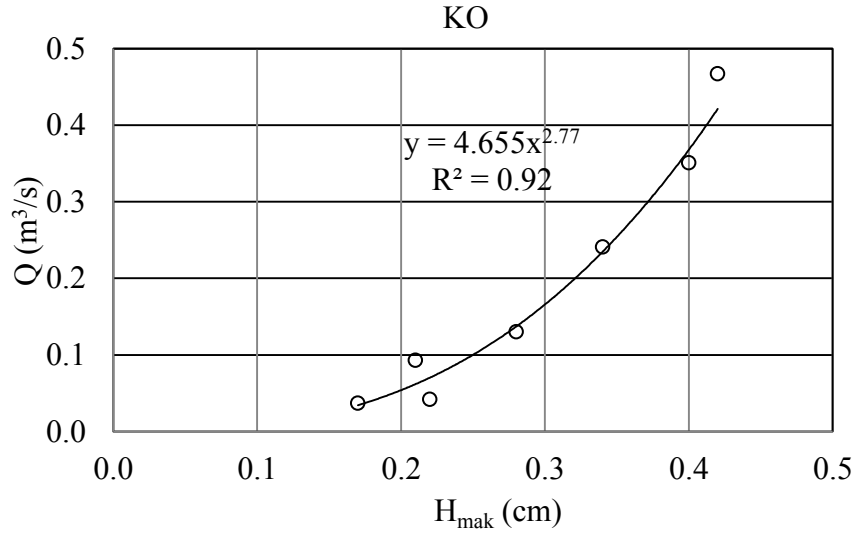
Özvatan Kırıközü istasyonu anahtar eğrisi Şekil 3.25'te verilmiştir. Bu istasyonun anahtar eğrisi denklemi (3.4) ifadesinde yer almaktadır. İstasyona ait anahtar eğrisinin determinasyon katsayısı $R^2=0.92$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerden anlaşılaacağı üzere KO istasyona ait anahtar eğrisi ölçümleri çok iyi temsil etmektedir.

$$Q = 4,656(H_{mak})^{2.77} \quad (3.4)$$

KO istasyonuna ait 7 ölçümde dilim yöntemi ile belirlenen debiler ile (Q), istasyon için elde edilen anahtar eğrisi denkleminde, (3.4), elde edilen debi değerleri (Q_{anh}) arasındaki rölatif farklar Tablo 3.16'da gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde 2. ölçümde %67.5 ve 7. ölçümde %33.5 hata ile debi hesaplandığı anlaşılmaktadır. Diğer 5 ölçümde hata oranı %10'dan azdır. Yüksek olan bu hata değerlerine rağmen 7 adet ölçümün hata ortalaması %18.7 olmuştur.

Genel olarak ele alınan 4 istasyona ait anahtar eğrilerinin hesap sonuçları incelendiğinde sadece SB istasyonunda yöntemin iyi sonuç verdiği, KO istasyonunda birkaç ölçümün dışında eğrinin iyi tahminde bulunduğu, BP ve OD istasyonlarında da anahtar eğrilerinin ölçüm değerlerini iyi tahmin edemediği anlaşılmaktadır. En kesite ait anahtar

eğrisinin çok daha fazla ve geniş akım aralığında ölçülen değerler ile oluşturulması gerektiği bu istasyonlardan da görülmektedir.



Şekil 3.25. Kırıközü istasyonu anahtar eğrisi.

3.2.3. Manning Denklemi

Açık kanal akımlarında ortalama hız dolayısıyla debinin belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan ifade Manning denklemidir. Manning denklemi (2.6) ifadesinde hız için yazılmış olup bu denklem debi için düzenlenir ise, süreklilik ifadesinden

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (3.5)$$

yazılabilir. Burada A: akım enkesit alanıdır. Bölüm 2 de anlatıldığı üzere bu ifadede en önemli parametre kanala ait pürüzlülük katsayısının belirlenmesidir. Bölüm 2, Tablo 2.1’de verilen n katsayısı hesap tablosu yardımı ile ele alınan kesitlere ait pürüzlülük katsayı belirlenerek debi hesapları daha önceden belirtilmiş olan kesit fiziksel özellikleri yardımı ile hesaplanmıştır. Kesitlere ait sürtünme katsayılarının hesapları sırasıyla aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’nda en kesitin fiziki yapısı incelenip pürüzlülük katsayısı hesabı n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 , ve m_5 parametreleri belirlenerek yapılmıştır. Kanal tabanı genel olarak irili ufaklı çakıl parçacıklarıyla kaplı olduğu için her ne kadar az bir kısmı siltli

bir yapıya sahip olsa da n_0 sayısı 0.24 olarak belirlenmiştir. Düzensizlik derecesi ele alındığında düzensizliklerin orta derecede olduğu düşünülerek $n_1=0.01$ olarak alınmıştır. Kanal kesitindeki düzensizlikler incelendiğinde kesit geometrisi sık sık değiştiğinden n_2 sayısı 0.01 olarak belirlenmiştir. Kanal boyunca engellerin etkisi azımsanmayarak $n_3=0.02$ alınmıştır. Kanaldaki bitki örtüsü normal seviyede olduğundan n_4 sayısı 0.02 olarak belirlenmiştir. Son olarak boy kesitte yer alan kıvrımlar az olduğu için $m_5=1.05$ alınıp pürüzlülük katsayısı $n=0.0882$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu pürüzlülük katsayısı ve daha önceden belirtilen kesitin geometrik özellikleri (3.5) ifadesinde kullanılarak BP İstasyonu'nda gerçekleştirilen on ölçüm için Manning debileri (Q_{Man}) hesaplanmıştır. Dilim yöntemi ile ve Manning denklemi ile elde edilen debiler ($Q-Q_{Man}$) ve bu debiler arasındaki rölatif farklar Tablo 3.13'te yer almaktadır. Tablo incelendiğinde bazı debilerin farkının %50' nin üzerinde olduğu, ölçümlere ait ortalama farkın ise %33 olduğu anlaşılmaktadır.

Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu beton bir kesit olduğundan sürtünme katsayısının tespiti kolay olmuştur. Betonarme yüzey olduğu için malzeme içeriği sayısı $n_0=0.02$ alınmıştır. Kanal zamanla aşındığı için düzensizlik derecesi olan n_1 sayısı 0.005 olarak belirlenmiştir. Kanal kesiti ölçüm bölgesinde ani değişimler sergilediğinden n_2 sayısı 0.01 alınmıştır. Engelleme sayısı $n_3=0.02$ alınmıştır. Kesitte hiç bitki örtüsü bulunmadığından $n_4=0$ alınmıştır. Kıvrım orta seviyelerde olduğu için $m_5=1.15$ alınarak SB İstasyonu'na ait pürüzlülük katsayısı $n=0.0633$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu pürüzlülük katsayısı ve bilinen kesit geometrik özellikleri (3.5) ifadesinde kullanılarak SB istasyonunda gerçekleştirilen yedi ölçüm için Manning debileri (Q_{Man}) hesaplanmıştır. Dilim yöntemi ile ve Manning denklemi ile elde edilen debiler ($Q-Q_{Man}$) ve bu debiler arasındaki rölatif farklar Tablo 3.14'te yer almaktadır. Tablodan da görüleceği üzere SB istasyonunda Manning denklemi genel olarak yüksek farklarla debi sonuçları vermiş, yedi ölçüme ait ortalama fark ise %38.3 olmuştur.

Felahiye Özdere İstasyonu genel olarak sıkıntılı bir kesit yapısına sahiptir. Kanalın yapısı nedeniyle karşılaşılan zorluklardan daha önce de bahsedilmiştir. Aynı şekilde sürtünme katsayısının belirlenmesi de zor olmaktadır. Kanal tabanında çok iri taşlar yer aldığından $n_0=0.028$ alınmıştır. Kesit düzensiz olduğundan n_1 sayısı 0.02 olarak belirlenmiştir. Kanal kesiti sık sık değiştiğinden $n_2=0.015$ alınmıştır. Engellemelerin

etkisi göz önüne alındığında kanal tabanında yer alan iri taşların etkisinin fazla oluşundan n_3 sayısı 0.06 olarak belirlenmiştir. Kanalin kenarlarında ve tabanının ağaç kökleri ve bitkilerle yoğun bir şekilde kaplı olması sebebiyle $n_4=0.1$ alınmıştır. Kanalda menderesleşmenin olması nedeniyle m_5 sayısı 1.3 alınarak pürüzlülük parametresi $n=0.2899$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu pürüzlülük katsayısı ve bilinen kesit geometrik özellikleri (3.5) ifadesinde kullanılarak OD İstasyonunda gerçekleştirilen sekiz ölçüm için Manning debileri (Q_{Man}) hesaplanmıştır. Dilim yöntemi ile ve Manning denklemi ile elde edilen debiler ($Q-Q_{Man}$) ve bu debiler arasındaki rölatif farklar Tablo 3.15'te yer almaktadır. Tablodan da görüleceği üzere OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8. ölçümde Manning denklemi akımı temsil edemediğinden hesaplara dahil edilmemiştir. Bu istasyonda Manning denklemi genel olarak yüksek farklarla debi sonuçları vermiştir. Yedi ölçüme ait ortalama fark ise %42.1 olmuştur.

Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda sürtünme katsayısı belirlenmesi şu şekilde gerçekleştirilmiştir: malzeme içeriği genel olarak toprak olduğundan $n_0=0.02$, kesit genel olarak düzensiz olduğundan $n_1=0.00$, kanal kesiti nadiren değiştiği için $n_2=0.005$, akımın genel olarak engellenmesi söz konusu olmadığından $n_3=0.00$, bitki örtüsü oranı çok yüksek olduğundan $n_4=0.05$ ve son olarak da kesitin bulunduğu bölgede kıvrımların az oluşundan $m_5=1$ alınarak pürüzlülük parametresi $n=0.065$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu pürüzlülük katsayısı ve bilinen kesit geometrik özellikleri (3.5) ifadesinde kullanılarak KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen yedi ölçüm için Manning debileri (Q_{Man}) hesaplanmıştır. Dilim yöntemi ile ve Manning denklemi ile elde edilen debiler ($Q-Q_{Man}$) ve bu debiler arasındaki rölatif farklar Tablo 3.16'da yer almaktadır. Tablo incelendiğinde Manning denklemi ile hesaplanan debilerin %20 civarında farklarla debi hesabı yaptığı ve yedi ölçüme ait ortalama farkın ise %17.3 olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.4. Su Yüzü Hızı ile Debi Hesabı

Ölçüm yapılan dört istasyonda gerçekleştirilen her ölçümde Bölüm 2.1.4'te belirtildiği gibi belirli mesafe aralıklarında su yüzü hızları ölçülmüştür. Ölçüm mesafesinin geçen zamana bölünmesi ile her bir ölçüme ait su yüzü hızı belirlenmiştir. Bünyan Pınarbaşı İstasyonunda ölçülen ortalama hızların yine ölçülen su yüzü hızlarına oranlarının (U/u_{sy}) ortalaması alınarak $k_{sy}=0.54$ hesaplanmıştır. Bu katsayı ile BP İstasyonu'nun su

yüzü hızı ile ortalama hız ifadesi $U=0.54u_{sy}$ şeklinde olmuştur. Bu katsayı literatürde belirtilen 0.8-0.9 aralığına girmemektedir. Belirlenen bu k_{sy} katsayısı ile hesaplanan su yüzü debileri (Q_{sy}) ve bu debilerin dilim yöntemi ile hesaplanan debilerden farkları Tablo 3.13'te yer almaktadır. Tablo incelendiğinde her ne kadar fark değerleri yüksek görölse de literatüre uymayan bu k_{sy} katsayısıyla hesaplanan debilerin ortalama farkı %16.4 olmuştur.

Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'nda ölçülen ortalama hız değerleri ve su yüzü hız değerlerinin oranlarının ortalaması alındığında $k_{sy}=0.85$ bulunmuştur. Bu istasyonda k_{sy} katsayısı literatürle uyum göstermiştir. Bu uyumun düzgün kesit geometrisine ve dolayısıyla diğer kesitlere göre daha az çalkantının var oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Belirlenen bu k_{sy} katsayısı ile SB İstasyonu'nun su yüzü hızı ile ortalama hız ifadesi $U=0.85u_{sy}$ şeklinde olmuştur. Bu ifade ile hesaplanan su yüzü debileri ve bu debilerin dilim yöntemi ile hesaplanan debilere göre ortalama farkları Tablo 3.14'te verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere SB İstasyonu'nda su yüzü hızı ile debi hesabı yöntemi ortalama %9.1 hata oranı ile BP İstasyonu'na göre daha iyi sonuç vermiştir.

Ele alınan 3. İstasyon olan Felahiye Özdere İstasyonu'nda ölçülen ortalama hız değerleri ve su yüzü hız değerlerinin oranlarının ortalaması alındığında $k_{sy}=0.42$ olarak hesaplanmıştır. Bu katsayı ile OD İstasyonu'nun su yüzü hızı ile ortalama hız ifadesi $U=0.42u_{sy}$ şeklinde olmuştur. Bu istasyonda da k_{sy} katsayısı literatürle uyum göstermemiştir. Elde edilen su yüzü hızı ile ortalama hız ifadesi kullanılarak elde edilen su yüzü hızı debileri ve dilim yönteminden elde edilen debiler ile bu iki debi arasındaki farklar Tablo 3.15'te yer almaktadır. OD İstasyonu'na ait 8. ölçümde hesap debileri uyum göstermediğinde bu ölçüm tablodan görüleceği üzere hesaplara dahil edilmemiştir. Ele alınan yedi ölçümde su yüzü debilerinin ortalama farkı %20.6 olmuştur.

Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda ölçülen ortalama hızların yine ölçülen su yüzü hızlarına oranlarının (U/u_{sy}) ortalaması alınarak $k_{sy}=0.45$ şeklinde hesaplanmıştır. Bu katsayı ile OD İstasyonu'nun su yüzü hızı ile ortalama hız ifadesi $U=0.45u_{sy}$ şeklinde olmuştur. Bu katsayı literatürde belirtilen 0.8-0.9 aralığına uymamaktadır. Belirlenen bu

k_{sy} katsayısı ile hesaplanan su yüzü debileri (Q_{sy}) ve bu debilerin dilim yöntemi ile hesaplanan debilerden farkları Tablo 3.16'da yer almaktadır. Tablo incelendiğinde hesaplanan debilerin ortalama farkının %25.0 olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.5. Entropi Yöntemi

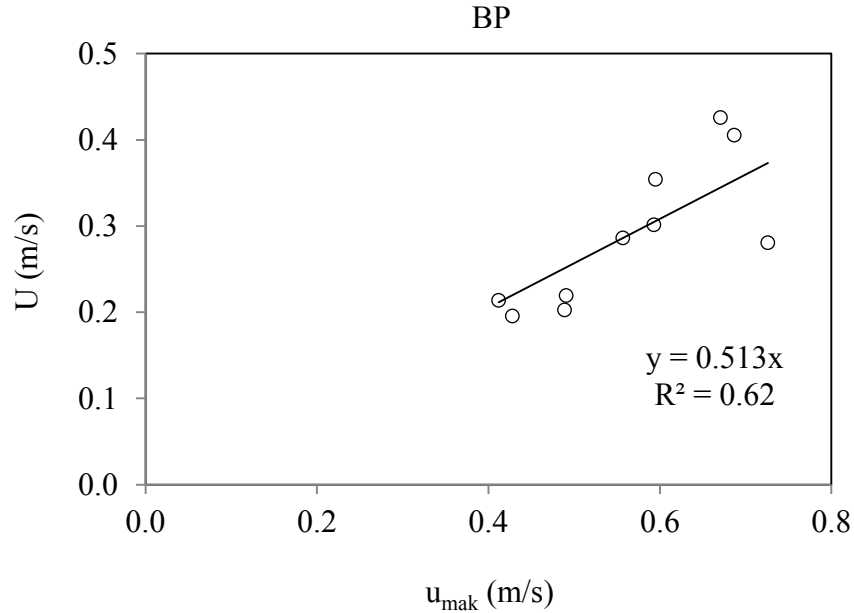
Entropi yöntemi ile debi hesaplanması için ele alınan 4 istasyona ait entropi parametresi, M 'in belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla Bölüm 2.2.3'te verilen (2.37) ifadesinden yararlanılmıştır. Her bir istasyonda ele alınan ölçümlerde hesaplanan ve Tablo 3.1-4'te verilen ortalama hızlar (U) ve kesite ait ölçülen maksimum hız (u_{mak}) değerleri kullanılmıştır. Literatürde belirtildiği üzere $U-u_{mak}$ arasında oluşan doğrusal ilişki ele alınan dört istasyonda da gözlenmiştir.

Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'na ait ortalama hız ve maksimum hız değerleri Tablo 3.9'da yeniden gösterilmiştir. Verilen bu hız değerleri yardımı ile $U-u_{mak}$ ilişkisi grafik halinde Şekil 3.26'da çizilmiştir. Ele alınan en kesit için doğrusal ilişkinin belirlenmesi amacıyla orijinden (sıfırdan) geçen doğru denklemi belirlenerek grafik üstünde gösterilmiştir. Doğrunun eğimi olan $\phi=0,513$ değeri kullanılarak (2.34) ifadesi yardımı ile M değeri hesaplanmıştır. Bu istasyona ait belirlenen denklemin determinasyon katsayısı da $R^2=0.62$ 'dir. Bu değer daha geniş debi aralığında artacağı düşünülmektedir. BP İstasyonu için hesaplanan entropi parametresi $M=0.16$ olarak belirlenmiştir. Kesit için bilinen bu entropi parametresi sabit kabul edilerek herhangi bir akım durumunda u_{mak} yardımı ile debi hesaplanabilir. Kesitte maksimum hızın genellikle kesitin en derin olduğu düzeyde ve su yüzüne yakın bir bölgede olduğu [38], bu bölgede yapılacak bir veya birkaç ölçüm ile maksimum hızın değeri kolaylıkla belirlenebileceği bilinmektedir. Bu maksimum hız değeri, kesit için bilinen entropi parametresi (M) ve (2.34) ifadesi ile gösterilen denklem kullanılarak ortalama hız U hesaplanabilir. Kesite ait geometrik özelliklerin biliniyor olması (derinlik, genişlik, alan vb.) veya kolay belirlenmesi nedeniyle süreklilik denkleminde ($Q=U.A$) debi belirlenebilmektedir. Tablo 3.13'te BP İstasyonu'na ait bilinen M değeri ve her bir akımda ölçülen u_{mak} değerleri yardımı ile hesaplanan Q_M değerleri verilmiştir. Bu debilerin dilim yöntemi ile belirlenen Q debilerinden rölatif farkları da tabloda son sütunda gösterilmiştir. Bu değerlerden görüleceği üzere her bir akım için farklar %0.1–

32.8 aralığında değişmektedir. İstasyona ait belirlenen ortalama hata da %13.2 olarak hesaplanmıştır. Bu değer entropi yönteminin anahtar eğrisinden daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

Tablo 3.9. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu M parametresi hesap tablosu.

	U	u_{mak}	U / u_{mak}
BP_1	0.354	0.595	0.595
BP_2	0.214	0.412	0.519
BP_3	0.301	0.593	0.508
BP_4	0.405	0.687	0.590
BP_5	0.426	0.671	0.634
BP_6	0.286	0.557	0.514
BP_7	0.202	0.489	0.414
BP_8	0.195	0.428	0.457
BP_9	0.219	0.491	0.446
BP_10	0.280	0.726	0.386
			0.513
		M=	0.16

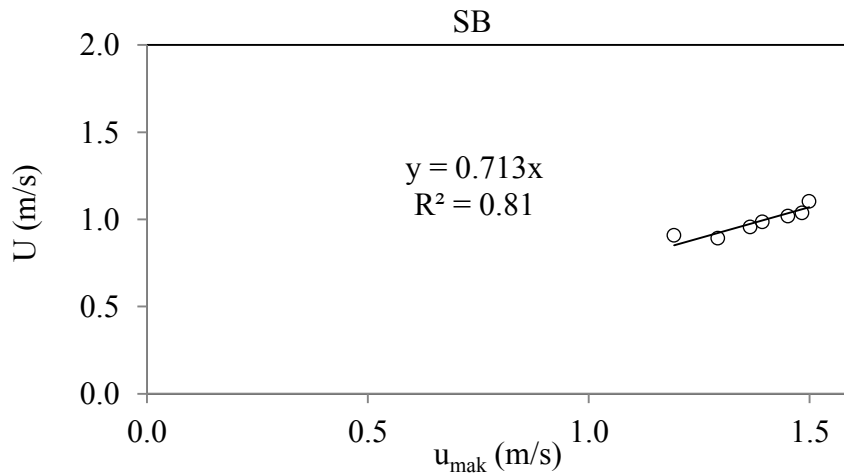


Şekil 3.26. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.

Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait ortalama hız ve maksimum hız değerleri Tablo 3.10' da gösterilmiştir. Verilen bu hız değerleri yardımı ile $U-u_{mak}$ ilişkisi grafik halinde Şekil 3.27'de çizilmiştir. Grafikte yer alan doğrunun eğimi olan $\phi=0.713$ değeri kullanılarak (2.34) ifadesi yardımıyla SB istasyonuna ait entropi parametresi $M=2.9$ olarak hesaplanmıştır. Bu istasyona ait belirlenen denklemin determinasyon katsayısı $R^2=0.81$ 'dir. Tablo 3.14'te SB istasyonuna ait bilinen M değeri ve her bir akımda ölçülen u_{mak} değerleri ile hesaplanan debi değerleri Q_M verilmiştir. Hesaplanan bu debiler ile dilim yöntemiyle hesaplanan debiler (Q) arasındaki rölatif farklar aynı tabloda yer almaktadır. Bu değerler incelendiğinde tüm ölçümlerde hata aralığının %0.7–6.4 olduğu görülmektedir. Ele alınan tüm ölçümler için ortalama mutlak hata değeri ise %2.6 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alındığında entropi yönteminin SB İstasyonu'nda çok iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Tablo 3.10. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu M parametresi hesap tablosu.

	U	u_{mak}	U / u_{mak}
SB_1	0.986	1.393	0.708
SB_2	0.93	1.292	0.691
SB_3	1.038	1.483	0.700
SB_4	1.103	1.499	0.736
SB_5	0.957	1.365	0.701
SB_6	0.909	1.193	0.762
SB_7	1.020	1.451	0.703
			0.713
		M=	2.9

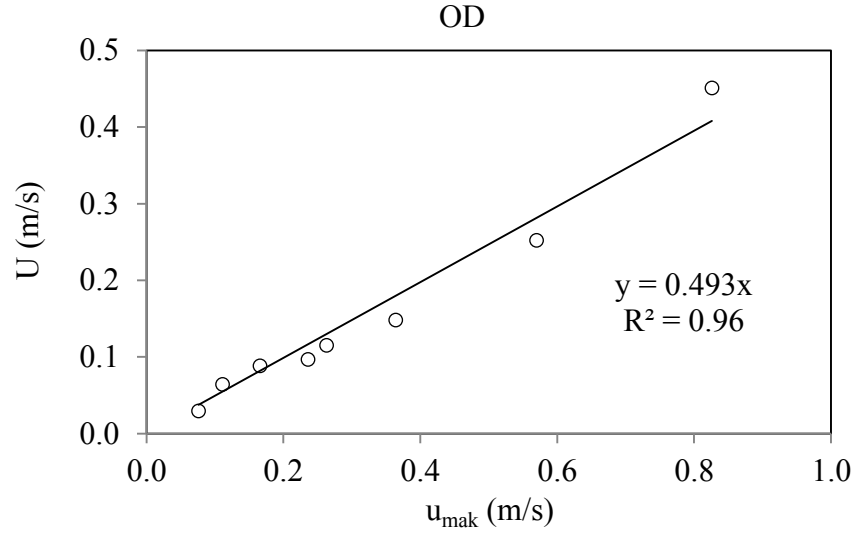


Şekil 3.27. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu $U-u_{mak}$ ilişkisi.

Felahiye Özdere İstasyonu'na ait ortalama hız ve maksimum hız değerleri Tablo 3.11'de gösterilmiştir. Verilen bu hız değerleri yardımı ile $U-u_{mak}$ ilişkisi grafik halinde Şekil 3.28'de çizilmiştir. Grafikte yer alan doğrunun eğimi olan $\phi=0.493$ değeri kullanılarak (2.34) ifadesi yardımıyla OD İstasyonu'na ait entropi parametresi M belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak (2.34) ifadesinde U/u_{mak} değeri 0.5'ten küçük olduğundan M değeri tam yakınsayamamaktadır. Bu yüzden $U/u_{mak}=0.508$ değerini veren $M=0.1$ entropi parametresi olarak kabul edilmiştir. Bu istasyona ait belirlenen denklemin determinasyon katsayısı $R^2=0.96$ olarak hesaplanmıştır. Tablo 3.15'te OD İstasyonu'na ait bilinen M değeri ve her bir akımda ölçülen u_{mak} değerleri ile hesaplanan Q_M değerleri verilmiştir. Hesaplanan bu debiler ile dilim yöntemiyle hesaplanan debiler (Q) arasındaki rölatif farklar aynı tabloda yer almaktadır. Tablo incelendiğinde 8. ölçümün çok yüksek hata verdiği için hesaplara dahil edilmediği, tüm ölçümlerde hata aralığının %7.3–21.6 olduğu görülmektedir. Ele alınan tüm ölçümler için ortalama mutlak hata değeri ise %13.9 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ele alınarak entropi yönteminin OD İstasyonu'nda anahtar eğrisine göre iyi sonuç verdiği söylenebilir. Benzer şekilde yine aynı tablodan OD İstasyonu'nda entropi yönteminin Manning denkleminde daha düzenli bir sonuç sergilediği anlaşılmaktadır. Her ne kadar belirlenen M parametresi yüksek determinasyon katsayısına sahip olsada $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ yöntemlerinin tahmin yüzdelelerini yakalayamamıştır. Bu durumun M parametresi hesabındaki yakınsamama probleminde kaynaklandığı düşünülmektedir. Buradan hareketle OD İstasyonu gibi düşük debili sığ sularda entropi parametresinin belirlenmesinde karşılaşılan sıkıntılardan dolayı tam manasıyla yöntemin nasıl sonuç verdiğinin anlaşılamayacağı düşünülmektedir.

Tablo 3.11. Felahiye Özdere İstasyonu M parametresi hesap tablosu.

	U	u_{mak}	U / u_{mak}
OD_1	0.115	0.263	0.438
OD_2	0.064	0.111	0.575
OD_3	0.097	0.236	0.410
OD_4	0.451	0.826	0.546
OD_5	0.252	0.57	0.442
OD_6	0.148	0.364	0.406
OD_7	0.088	0.166	0.533
OD_8	0.029	0.076	0.387
			0.508
		M=	0.1

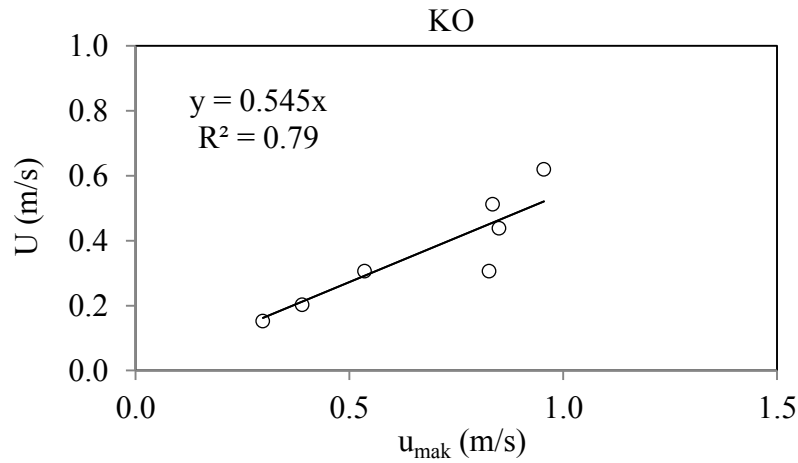


Şekil 3.28. Felahiye Özdere İstasyonu U - $u_{\max}$ ilişkisi.

Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait ortalama hız ve maksimum hız değerleri Tablo 3.12'de gösterilmiştir. Verilen bu hız değerleri yardımı ile U - $u_{\max}$ ilişkisi grafik halinde Şekil 3.29' da çizilmiştir. Grafikte yer alan doğrunun eğimi olan $\phi=0.545$ değeri kullanılarak (2.34) ifadesi yardımıyla KO İstasyonu'na ait entropi parametresi tahmin edilerek $M= 0.54$ olarak hesaplanmıştır. Bu istasyona ait belirlenen denklemin determinasyon katsayısı $R^2=0.80$ 'dir. Tablo 3.16'da KO İstasyonu'na ait bilinen M değeri ve her bir akımda ölçülen $u_{\max}$ değerleri ile hesaplanan Q_M değerleri verilmiştir. Hesaplanan bu debiler ile dilim yöntemiyle hesaplanan debiler (Q) arasındaki rölatif farklar aynı tabloda yer almaktadır. Bu değerler incelendiğinde tüm ölçümlerde en düşük hata oranının %4.5 ve en yüksek hata oranının 7. ölçümde %47.3 olduğu anlaşılmaktadır. Diğer ölçümler için entropi yöntemi iyi sonuç vermektedir. Ele alınan 7 adet ölçüm için ortalama mutlak hata değeri ise %13.8 olarak hesaplanmıştır. Bu hata değeri, entropi yönteminin KO İstasyonu'nda anahtar eğrisine göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Benzer şekilde diğer debi hesap yöntemlerinden Mannig denklemi ve su yüzü hızı ile debi hesabı değerlerinden de yöntemin iyi sonuçlar verdiğini anlaşılmaktadır. Ancak Felahiye Özdere İstasyonu'nda olduğu gibi Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda da entropi yöntemi $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ yöntemlerinin tahmin yüzdelelerini yakalayamamıştır. Bu bakımdan entropi parametresinin hesaplanmasında önemli bir unsur olan ortalama hızın belirlenmesinde çok dikkatli çalışılması gerektiğini bu iki istasyonda elde edilen sonuçlar göstermektedir.

Tablo 3.12. Özvatan Kırıközü İstasyonu M parametresi hesap tablosu.

	U	$u_{\max}$	$U / u_{\max}$
KO_1	0.306	0.536	0.571
KO_2	0.152	0.298	0.511
KO_3	0.202	0.390	0.518
KO_4	0.619	0.955	0.649
KO_5	0.512	0.835	0.613
KO_6	0.438	0.850	0.516
KO_7	0.306	0.827	0.370
			0.545
		M=	0.54

Şekil 3.29. Özvatan Kırıközü İstasyonu $U-u_{\max}$ ilişkisi.

3.2.6. Farklı Yöntemler ile Debi Hesabının Değerlendirilmesi

Bu bölümde ele alınan istasyonlara ait dilim debi değerleri ile altı farklı yöntem ile hesaplanan debiler ($Q_{0.2-0.8}$, $Q_{0.6}$, Q_{anh} , Q_{Man} , Q_{sy} ve Q_M) her istasyon için farklı tablolarda verilmiştir (Tablo 3.13-16). Bu tablolarda debi yöntemleri arasındaki rölatif farklarda gösterilmiştir. Tablolardanda görüleceği üzere, dilim yöntemi ile diğer yöntemler arasındaki hata değerleri sırasıyla 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. sütunlarda gösterilmiştir. Tablonun en son satırında ise bu yöntemlere ait ortalama hatalar verilmiştir.

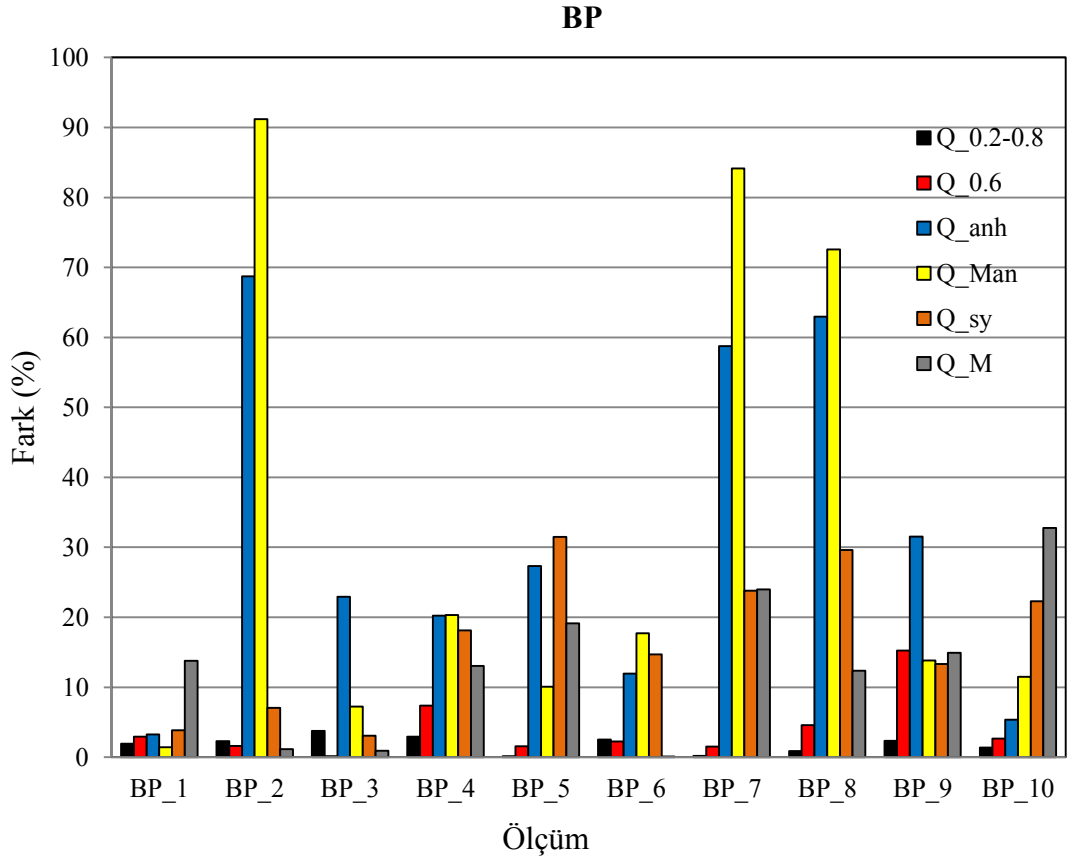
Bünyan Pınarbaşı İstasyonu debi hesap sonuçları Tablo 3.13’de yer almaktadır. Bu tablo incelendiğinde $0.2-0.8H$ debilerinin %1.8 ortalama fark ile en iyi sonucu verdiği ve onu

%4 fark ile $0.6H$ debilerinin izlediği ve iki yöntemin gayet iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Dolayısıyla dilim debileri hesabında ortalama hız için her iki yöntemin kullanılması yeterli olacaktır. Literatürde de benzer sonuçlar vurgulanmıştır [35]. Anahtar eğrisi debileri incelendiğinde bazı ölçümler hatayı artırmış ve bu değerler hesaba katıldığında %31.3' lük ortalama fark ile debiler hesaplanmıştır. Şekil 3.22' de yer alan Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'na ait anahtar eğrisi grafiği incelendiğinde denklemin determinasyon katsayısı $R^2=0.31$, yani düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla mevcut ölçümler ile belirlenen anahtar eğrisinin iyi tahminlerde bulunulamayacağı anlaşılmaktadır. Bu sonuçtan yola çıkılarak, doğal bir akarsuda anahtar eğrisinin daha sağlıklı oluşturulması için eğri oluşturmada kullanılacak veri sayısının çok daha fazla ve geniş debi aralığında olması gerektiği görülmektedir. BP istasyonu için Manning debileri incelendiğinde bazı ölçümlerde %85 civarı farkların olduğu ve bu farklarda hesaplara dahil edilerek ortalama farkın %33.0 olduğu tablodan anlaşılmaktadır. Bu sonuçlardan yola çıkarak BP İstasyonu'nda Manning denklemin anahtar eğrisi yöntemi gibi düzenli sonuçlar vermediği görülmektedir. İstasyona ait su yüzü hızları ile hesaplanan debilerin ortalama farkının %16.4 olduğu ve genel olarak düzenli sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.

Su yüzü hızı ile debi hesabının anahtar eğrisi yöntemi ve Manning denklemine göre iyi sonuç verdiği görülmektedir. Yine bu istasyon için entropi yöntemi ile hesaplanan debilere ait ortalama fark % 13.2 olarak hesaplanmıştır. Bu değer yüksek oluşunun özellikle bazı ölçümlerden kaynaklandığı tablodan anlaşılmaktadır. Yöntem anahtar eğrisi ve Manning yöntemi ile karşılaştırıldığında daha doğru sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla entropi yöntemi uygulamada daha çok başvurulan anahtar eğrisi yöntemine göre tercih edilebilir. Entropi yöntemi ile su yüzü hızı ile debi hesabı yöntemi yakın sonuçlar vermiştir. Şekil 3.30'da Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'nda gerçekleştirilen 10 farklı ölçümde elde edilen ve Tablo 3.13'de verilen debi hata değerlerinin grafiği yer almaktadır. Grafik incelendiğinde Manning yöntemi ve anahtar eğrisi yönteminin bazı ölçümlerde yüksek farklar verdiği görülmektedir. Entropi yönteminde bu farkların yüksek olmasının sebebinin ele alınan düşeylere ait maksimum hızın (u_{mak}) doğru olarak belirlenememesi olduğu düşünülmektedir. Manning yönteminin ise bu kesite uyumlu sonuçlar vermediği anlaşılmıştır.

Tablo 3.13. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'na ait debi analizleri.

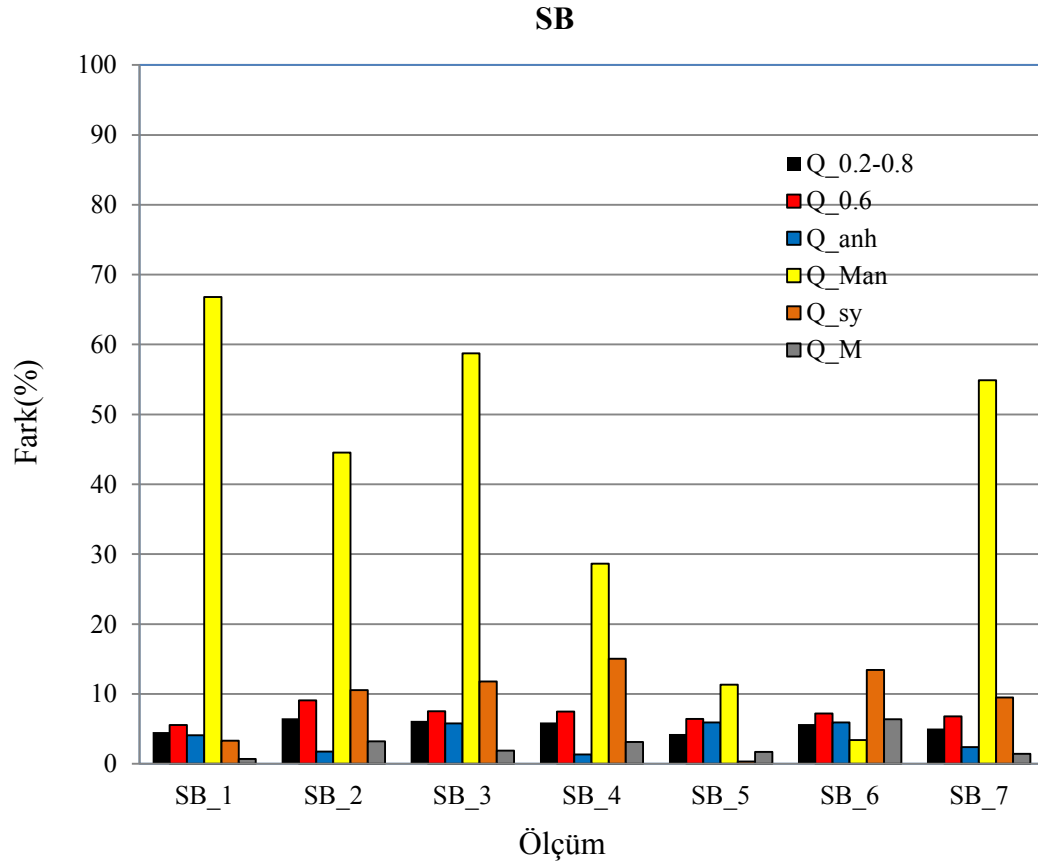
	Q	Q _{0.2-0.8}	Q _{0.6}	Q _{anh}	Q _{Man}	Q _{sy}	Q _M	Mutlak Fark (%)					
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	Q-Q _{0.2-0.8}	Q-Q _{0.6}	Q-Q _{anh}	Q-Q _{Man}	Q-Q _{sy}	Q-Q _M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BP_1	0.788	0.803	0.811	0.814	0.776	0.758	0.679	1.9	2.9	3.3	1.4	3.8	13.8
BP_2	0.434	0.444	0.427	0.732	0.830	0.403	0.429	2.3	1.6	68.7	91.2	7.1	1.1
BP_3	0.636	0.660	0.637	0.782	0.682	0.616	0.642	3.8	0.2	23.0	7.3	3.1	0.9
BP_4	1.082	1.114	1.162	0.863	0.862	0.886	0.941	3.0	7.4	20.2	20.3	18.1	13.0
BP_5	1.188	1.190	1.170	0.864	1.069	0.814	0.961	0.1	1.5	27.3	10.1	31.5	19.1
BP_6	0.708	0.726	0.692	0.793	0.583	0.812	0.707	2.5	2.3	12.0	17.7	14.7	0.1
BP_7	0.467	0.466	0.460	0.741	0.074	0.574	0.579	0.2	1.5	58.7	84.2	22.9	24.0
BP_8	0.458	0.462	0.479	0.746	0.126	0.589	0.515	0.9	4.6	62.9	72.6	28.6	12.4
BP_9	0.603	0.617	0.695	0.793	0.520	0.678	0.693	2.3	15.3	31.5	13.8	12.5	14.9
BP_10	0.865	0.853	0.842	0.819	0.964	1.050	1.149	1.4	2.7	5.4	11.5	21.4	32.8
Ortalama Mutlak Fark								1.8	4.0	31.3	33.0	16.4	13.2



Şekil 3.30. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu debi hesap farkları grafiği.

Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait debi değerlerinin yer aldığı Tablo 3.14 incelendiğinde Bünyan Pınarbaşı İstasyonu'ndan farklı olduğu görülmektedir. Entropi debileri %2.6 hata oranıyla en iyi tahminde bulunurken %3.2 hata oranıyla anahtar eğrisi yöntemi ikinci iyi tahminde bulunmuştur. $0.2-0.8H$ debileri %5.5 ve $0.6H$ debileri de %7.2 hata oranıyla tahminlerde bulunmuştur. Tablonun 12. sütunu incelendiğinde su yüzü hızı ile hesaplanan debilerin %9.1 ortalama fark oranıyla belirlendiği ve yöntemin SB İstasyonu'nda kabul edilebilir sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Bu sonuçlardan belirtilen beş yöntemde debi hesabında kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Yöntemlerin birbirine yakın ve iyi sonuç vermesinin en önemli sebebi kesit geometrisinin ve özelliklerinin düzenli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak yukarıda bahsedilenin aksine SB istasyonunda Manning yönteminde tablodan da anlaşılabileceği üzere %38.3 ortalama fark hesaplanmıştır. Kesitin betonarme oluşu pürüzlülük katsayısının belirlenmesini kolaylaştırmış olmasına karşın yöntem bu istasyonda beklenen sonuçları verememiştir. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere SB İstasyonu'nda kesit betonarme ve kanal geometrisi düzenlidir. Kesit geometrisinin

düzenli ve malzeme özelliklerinin homojen olmasının Manning yöntemi haricindeki yöntemlerde debi tahminlerinin daha sağlıklı gerçekleştirilmesine neden olduğu görülmektedir. Bu farkın su yüzü eğimini belirlerken oluşan hatalara bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.31. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu debi hesap farkları grafiği.

Şekil 3.31’de Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu’nda gerçekleştirilen 7 farklı ölçümde elde edilen ve Tablo 3.14’de verilen debi hata değerlerinin görsel şekli yer almaktadır. Şekilde Manning yönteminin 5 ölçümde aşırı yüksek sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. diğer iki ölçümde ise kabul edilebilir farklar vermiştir. Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonunda su yüzü hızı ile debi hesabı yöntemi Manning Denkleminden sonraki en yüksek farkı veren debi hesap yöntemi olmuştur. Su yüzü hızı ile debi hesabı yönteminden sonra en yüksek farkı $0.6H$ yönteminin verdiği yine aynı tablodan anlaşılmaktadır. Diğer üç yöntemde 7 ölçümde iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Anahtar eğrisi ve entropi debilerinin diğer iki yönteme göre ($0.2-0.8H$ ve $0.6H$) daha iyi oldu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.14. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait debi analizleri.

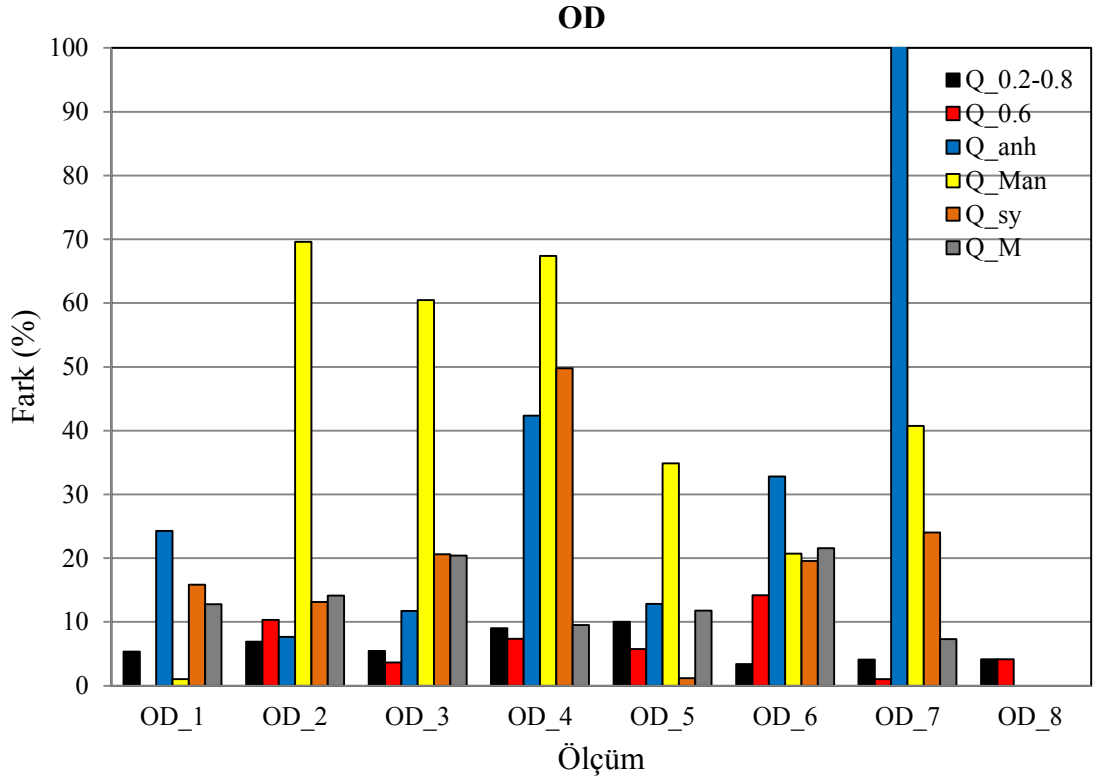
	Q	Q _{0.2-0.8}	Q _{0.6}	Q _{anh}	Q _{Man}	Q _{sy}	Q _M	Mutlak Fark (%)					
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	Q-Q _{0.2-0.8}	Q-Q _{0.6}	Q-Q _{anh}	Q-Q _{Man}	Q-Q _{sy}	Q-Q _M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SB_1	1.178	1.231	1.243	1.226	0.391	1.138	1.186	4.5	5.6	4.1	66.8	3.3	0.7
SB_2	1.023	1.090	1.116	1.041	0.567	1.131	1.056	6.5	9.1	1.8	44.5	10.6	3.2
SB_3	1.234	1.310	1.327	1.163	1.959	1.380	1.257	6.1	7.5	5.8	58.7	11.8	1.9
SB_4	1.658	1.756	1.782	1.635	1.183	1.409	1.606	5.9	7.5	1.4	28.7	15.0	3.1
SB_5	1.218	1.270	1.297	1.290	1.080	1.214	1.239	4.3	6.4	5.9	11.3	0.3	1.7
SB_6	1.053	1.113	1.129	1.041	1.089	1.194	0.986	5.7	7.2	1.1	3.4	13.4	6.4
SB_7	1.322	1.389	1.412	1.290	2.048	1.196	1.341	5.1	6.8	2.4	54.9	9.5	1.5
Ortalama Mutlak Fark								5.5	7.2	3.2	38.3	9.1	2.6

Özdere İstasyonunu debi değerleri Tablo 3.15'ten incelendiğinde $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ debilerinin % 6.0 ve %5.8 oranında ortalama hatalarla tahminlerde bulunduğu ve bu iki yöntemin iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Anahtar eğrisi yöntemi istasyona ait 8. ölçümde yüksek fark vermiştir. Bu ölçümde debinin çok küçük olması buna rağmen kesit malzeme özelliğine bağlı kabarma gözlenerek akımın yapısının bozulduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla hata hesaplamalarında bu ölçüm değerleri dikkate alınmamıştır. Bu istasyona ait Şekil 3.24'te yer alan anahtar eğrisi grafiği incelendiğinde $R^2=0.86$ olduğu görülmektedir. Bu yöntemle ait istasyondaki ortalama fark da %34.4 olarak bulunmuştur. Manning yönteminin anahtar eğrisi yöntemine göre daha fazla oranda hata ile (%42.1) sonuç verdiği tablodan anlaşılmaktadır. Bu sonuçtan yola çıkarak OD İstasyonu'nda Manning yöntemine başvurmanın iyi sonuçlar vermediği söylenebilir. Çünkü bu değer diğer yöntemlerin sonuçlarına göre oldukça yüksektir. Su yüzü hızı ile yapılan debi hesapları %20.6 ortalama fark vererek düzenli bir sonuç elde edilmemiştir. Entropi debilerinin ortalama hata değeri %13.9' dur. Bu hata oranıyla entropi yönteminin bu kesit için anahtar eğrisi, Manning ve su yüzü hızı yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Şekil 3.32'de Felahiye Özdere İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8 farklı ölçümde elde edilen ve Tablo 3.15'te verilen debi hata değerlerinin grafiği yer almaktadır. Şekilde anahtar eğrisi yönteminin OD istasyonunda son ölçümde çok yüksek fark verdiği için hesaba dahil edilmediği, 7. ölçümde aşırı yüksek bir fark verdiği ve buna bağlı olarak diğer ölçülmekteki genel olarak yüksek seyreden fark değerleri ile birlikte ele alınan istasyonda yüksek fark verdiği anlaşılmaktadır. Anahtar eğrisi yöntemi yüksek farklar vermiş olsada Manning debilerinin genel olarak yüksek farklar verdiği ve yöntemin mutlak farkının anahtar eğrisi yönteminden yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Su yüzü debileri incelendiğinde bazı ölçümlerde %50 civarında farklar görülse de bu iki yöntemlere nispeten daha düzenlidir. Entropi yönteminin fark aralığının %10-20 olduğu ve entropi debilerinin bu üç yöntemle göre daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Diğer istasyonlarda olduğu gibi bu istasyonda da $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ yöntemlerinin istikrarlı sonuçları göze çarpmaktadır. Tablo 3.15 ve Şekil 3.32 incelendiğinde bahsedilen iki yöntemde Felahiye Özdere İstasyonu'nda gayet düzenli sonuçlar verdiği, yöntemlerin en yüksek %10 dolaylarında farklar verdiği, bu iki yöntemin diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 3.15. Felahiye Özdere İstasyonu'na ait debi analizleri.

	Q	Q _{0.2-0.8}	Q _{0.6}	Q _{anh}	Q _{Man}	Q _{sy}	Q _M	Mutlak Fark (%)					
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	Q-Q _{0.2-0.8}	Q-Q _{0.6}	Q-Q _{anh}	Q-Q _{Man}	Q-Q _{sy}	Q-Q _M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
OD_1	0.075	0.071	0.075	0.057	0.076	0.087	0.085	5.3	0.0	24.3	1.0	15.9	12.8
OD_2	0.029	0.031	0.032	0.031	0.049	0.025	0.025	6.9	10.3	7.7	69.6	13.2	14.2
OD_3	0.055	0.058	0.057	0.049	0.022	0.066	0.066	5.5	3.6	11.7	60.5	20.6	20.4
OD_4	0.722	0.787	0.775	0.416	0.235	0.363	0.653	9.0	7.3	42.3	67.4	49.8	9.5
OD_5	0.330	0.363	0.311	0.288	0.215	0.334	0.369	10.0	5.8	12.8	34.9	1.2	11.8
OD_6	0.176	0.182	0.151	0.234	0.140	0.210	0.214	3.4	14.2	32.8	20.7	19.6	21.6
OD_7	0.098	0.102	0.099	0.205	0.138	0.122	0.091	4.1	1.0	108.8	40.7	24.0	7.3
OD_8	0.024	0.023	0.025	0.131	0.113	0.045	0.000	4.2	4.2				
Ortalama Mutlak Fark								6.0	5.8	34.4	42.1	20.6	13.9



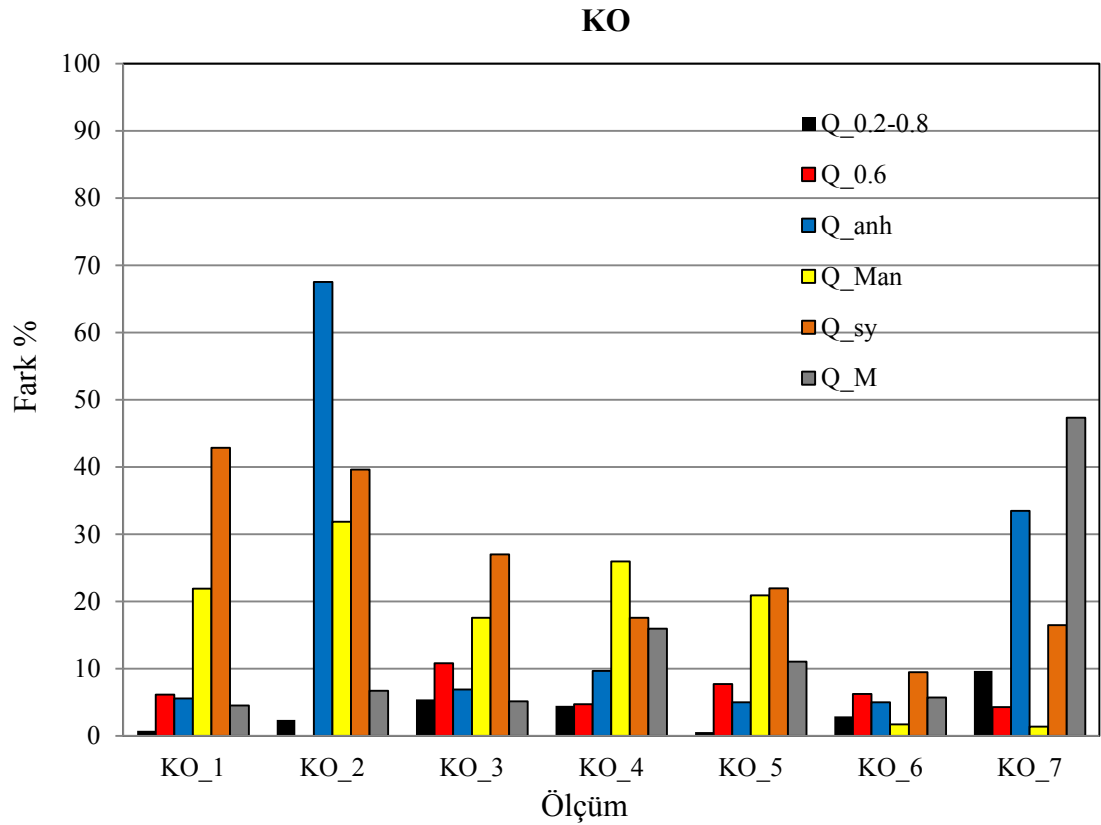
Şekil 3.32. Felahiye Özdere İstasyonu debi hesap farkları grafiği.

Kırıközü İstasyonuna ait debi ve hata değerleri Tablo 3.16’da yer almaktadır. Tablo incelendiğinde $0.2-0.8H$ debisinin %3.7 ortalama hata ile, $0.6H$ debilerinin de %5.7 ortalama hata ile debi değerlerini hesapladığı görülmektedir. Her iki yönteminde Özvatan Kırıközü İstasyonu için kullanılabileceği anlaşılmaktadır. İstasyonda anahtar eğrisi 2. ve 7. ölçümdeki yüksek fark oranlarına rağmen % 18.7 ortalama farkla tahminde bulunmuştur. Manning yönteminin ise %17.3’ lük farkla debi hesapladığı belirlenmiştir. Bu iki yöntem yakın sonuçlar vermiştir. Su yüzü hızı ile debi hesabı yöntemi %25.0 ortalama fark oranı ile KO İstasyonu’nda en yüksek farkı veren yöntem olmuştur. Entropi yöntemi de %13.8 ortalama fark oranı ile anahtar eğrisi, Manning ve su yüzü hızı yöntemlerini göre daha iyi sonuç vermiştir.

Şekil 3.33’te Özvatan Kırıközü İstasyonu’nda gerçekleştirilen 7 farklı ölçümde elde edilen ve Tablo 3.16’da verilen debi hata değerlerinin grafiği yer almaktadır. Şekilden entropi yöntemi ve anahtar eğrisi yöntemi ile hesaplanan debilerin bazı ölçümlerde yüksek fark verdiği, Manning ve su yüzü hız debilerinin ise genel olarak yüksek oranda farklarla debi hesabı yaptığı anlaşılmaktadır. $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ debilerinin ise genel olarak iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 3.16. Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait debi analizleri.

	Q	Q _{0.2-0.8}	Q _{0.6}	Q _{anh}	Q _{Man}	Q _{sy}	Q _M	Mutlak Fark (%)					
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	Q-Q _{0.2-0.8}	Q-Q _{0.6}	Q-Q _{anh}	Q-Q _{Man}	Q-Q _{sy}	Q-Q _M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
KO_1	0.130	0.129	0.122	0.137	0.101	0.186	0.124	0.8	6.2	5.6	21.9	42.9	4.5
KO_2	0.042	0.043	0.042	0.070	0.055	0.059	0.045	2.4	0.0	67.5	31.8	39.6	6.7
KO_3	0.037	0.035	0.041	0.034	0.030	0.047	0.039	5.4	10.8	6.9	17.6	27.0	5.1
KO_4	0.467	0.488	0.489	0.422	0.346	0.385	0.392	4.5	4.7	9.6	25.9	17.6	16.0
KO_5	0.351	0.353	0.378	0.369	0.278	0.274	0.312	0.6	7.7	5.0	20.9	21.9	11.1
KO_6	0.241	0.234	0.256	0.235	0.237	0.218	0.255	2.9	6.2	2.5	1.7	9.5	5.7
KO_7	0.093	0.102	0.097	0.062	0.094	0.078	0.137	9.7	4.3	33.5	1.4	16.5	47.3
Ortalama Mutlak Fark								3.7	5.7	18.7	17.3	25.0	13.8



Şekil 3.33. Özvatan Kırıközü İstasyonu debi hesap farkları grafiği.

Tablo 3.17 İstasyonlara ait ortalama debi farkları.

	Q _{0.2-0.8}	Q _{0.6}	Q _{anh}	Q _{Man}	Q _{sy}	Q _M
BP	1.8	4.0	31.3	33.0	16.4	13.2
SB	5.5	7.2	3.2	38.3	9.1	2.6
OD	6.0	5.8	34.4	42.1	20.6	13.9
KO	3.7	5.7	18.7	17.3	25.0	13.8

Genel olarak değerlendirme yapıldığında $0.2-0.8H$ debilerinin ortalama hata oranlarının %1.8–6.0 aralığında olduğu görülmektedir. Tüm ölçümler dikkate alındığında bu hata oranları da %0.00–10.8 aralığında değişmektedir. Bu değerlerden yola çıkarak $0.2-0.8H$ yönteminin doğal akarsularda debi hesaplarında kullanılabilir en iyi sonuç veren yöntem olduğu söylenebilir. Dolayısıyla dilim debileri hesaplanırken derinlik boyunca hız ölçümünün yapılmasına gerek yoktur.

$0.6H$ debilerinin hata oranları incelendiğinde tahminlerin ortalama hatalarının %4.0–7.2 aralığında olduğu görülmektedir. Ölçümler bazında incelendiğinde bu aralığın %0.00–15.3 olduğu görülmektedir. Benzer şekilde $0.2-0.8H$ yönteminde olduğu gibi bu

yönteminde iyi tahminlerde bulunduğu söylenebilir. Literatürde bu tek ölçümün sığ sularda kullanılabileceği belirtilmektedir.

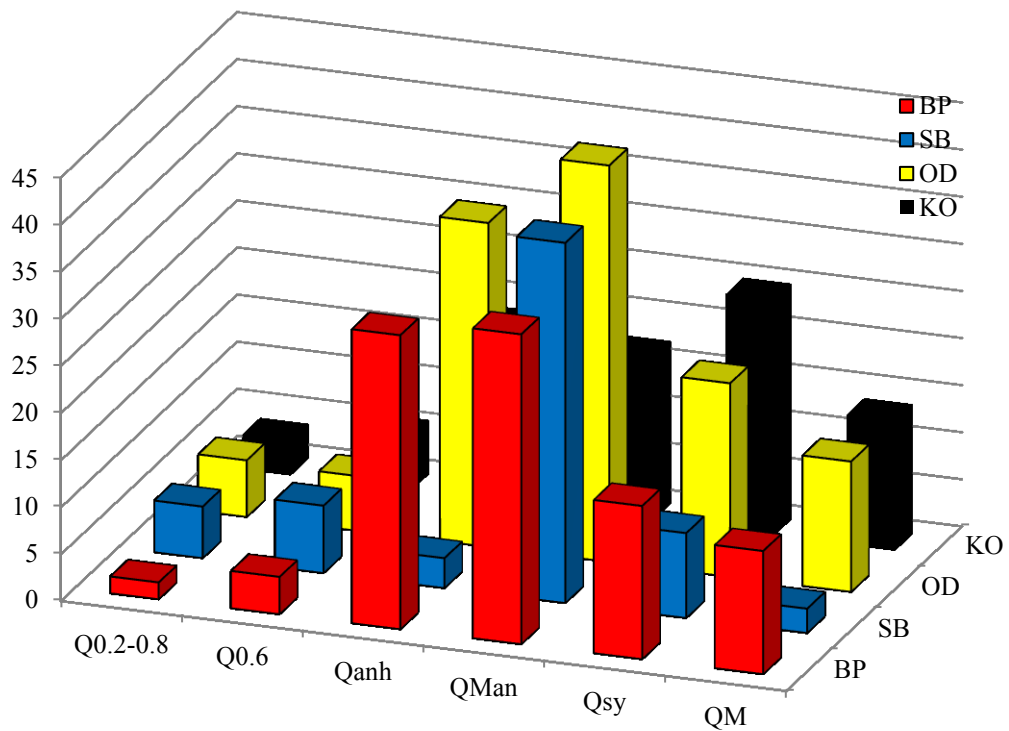
Anahtar eğrisi yöntemiyle elde edilen sonuçlar incelendiğinde Sarımaklı Baraj Girişi İstasyonu'nu dahil edilerek bir ortalama hata aralığı belirlenirse bu aralık %3.2–34.4 olmuştur. Gözlenen yüksek hatalar önceden de belirtildiği gibi anahtar eğrisinin oluşturulmasında kullanılan veri sayısının az oluşundan kaynaklanmıştır. Çok sayıda ölçüm sonuçları ile oluşturulacak anahtar eğrilerinin daha doğru debi tahmini yapılabileceği bilinmektedir.

Manning denklemi ile hesaplanan debilerin vermiş olduğu sonuçlara bakıldığında ortalama fark aralığının %17.3–42.1 olduğu görülmektedir. Ele alınan dört istasyon için Manning denkleminin uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Pürüzlülük katsayısı n 'in belirlenmesinde çok hassasiyet gösterilse bile sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir. Buradan hareketle doğal akarsularda Manning yöntemi kullanılırken dikkatli olunması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Su yüzü hızı ile debi hesabı sonuçları ele alındığında %9.1–25.0 aralığında ortalama farklarla debi tahminlerinde bulunulduğu görülmektedir. Diğer istasyonlara göre daha düzenli bir kesit yapısına sahip olan SB İstasyonu'nda sonuçlar gayet iyidir. Diğer istasyonlarda her ne kadar literatürde bahsedilen değerlere uymayan k_{sy} katsayıları belirlenmiş olsa da sonuçların iyi olmadığı görülmektedir. Aksine, kanalın su yüzü hızı ölçümü yapılan kısmının akımın daha düzenli olduğu, türbülansın olmadığı bir kesimde belirlenerek çok daha hassas su yüzü hızı ölçümleriyle yöntemin daha gerçekçi sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Bu yönüyle su yüzü hız ile debi hesabı yöntemini doğal akarsularda daha detaylı incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Entropi yöntemi ile hesaplanan debi değerleri incelendiğinde hata aralığının ilk iki yönteme göre geniş olduğu görülmektedir. Ele alınan BP, SB, OD ve KO istasyonlarda rölatif farklar sırasıyla %13.2 - %2.6 - %13.9 ve %13.8 olarak belirlenmiştir. Ele alınan istasyonlarda bu yöntem anahtar eğrisine göre daha iyi sonuçlar vermektedir. İstasyonlara ait entropi parametresinin daha çok veri ile hesaplanması durumunda bu farkların azalacağı öngörülmektedir.

Şekil 3.34'te ele alınan dört istasyonda yapılan debi hesaplarının ortalama farklarının grafiği verilmiştir. Grafik üzerinden genel bir değerlendirme yaparak, $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ debilerinin tüm istasyonlarda iyi sonuç verdiği, anahtar eğrisi ve Manning denklemi yöntemlerinin yüksek farklar verdiği ve su yüzü hızı debilerinin de normal sonuçlar verdiği söylenebilir. Entropi yönteminin farkları incelendiğinde ise $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ debileri kadar iyi sonuçlar veremediği ancak diğer üç yöntemden de daha iyi sonuç verdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.34. Debi hesabı genel fark grafiği.

3.3. Akarsularda Hız Dağılımları

Dört farklı istasyonda gerçekleştirilen ölçümlerde ele alınan düşeylerdeki hız dağılımlarının, logaritmik, entropi ve üstel dağılım modelleri ile uyumu araştırılmıştır. Bu amaçla her bir modele ait parametreler belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm değerleri kullanılarak logaritmik dağılımdaki kayma hızları (u_*), rölatif pürüzlülük katsayıları (k_s), entropi modeline ait M entropi parametresi ve üstel dağılımdaki katsayılar a ve m katsayıları belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler ile hesaplanan dağılımların ölçüm

değerlerini ne derecede ve hangi bölgede temsil ettiği belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre 3 modelin avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur.

3.3.1. Logaritmik Dağılım

Akarsularda iki boyutlu hız dağılımını gösteren logaritmik dağılım literatürde en çok ele alınan dağılımdır. Bu dağılımda kesitte ele alınan düşeye ait kayma hızı (u^*) ve rölatif pürüzlülüğün (k_s) bilinmesi gerekmektedir. 4 farklı istasyonda, farklı akım durumlarında yapılan enkesit hız ölçümleri ele alınarak logaritmik dağılımdaki bu parametreler belirlenmiştir. Bünyan Pınarbaşı İstasyonunun 1. ölçümünde (BP_1) parametrelerin hesabı detaylı olarak açıklanmıştır. Bu istasyonda dağılımın geçerli olduğu aralık her bir düşey için belirlenmiş ve grafik olarak gösterilmiştir. Diğer ölçümler ve istasyonlar için dağılım sonuçları ölçüm değerleri ile grafiksel olarak saçılım diyagramlarında gösterilmiştir.

3.3.1.1. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu Logaritmik Dağılım Hesap Örneği

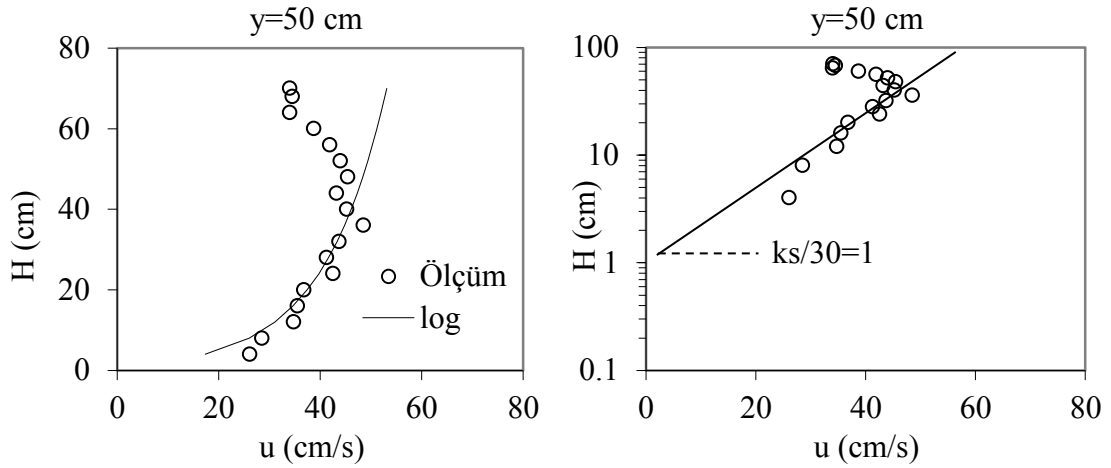
Sümer [69], ele alınan düşeyde ölçülen hız dağılımları, $u(z)$, yardımı ile $1/\chi = 2.5$ alınarak, u^* ve k_s değerlerinin (2.25) denkleminden elde edilebileceğini bildirmiştir. Derinlik boyunca ölçülen noktasal hız değerleri düşey eksen (z) logaritmik olacak şekilde grafiği çizildiğinde, logaritmik hız dağılım bölgesinin yaklaşık $0.1H \leq z \leq (0.2-0.3)H$ aralığında kalacağını, bu bölgeden geçen doğrunun z eksenini kestiği noktanın $k_s/30$ değerini gösterdiğini belirtmiştir. Belirlenen bu $k_s/30$ değeri yardımı ile ölçülen hız değerlerini logaritmik bölgede en iyi temsil eden kayma hızı, u^* , (2.25) denklemi yardımı ile belirlenebilir.

Bu amaçla BP_1 ölçümüne ait ölçüm değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Şekil 3.35(a-g)'te bu ölçüme ait en kesit üzerinde ölçüm yapılan düşeylerdeki derinlik boyunca hız dağılımları da grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu düşeylere ait yarı logaritmik ölçekte çizilen hız dağılımı da yan tarafta ayrıca çizilmiştir. Ele alınan tüm düşeylere ait logaritmik bölgeden ($0.1H \leq z \leq (0.2-0.3)H$) geçen doğrunun z eksenini kestiği noktalar belirlenmiştir. Kesite ait kanal malzeme özelliği homojen olduğundan tüm ölçüm

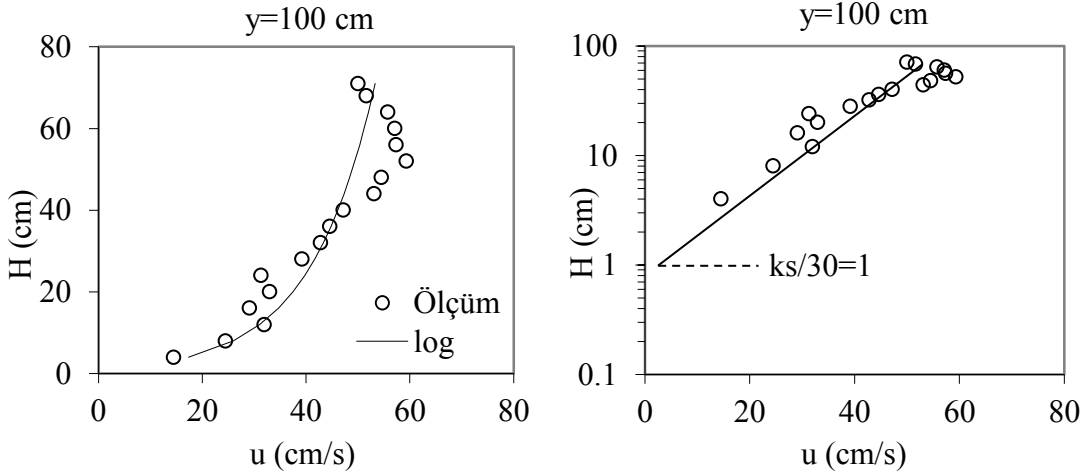
yapılan düşeyde $k_s/30=1.0$ olarak belirlenmiştir. Bu pürüzlülük yükseklikleri kullanılarak (2.25) ifadesi yardımı ile ölçülen hızlara logaritmik bölgede en iyi uyum gösteren kayma hızları u_* her bir düşey için belirlenmiştir. BP_1 ölçümüne ait belirlenen kayma hızları ve rölatif pürüzlülük değerleri Tablo 3.18’de verilmiştir. Her bir düşeyde yapılan ölçümler üzerinde belirlenen parametreler yardımı ile hesaplanan logaritmik dağılımlar gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere logaritmik dağılım katı sınır ve serbest su yüzüne yakın bölgelerde ölçüm hızlarını temsil edememektedir.

Tablo 3.18. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım hesap tablosu.

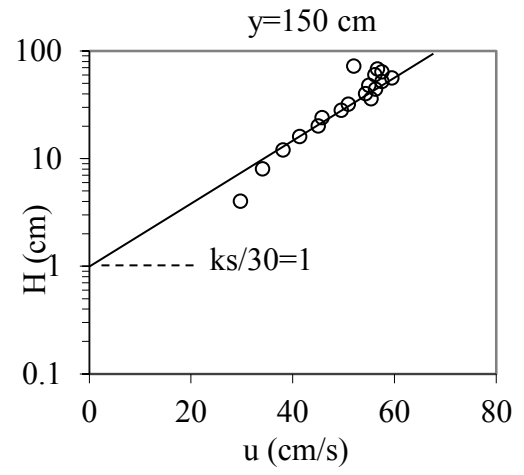
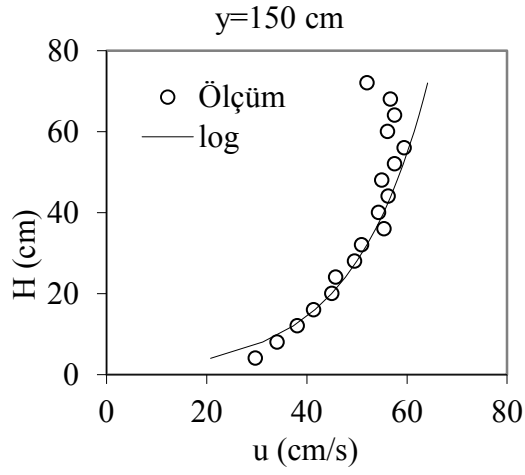
y (cm)	50	100	150	200	250	300	350
$k_s/30=$	1	1	1	1	1	1	1
$k_s=$	30	30	30	30	30	30	30
u^* (cm/s)=	5.0	5.0	6.0	4.8	3.6	3.0	3.2



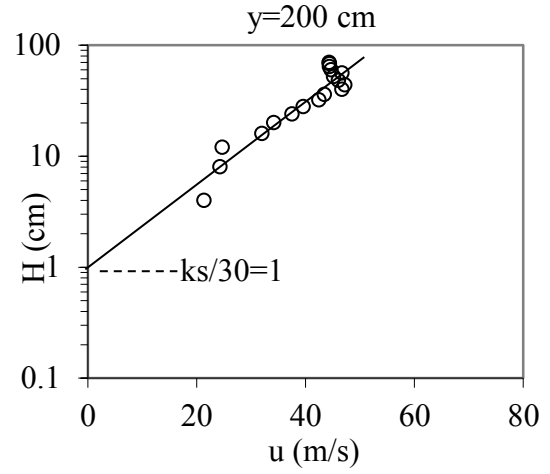
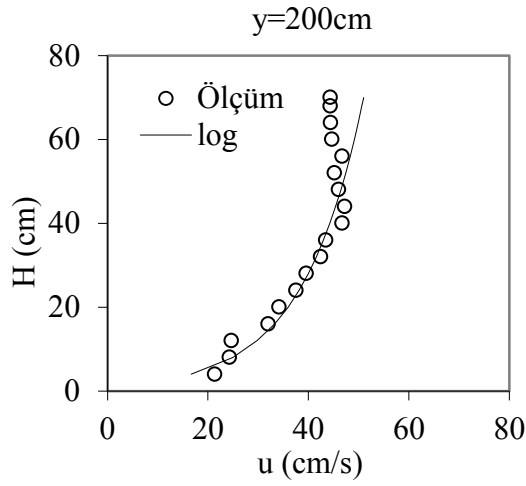
(a)



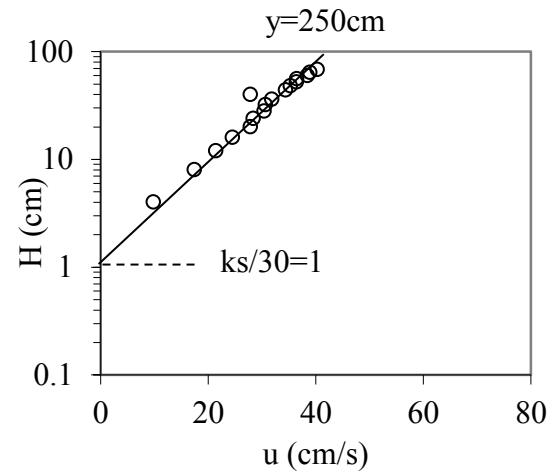
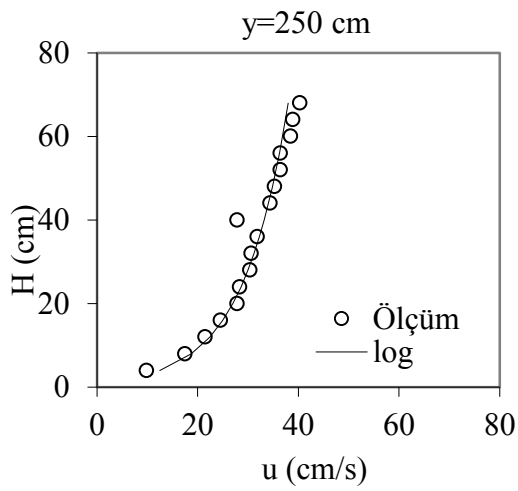
(b)



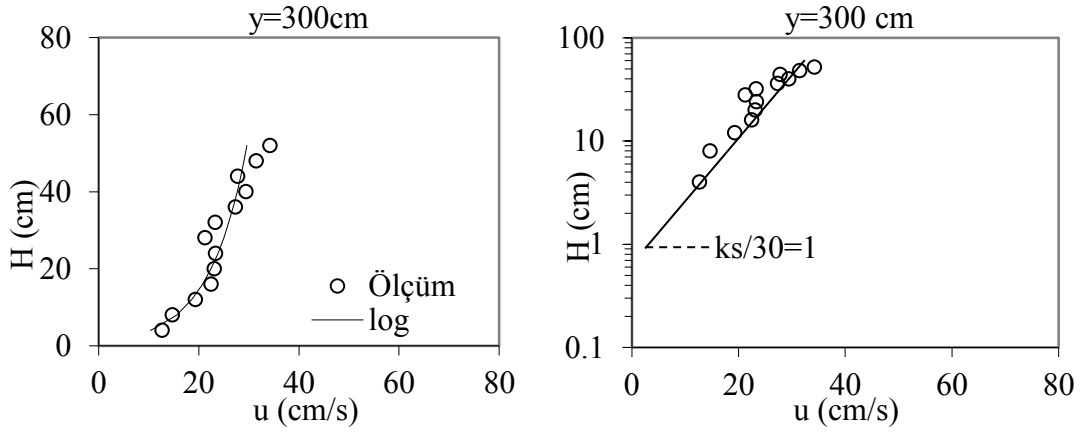
(c)



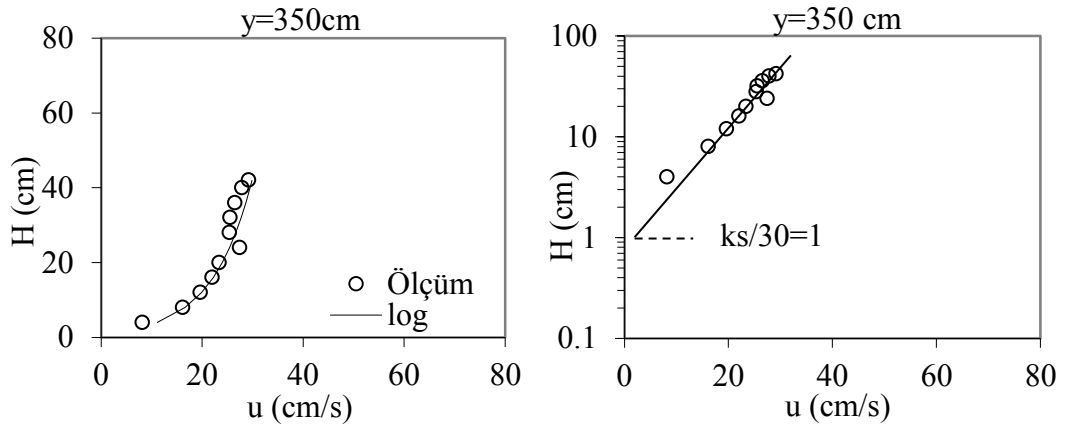
(d)



(e)



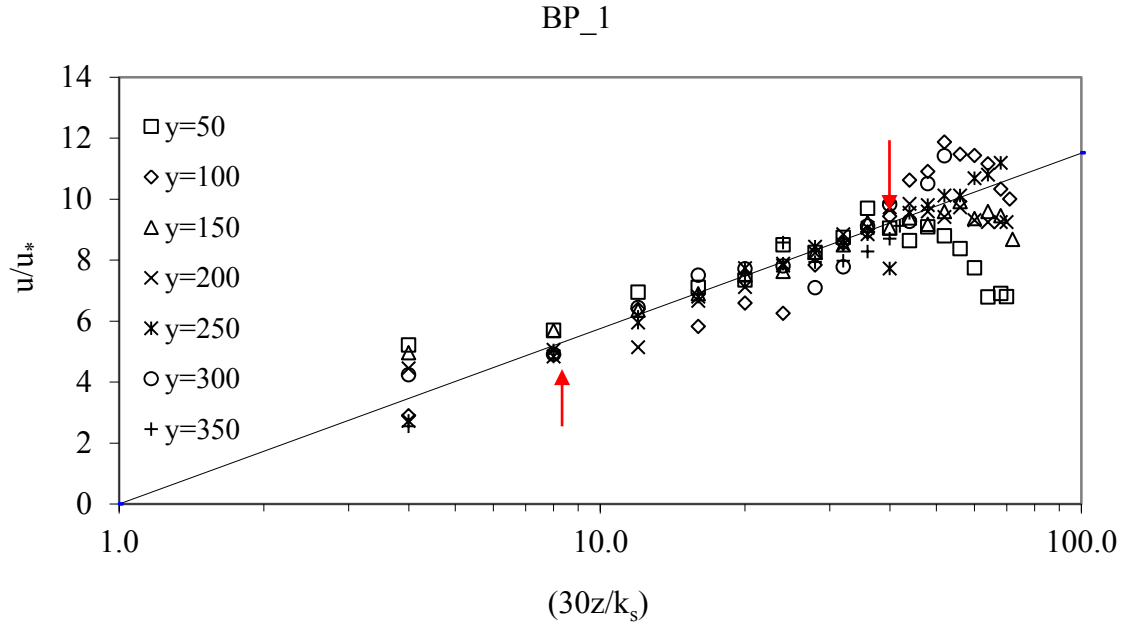
(f)



(g)

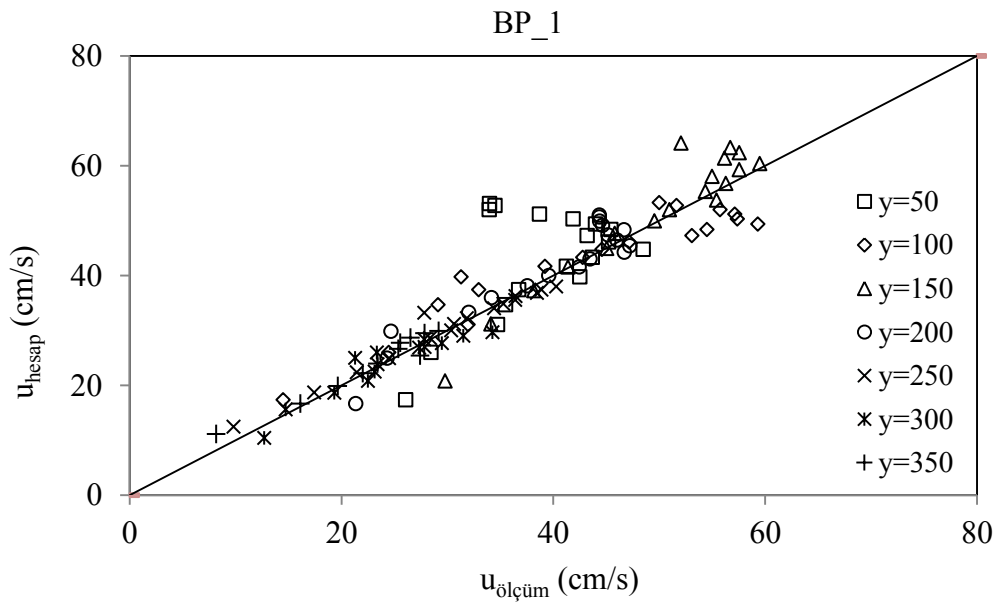
Şekil 3.35. (a) - (g) Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüme ait ölçüm düşeylerinde logaritmik dağılım parametrelerinin belirlenmesi.

BP_1 ölçümüne ait tüm düşeylerdeki boyutsuz hız dağılımı, $(u/u_*) - (30z/k_s)$ Şekil 3.36'da verilmiştir. Şekilde ele alınan 7 farklı düşeydeki kaydırılmış boyutsuz hız dağılımları ve logaritmik dağılımın geçerli olduğu bölgeler oklar ile gösterilmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere kesitin ölçüm yapılan orta kısmındaki düşeylerde ($y=150, 200$ ve 250 cm) logaritmik dağılım daha geniş bir aralıkta geçerli olmaktadır. Katı sınırlara yaklaştıkça bu bölge biraz küçülmemekte, sürtünme tesirlerine bağlı logaritmik dağılımdan uzaklaşmaktadır. Şekil 3.38'de BP_1 ölçümü için tüm düşeylerde logaritmik bölgenin görüldüğü boyutsuz hız dağılımları (2.25) ifadesi ile verilen logaritmik dağılım ile birlikte gösterilmiştir. Tüm düşeyler için logaritmik dağılımın geçerli olduğu ortak bölgenin alt ve üst sınırı oklar ile gösterilmiştir. Bu sınır $8 \leq 30z/k_s \leq 70$ aralığında değişmektedir.

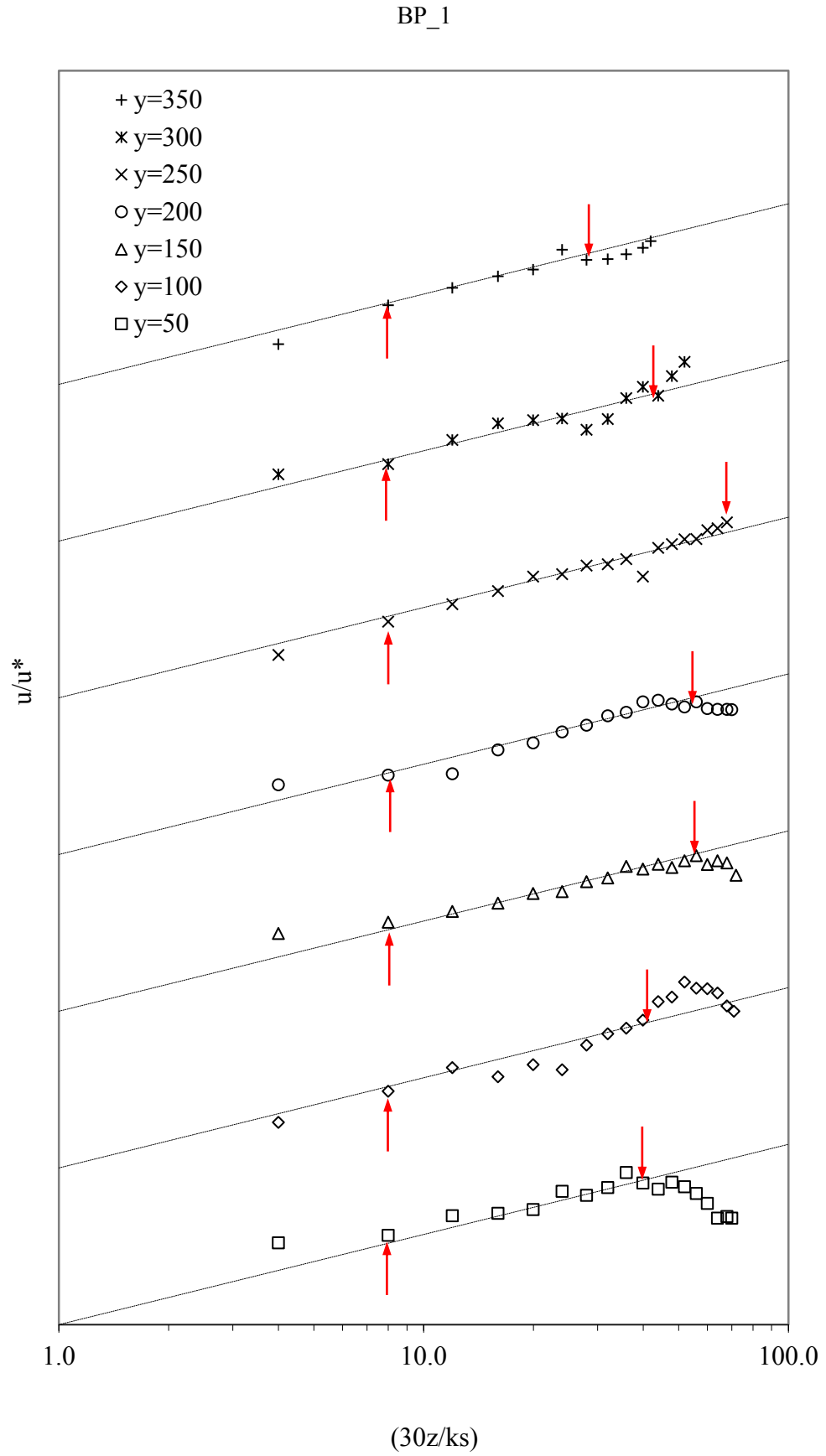


Şekil 3.36. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım toplu grafiği.

Şekil 3.37’de BP_1 ölçümüne ait saçılım diyagramı verilmiştir. Grafikten görüleceği üzere x ekseninde ölçülen hızlar ve y ekseninde logaritmik dağılımla hesaplanan hız değerleri verilmiştir. Şevlere yakın $y=50\text{cm}$ düşeyde hesaplanan hızların ölçüm sonuçlarından büyük olduğu görülmektedir. Genel olarak ölçüm değerleri ile hesap sonuçları birbirine yakın gözlenmiştir.



Şekil 3.37. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılım genel saçılım grafiği.



Şekil 3.38. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 1. ölçüm logaritmik dağılımı.

Ölçülen hızlar ile logaritmik dağılım yardımı ile hesaplanan hızlar arasındaki mutlak farklar (3.5) ifadesi yardımı ile hesaplanmıştır. Her bir düşeyde hesaplanan bu farklar Tablo 3.19’da gösterilmiştir. Tablodan da görüleceği üzere farklar %19.1-8.8 arasında değişmektedir. Ele alınan ölçüme ait (BP_1) ortalama hata da %8.8 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden de anlaşılabacağı üzere logaritmik dağılım özellikle kesitin orta kısımlarında ölçüm değerlerine oldukça yaklaşmaktadır.

$$\varepsilon(\%) = \left| \frac{u_{ölçüm} - u_{hesap}}{u_{ölçüm}} \right| 100 \quad (3.5)$$

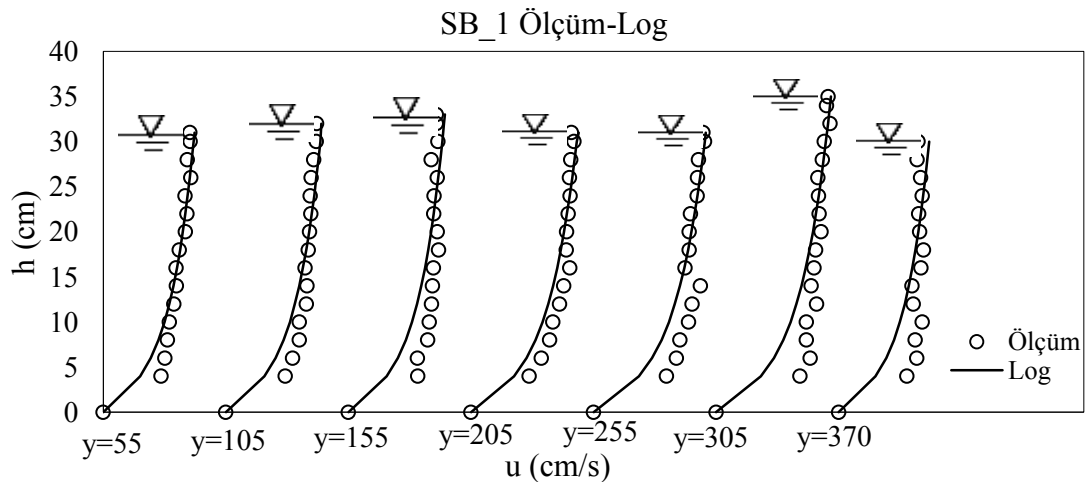
3.3.1.2. Logaritmik Dağılımın Değerlendirilmesi

Logaritmik dağılım ölçüm yapılan düşeyin belirli bir kısmında geçerli olmaktadır. Kanal tabanı ve serbest su yüzüne yakın bölgede hız dağılımı logaritmik dağılımdan uzaklaşmaktadır. Özellikle duvara yakın bazı düşeylerde ölçülen hız dağılımı logaritmik dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu bölgede yüksek bitki örtüsü ve zemin pürüzlülüğüne bağlı akım oldukça yavaşlamaktadır. Genellikle S tipi bir dağılım gözlenmektedir. Logaritmik dağılımın geçerli olmadığı bu düşeyler hesaplara dahil edilmemiştir. Hesaplara dahil edilmeyen ölçümler hata tablolarında (Tablo 3.19-3.22) dikkate alınmayarak (-----) şeklinde gösterilmiştir.

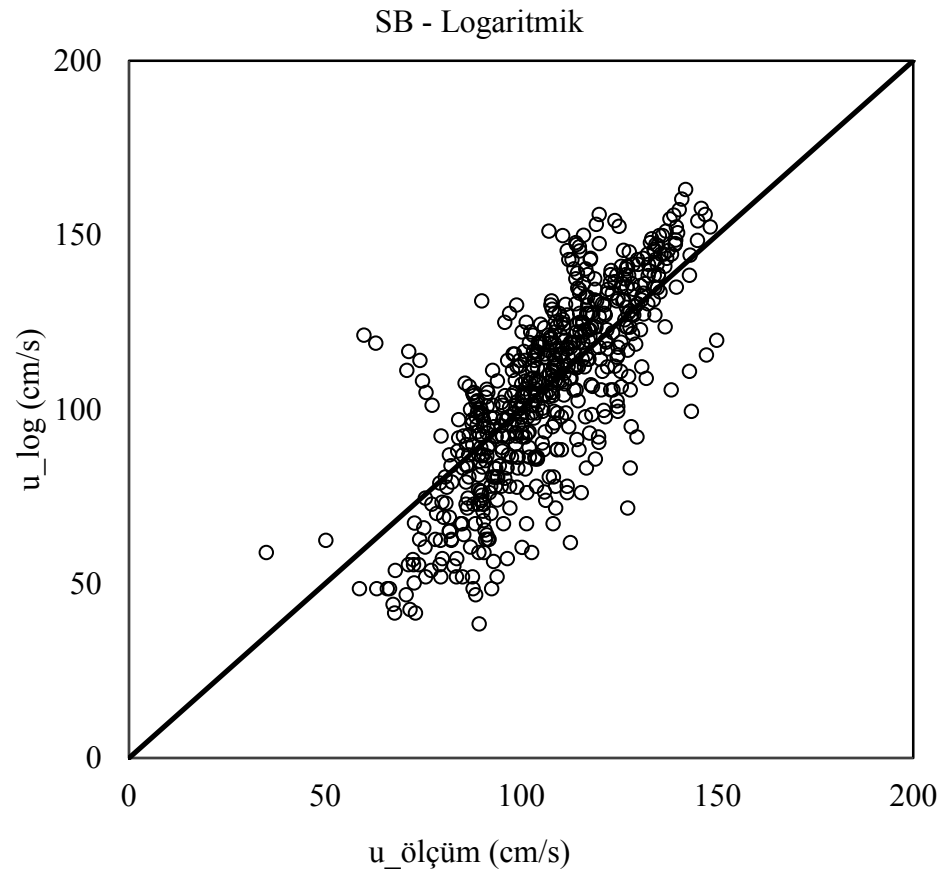
Yukarda BP_1 ölçümünde detaylı olarak vurgulandığı üzere logaritmik dağılımdan sapmalar diğer tüm ölçüm ve ele alınan düşeylerde de gözlenmiştir. Şekil 3.39’da BP İstasyonu’nda 10 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile logaritmik dağılımla hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda logaritmik dağılım ölçüm değerleri ile genelde uyum içerisinde olmaktadır. Tablo 3.19’da BP İstasyonu’nda gerçekleştirilen ölçüm ve hesaplara ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere bu farklar her bir ölçüm ve düşey için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ölçümlere ait ortalamalar tablonun son sütununda gösterilmiştir. Örneğin BP_1 ölçümünde ele alınan tüm düşeylerde logaritmik dağılım ve ölçümler arasındaki mutlak fark %8.8 olarak hesaplanmıştır.

BP istasyonunda gerçekleştirilen 10 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile logaritmik dağılım arasındaki farklar Tablo 3.23'te belirtildiği üzere %13.0 olarak hesaplanmıştır.

Ölçüm yapılan 2. istasyon olan Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'nda (SB) gerçekleştirilen 7 ölçüme ait logaritmik dağılımdaki parametreler (k_s ve u_*) her bir düşey için belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak hesaplanan logaritmik dağılımdaki hızlar hesaplanmıştır. Örnek olarak SB_1 ölçümüne ait en kesit boyunca ele alınan tüm düşeylerde ölçülen ve logaritmik dağılım ile hesaplanan hızların derinlik boyunca değişimi Şekil 3.40'da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere en kesit boyunca özellikle kanal tabanına yakın bölgede hesaplanan hızlar ölçüm değerlerinden düşük olmaktadır. Şekil 3.41'de SB İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile logaritmik dağılımla hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda logaritmik dağılım ölçüm değerleri ile genelde uyum içerisinde olmaktadır. Tablo 3.20'de SB İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve hesaplara ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere bu farklar her bir ölçüm ve düşey için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ölçümlere ait ortalamalar tablonun son sütununda gösterilmiştir. Örneğin SB_1 ölçümünde ele alınan tüm düşeylerde logaritmik dağılım ve ölçümler arasındaki mutlak fark %10.6 olarak hesaplanmıştır. SB İstasyonu'nda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile logaritmik dağılım arasındaki farklar Tablo 3.20'de belirtildiği üzere %12.7 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.40. SB_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.

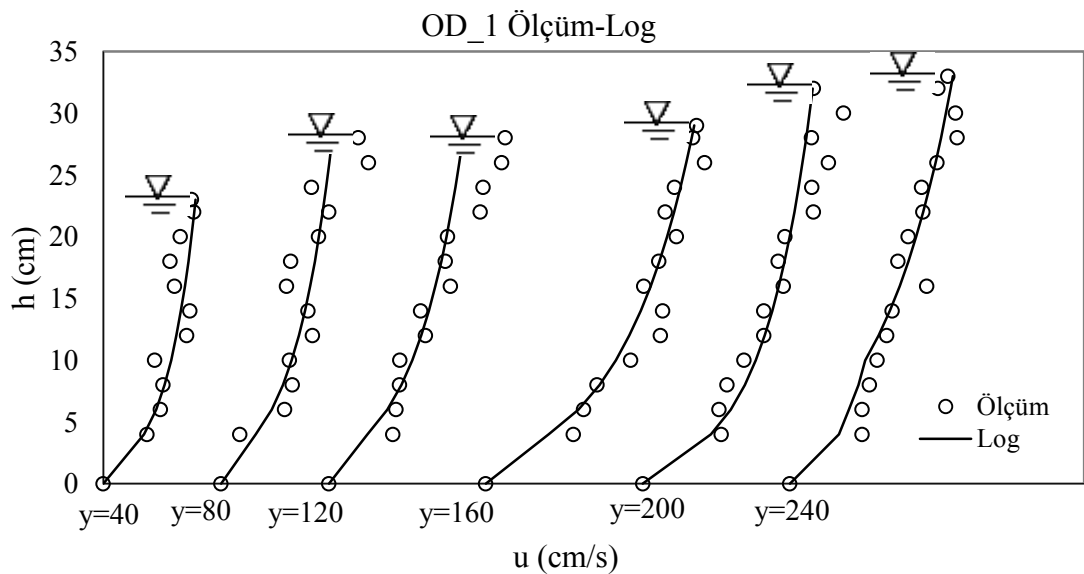


Şekil 3.41. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.

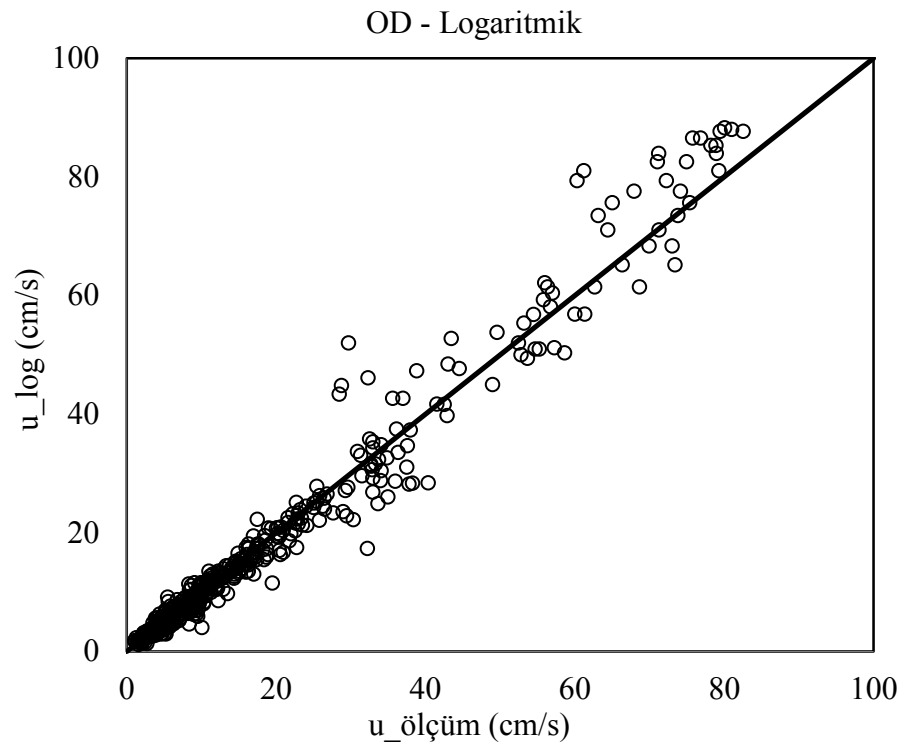
Tablo 3.20. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Logaritmik Dağılım Fark ε (%)							
1	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	Ortalama
	Log	7.9	10.1	13.7	9.4	10.9	11.7	10.7	10.6
2	y/T	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7		
	Log	12.2	13.3	13.3	14.8	18.8	28.0		16.7
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Log	5.5	6.6	15.1	11.3	10.4	18.4		11.2
4	y/T	0.3	0.5	0.7	0.8				
	Log	9.5	10.7	16.0	14.7				12.7
5	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9			
	Log	12.3	15.8	14.1	11.7	16.4			14.1
6	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8			
	Log	11.4	7.0	12.4	13.3	14.2			11.7
7	y/T	0.1	0.4	0.5	0.7	0.9			
	Log	12.4	12.3	13.2	9.8	12.4			12.0
Ortalama Fark=									12.7

Felahiye Özdere İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8 ölçüme ait logaritmik dağılımdaki parametreler (k_s ve u_*) her bir düşey için belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak hesaplanan logaritmik dağılımdaki hızlar hesaplanmıştır. Örnek olarak OD_1 ölçümüne ait en kesit boyunca ele alınan tüm düşeylerde ölçülen ve logaritmik dağılım ile hesaplanan hızların derinlik boyunca değişimi Şekil 3.42'de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere en kesit boyunca genelde logaritmik dağılım ölçüm değerlerini iyi temsil etmektedir. Şekil 3.43'te OD İstasyonu'nda 8 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile logaritmik dağılımla hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda logaritmik dağılım ölçüm değerleri ile genelde uyum içerisinde olmaktadır. Tablo 3.21'de OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve hesaplara ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere bu farklar her bir ölçüm ve düşey için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ölçümlere ait ortalamalar tablonun son sütununda gösterilmiştir. Örneğin OD_1 ölçümünde ele alınan tüm düşeylerde logaritmik dağılım ve ölçümler arasındaki mutlak fark %11.0 olarak hesaplanmıştır. OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile logaritmik dağılım arasındaki farklar Tablo 3.21'de belirtildiği üzere %12.4 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.42. OD_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.

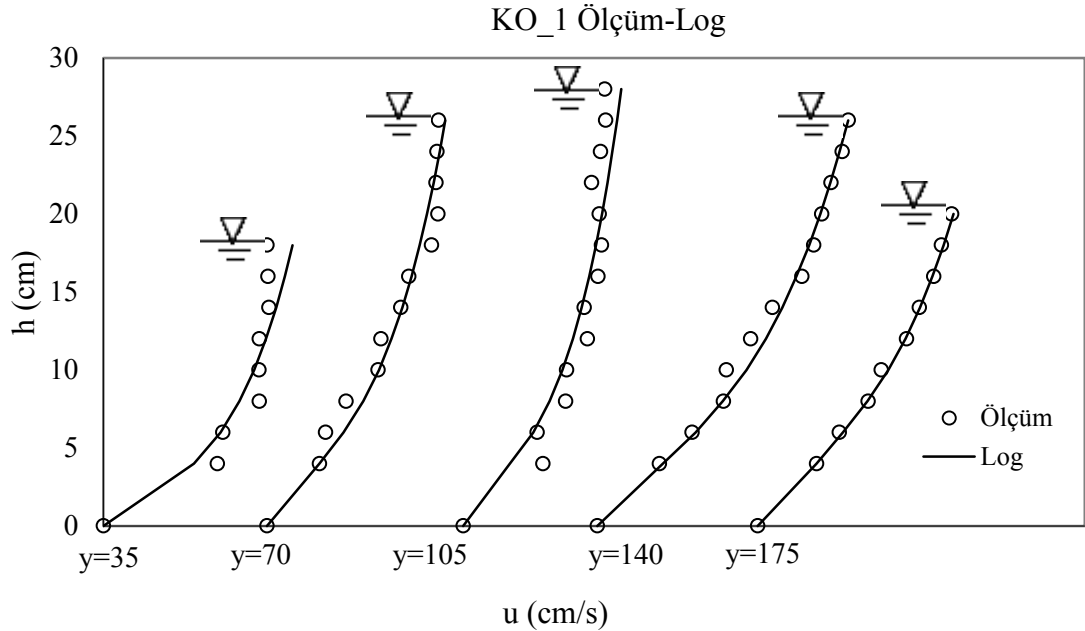


Şekil 3.43. Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.

Tablo 3.21. Felahiye Özdere İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Logaritmik Dağılım Fark ε (%)						
	y/T	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	Ortalama
	Log	12.1	15.3	11.3	5.8	8.9	12.6	11.0
2	y/T	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	
	Log	12.6	8.6	5.6	7.9	7.1	15.2	9.5
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	
	Log	18.7	13.0	6.6	5.9	6.5	18.9	11.6
4	y/T	0.3	0.5	0.6	0.7			
	Log	11.4	24.8	13.6	7.5			14.3
5	y/T	0.4	0.5	0.6	0.8			
	Log	16.3	----	11.9	5.7			11.3
6	y/T	0.1	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Log	----	8.7	9.7	14.9	----		11.1
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Log	12.2	11.5	12.2	11.0	10.5		11.5
8	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9		
	Log	----	15.2	13.0	21.8	26.1		19.1
Ortalama Fark=								12.4

Özvatan Kırıközü İstasyonu'nda gerçekleştirilen 7 ölçüme ait logaritmik dağılımdaki parametreler (k_s ve u_*) her bir düşey için belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak hesaplanan logaritmik dağılımdaki hızlar hesaplanmıştır. Örnek olarak KO_1 ölçümüne ait en kesit boyunca ele alınan tüm düşeylerde ölçülen ve logaritmik dağılım ile hesaplanan hızların derinlik boyunca değişimi Şekil 3.44'te gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere en kesit boyunca bazı düşeylerin kanal tabanına yakın kısımları hariç düşeylerde hız dağılımları uyumlu olmuştur. Şekil 3.45'te KO İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile logaritmik dağılımla hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda logaritmik dağılım ölçüm değerleri ile genelde uyum içerisinde olmaktadır. Tablo 3.22'de KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve hesaplara ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Ölçümlere ait ortalamalar tablonun son sütununda gösterilmiştir. Örneğin KO_1 ölçümünde ele alınan tüm düşeylerde logaritmik dağılım ve ölçümler arasındaki mutlak fark %7.8 olarak hesaplanmıştır. OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile logaritmik dağılım arasındaki farklar Tablo 3.22'de belirtildiği üzere %8.7 olarak hesaplanmıştır.

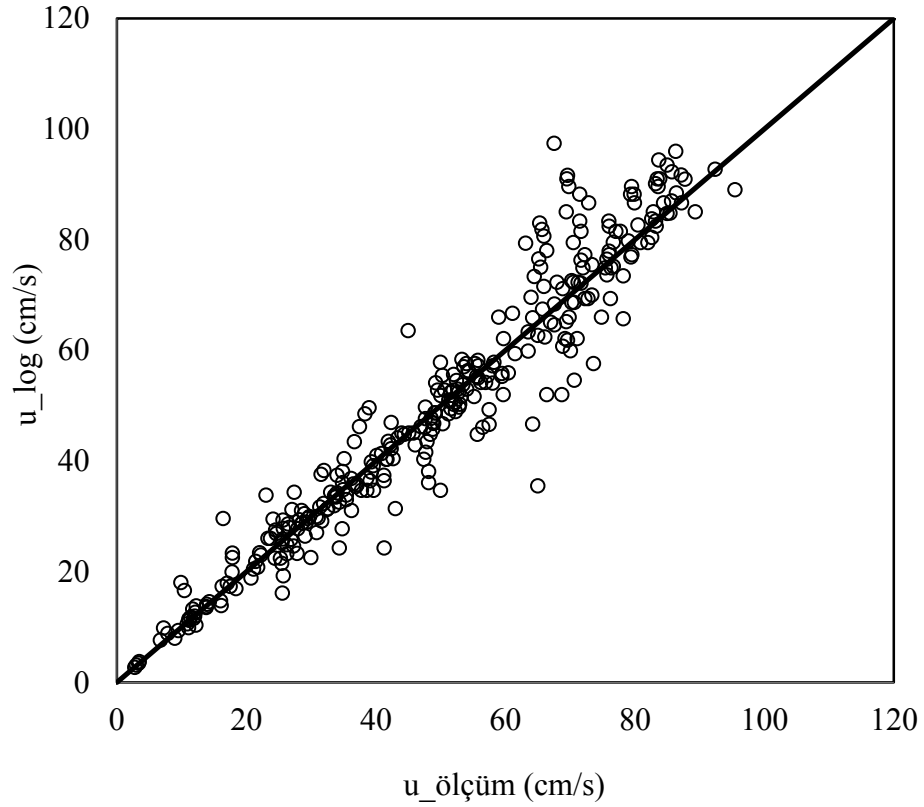


Şekil 3.44. KO_1 ölçümü, ölçülen ve logaritmik ötelenmiş hız dağılımları.

Tablo 3.22. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve logaritmik dağılımlar arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Logaritmik Dağılım Fark ε (%)						
	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	Ortalama
1	Log	9.1	7.8	7.8	11.1	2.9		7.8
2	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	
	Log	10.7	4.9	14.2	4.5	5.5	3.5	7.3
3	y/T	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9		
	Log	----	7.8	21.8	7.2	----		12.2
4	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7			
	Log	12.1	7.0	17.7	6.0			10.7
5	y/T	0.2	0.4	0.5	0.8			
	Log	3.2	6.3	12.6	4.3			6.6
6	y/T	0.3	0.4	0.6	0.8			
	Log	11.7	5.7	8.3	3.4			7.3
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.9			
	Log	3.0	6.1	17.9	10.5			9.4
Ortalama Fark=								8.7

KO - Logaritmik

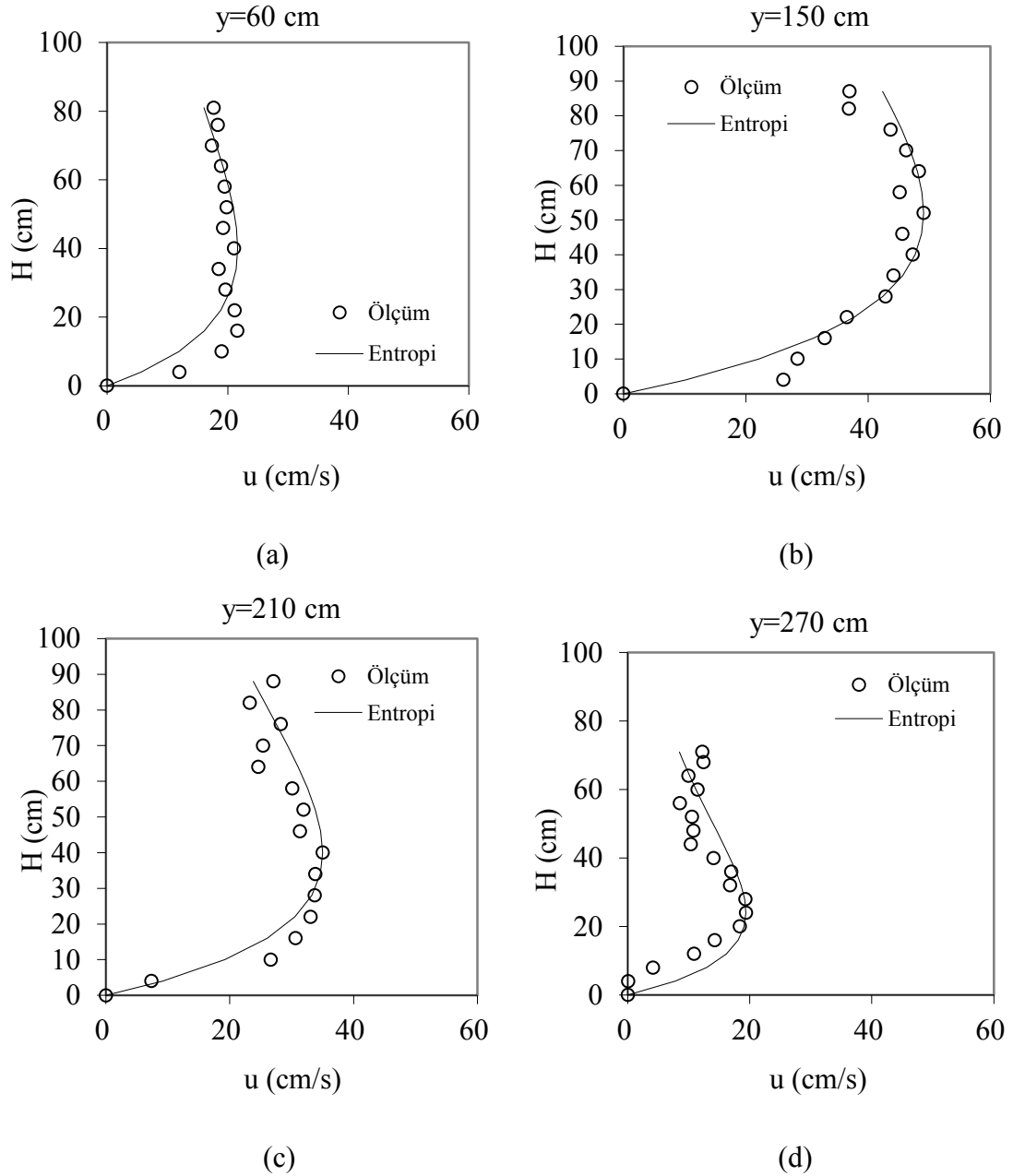


Şekil 3.45. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri logaritmik dağılım saçılım diyagramı.

3.3.2. Entropi Dağılımı

Ele alınan dört farklı istasyonda gerçekleştirilen hız ölçümlerine ait dağılımlar, entropi yöntemi ile incelenmiştir. Bu amaçla Bölüm 2’de entropi hız dağılımı için verilen (2.33) ifadesi kullanılmıştır. (2.33) ifadesinde yer alan entropi parametresi (M) Bölüm 3.2.5’te izah edildiği üzere her bir istasyon için belirlenmiştir. Her bir düşeyde ölçülen u_{mak} hızları ve bunların ele alınan düşeydeki bilinen konum yardımı ile entropi dağılımları hesaplanabilmektedir. Bu amaçla Excel programı kullanılarak her bir akım durumunda ve düşeyde entropi hız dağılımları hesaplanmış ve hız dağılımları grafik olarak gösterilmiştir.

Ölçümlerin yapıldığı 1. istasyon olan Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’na ait entropi parametresi $M=0.16$ olarak belirlenmiştir. Bu entropi parametresi ele alınan 10 farklı akım ve her bir düşey de kullanılmıştır. Ölçüm yapılan düşeylere ait bilinen maksimum hızlar (u_{mak}) ve konumları (h) yardımı ile entropi hız dağılımları hesaplanmıştır. Şekil 3.46’da BP_9 akım durumunda ölçülen ve entropi yöntemi ile hesaplanan hız dağılımları verilmiştir. Bu ölçümde 4 farklı düşeyde hız ölçümü yapılmış olup bu düşeylerdeki hesaplanan entropi hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere entropi dağılımı ölçüm değerleri ile derinlik boyunca logaritmik dağılıma göre daha iyi uyum sağlamaktadır. Tablo 3.23’te BP İstasyonu’nda gerçekleştirilen ölçüm ve entropi dağılımına ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları hesaplanmıştır. Ele alınan 9. ölçüme ait ortalama fark %11.7 olarak belirlenmiştir. Bu ölçüme ait logaritmik dağılımın ortalama hatası ise %19.1 olarak Tablo 3.19’da verilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere 9. ölçümde entropi yöntemi logaritmik dağılımdan daha iyi sonuç vermektedir. BP İstasyonu’nda gerçekleştirilen 10 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile entropi dağılımı arasındaki farklar Tablo 3.23’te belirtildiği üzere %17.3 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.47’de BP İstasyonu’nda 10 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda entropi dağılımı ölçüm değerlerinden biraz büyük değerler vermektedir. Bunun yanında dağılıma genel olarak bakıldığında iyi bir uyum sergilediği söylenebilir.

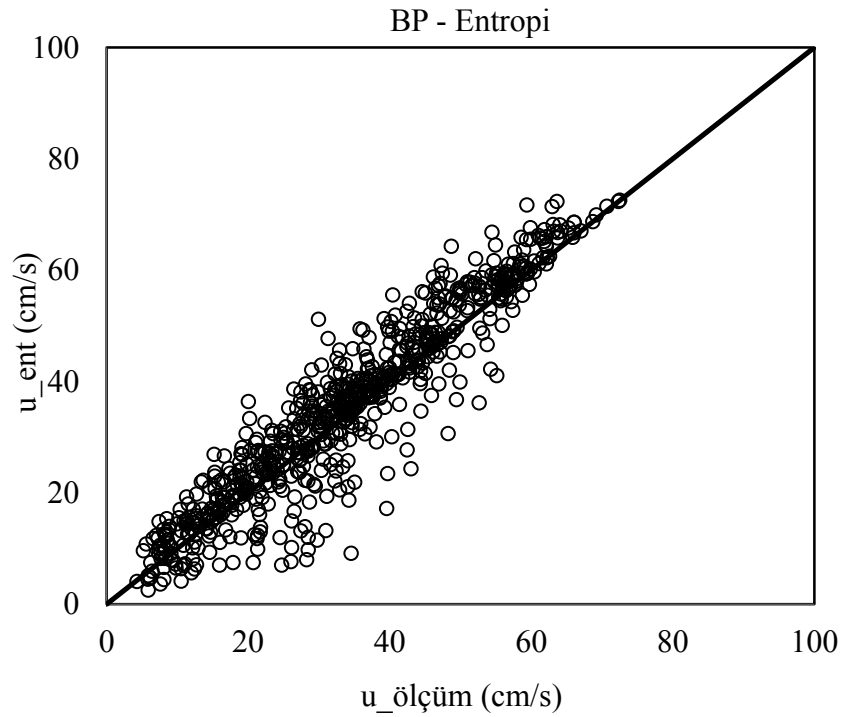


Şekil 3.46. (a) - (d) Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 9. ölçüm düşeylerinde entropi dağılımının gösterimi.

Şekil 3.46 incelendiğinde ele alınan BP_9 ölçümünde ölçüm yapılan düşeylerdeki ölçülen ve entropi dağılımıyla hesaplanan hız değerlerinin dağılımı görülmektedir. Şekil incelendiğinde ilk dağılım olan $y=60$ cm'deki dağılımın bu ölçümde en kesitte elde edilen en düzenli dağılım olduğu görülmektedir. En kesit üzerinde soldan sağa doğru ilerledikçe diğer üç hız dağılımı grafiğinden ölçülen ve hesaplanan hız dağılımlarının düzensizleştiği anlaşılmaktadır. Bu düzensizliğe en kesitin sağ kısmında yer alan yükseltiye bağlı olarak akımda meydana gelen türbülansın yol açtığı düşünülmektedir.

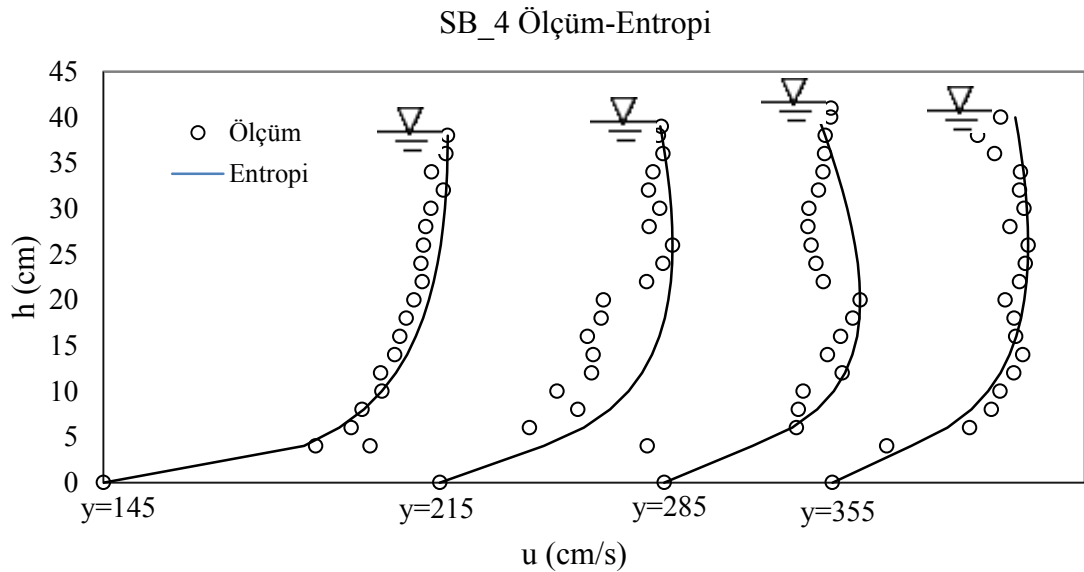
Tablo 3.23. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Entropi Dağılımı Fark ε (%)							
1	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	Ortalama
	Ent	10.1	16.6	10.5	9.8	11.6	17.5	8.4	12.1
2	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	
	Ent	----	14.3	13.1	5.1	16.0	23.3	8.8	13.4
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Ent	----	16.3	8.4	20.5	36.4	24.5		21.2
4	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7				
	Ent	18.0	11.6	15.8	13.8				14.8
5	y/T	0.2	0.4	0.5	0.6				
	Ent	14.4	11.5	16.8	13.2				14.0
6	y/T	0.2	0.3	0.5	0.6				
	Ent	19.9	15.2	22.7	18.1				19.0
7	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9			
	Ent	----	24.0	13.3	27.7	----			21.7
8	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8			
	Ent	51.1	28.8	10.7	----	32.7			27.8
9	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8			
	Ent	13.7	10.1	11.3	----	----			11.7
10	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.9			
	Ent	33.6	7.7	10.1	17.6	----			17.3
Ortalama Fark =									17.3



Şekil 3.47. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.

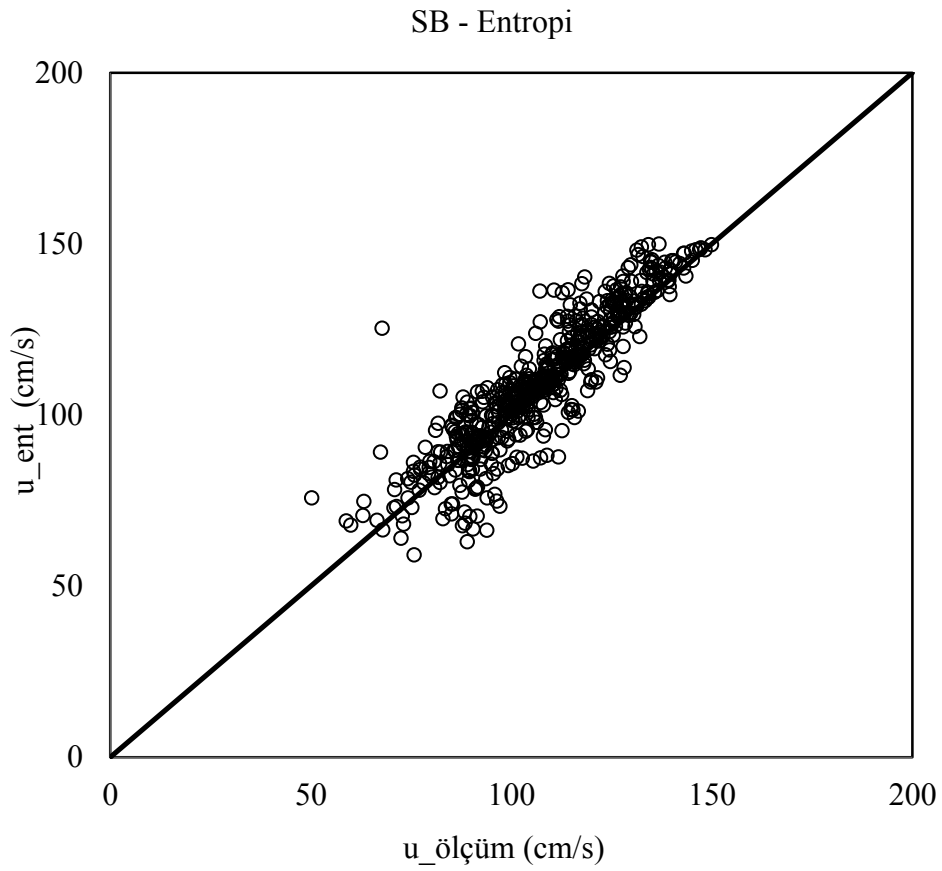
Ele alınan 2. istasyon olan Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu'na ait entropi parametresi $M=2,9$ olarak belirlenmiştir. Bu entropi parametresi ele alınan 7 farklı akım ve her bir düşeyde kullanılmıştır. Ölçüm yapılan düşeylere ait bilinen maksimum hızlar (u_{mak}) ve konumları (h) yardımı ile entropi hız dağılımları hesaplanmıştır. Şekil 3.48'de SB_4 akım durumunda ölçülen ve entropi yöntemi ile hesaplanan ötelenmiş hız dağılımları verilmiştir. Bu ölçümde 4 farklı düşeyde hız ölçümü yapılmış olup bu düşeylerdeki hesaplanan entropi hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere entropi dağılımı ölçüm değerleri ile derinlik boyunca logaritmik dağılıma göre daha iyi uyum sağlamaktadır. Tablo 3.24'te SB İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve entropi dağılımına ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklara yer verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları hesaplanmıştır. Ele alınan 4. ölçüme ait ortalama fark %6.4 olarak belirlenmiştir. Bu ölçüme ait logaritmik dağılımın ortalama hatası ise %12.7 olarak Tablo 3.20'de verilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere 4. ölçümde entropi yöntemi logaritmik dağılımdan daha iyi sonuç vermektedir. SB istasyonunda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile entropi dağılımı arasındaki farklar Tablo 3.24'te belirtildiği üzere %5.7 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.49'da SB istasyonunda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda entropi dağılımı ölçüm değerlerinden biraz büyük değerler vermekle birlikte gayet düzenli bir dağılım sergilemiştir.



Şekil 3.48. SB_4 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.

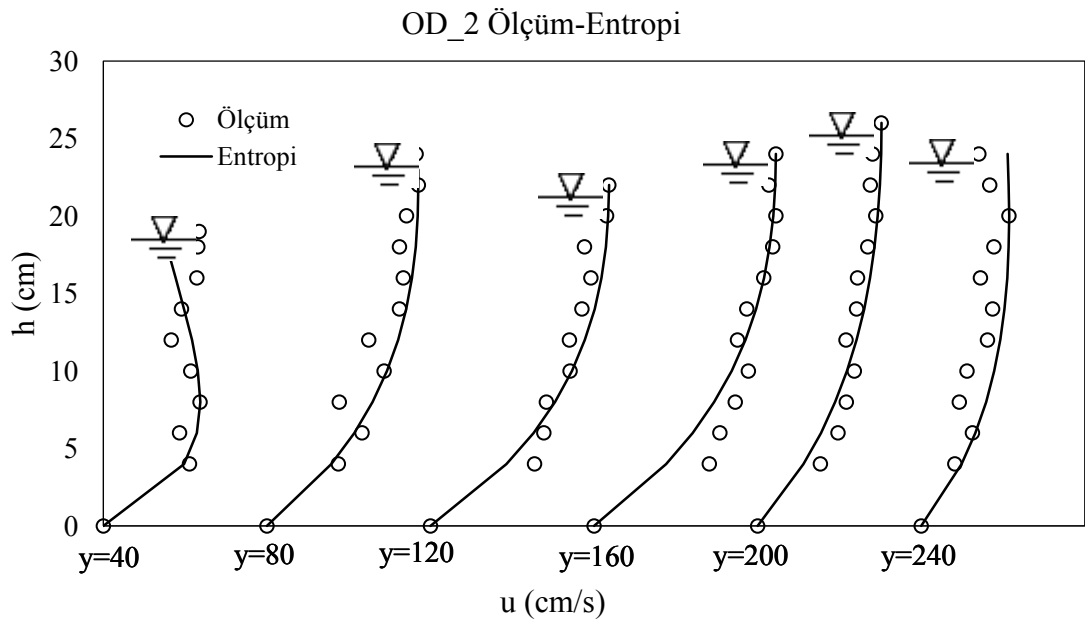
Tablo 3.24. Sarımsaklı Baraj Girişi istasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Entropi Dağılımı Fark ε (%)							
1	y/T	0.13	0.25	0.37	0.49	0.61	0.73	0.88	Ortalama
	Ent	8.3	3.4	4.0	4.5	5.6	6.7	6.3	5.5
2	y/T	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7		
	Ent	8.9	5.1	7.4	7.4	10.5	7.9		7.8
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Ent	2.8	3.8	5.0	6.1	2.6	10.2		5.1
4	y/T	0.3	0.5	0.7	0.8				
	Ent	3.7	10.1	7.6	4.2				6.4
5	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9			
	Ent	6.5	6.3	4.2	5.1	2.8			5.0
6	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8			
	Ent	3.4	4.6	2.8	2.7	7.2			4.1
7	y/T	0.1	0.4	0.5	0.7	0.9			
	Ent	8.5	3.7	5.3	6.0	5.0			5.7
Ortalama Fark=									5.7



Şekil 3.49. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.

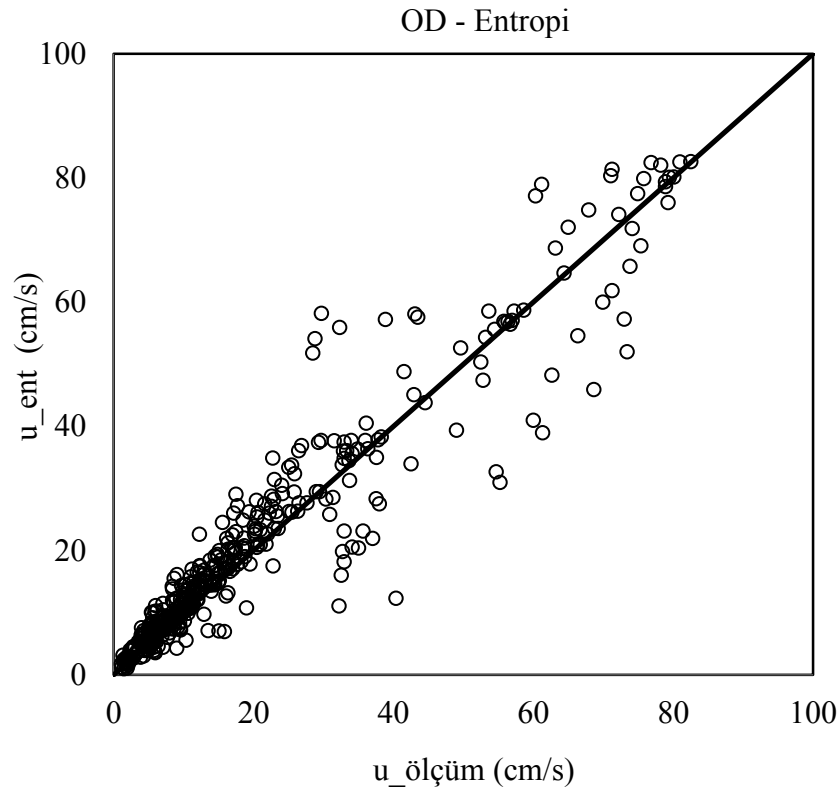
Ölçüm yapılan 3. istasyon olan Felahiye Özdere İstasyonu'na ait entropi parametresi $M=0,1$ olarak belirlenmiştir. Bu entropi parametresi ele alınan 8 farklı akım ve her bir düşeyde kullanılmıştır. Şekil 3.50'de OD_2 akım durumunda ölçülen ve entropi yöntemi ile hesaplanan ötelenmiş hız dağılımları verilmiştir. Bu ölçümde 6 farklı düşeyde hız ölçümü yapılmış olup bu düşeylerdeki hesaplanan entropi hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere entropi dağılımı ölçüm değerleri ile derinlik boyunca iyi uyum sağlamaktadır. Tablo 3.25'te OD istasyonunda gerçekleştirilen ölçüm ve entropi dağılımına ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklara yer verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları hesaplanmıştır. Ele alınan 2. ölçüme ait ortalama fark %14.7 olarak belirlenmiştir. Bu ölçüme ait logaritmik dağılımın ortalama hatası ise %9.5 olarak Tablo 3.21'de verilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere 2. ölçümde logaritmik dağılım entropi yönteminden daha iyi sonuç vermektedir. OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile entropi dağılımı arasındaki farklar Tablo 3.25'te belirtildiği üzere %22.0 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.51'de OD istasyonunda 8 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda entropi dağılımı yüksek hız değerlerinde ölçüm değerlerinden biraz uzaklaşırken düşük hız değerlerinde ölçüm hızlarını daha iyi temsil etmektedir.



Şekil 3.50. OD_2 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.

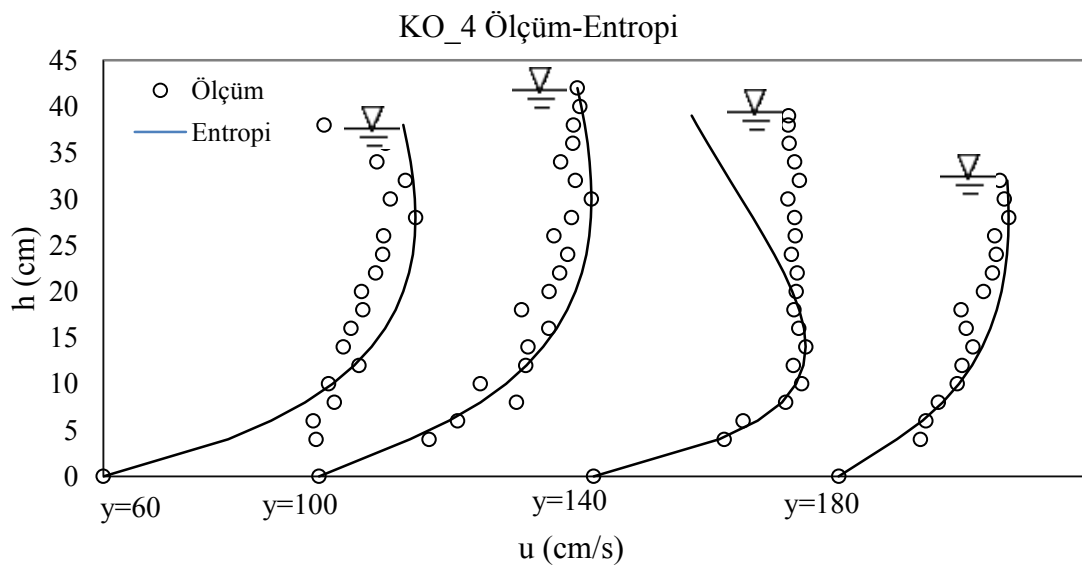
Tablo 3.25. Felahiye Özdere İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Entropi Dağılımı Fark ε (%)						
1	y/T	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	Ortalama
	Ent	13.7	32.6	20.2	8.8	21.2	34.2	21.8
2	y/T	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	
	Ent	18.2	11.6	8.5	9.4	10.4	30.0	14.7
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	
	Ent	15.4	15.1	14.2	14.0	12.3	34.1	17.5
4	y/T	0.3	0.5	0.6	0.7			
	Ent	29.4	37.5	18.9	14.0			24.9
5	y/T	0.4	0.5	0.6	0.8			
	Ent	20.7	----	18.4	11.3			16.8
6	y/T	0.1	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Ent	----	22.9	20.1	40.8	----		27.9
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Ent	18.2	19.2	27.1	16.7	----		20.3
8	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9		
	Ent	----	23.1	38.9	41.6	24.6		32.1
Ortalama Fark=								22.0



Şekil 3.51. Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.

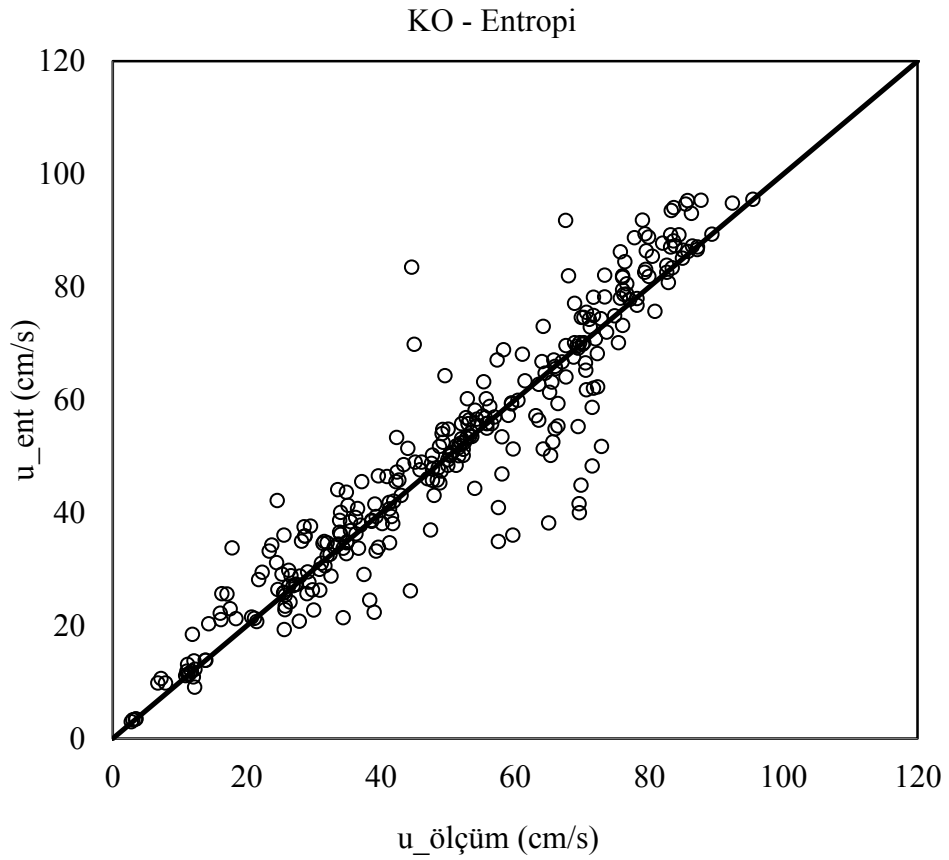
Ele alınan son istasyon olan Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait entropi parametresi $M=0,54$ olarak belirlenmiştir. Bu entropi parametresi ele alınan 7 farklı akım ve her bir düşeyde kullanılmıştır. Şekil 3.52'de KO_4 akım durumunda ölçülen ve entropi yöntemi ile hesaplanan ötelenmiş hız dağılımları verilmiştir. Bu ölçümde 4 farklı düşeyde hız ölçümü yapılmış olup bu düşeylerdeki hesaplanan entropi hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere entropi dağılımı ölçüm değerleri ile derinlik boyunca genelde iyi uyum sağlamaktadır. Tablo 3.26'da KO İstasyonunda gerçekleştirilen ölçüm ve entropi dağılımına ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklara yer verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları hesaplanmıştır. Ele alınan 4. ölçüme ait ortalama fark %10.9 olarak belirlenmiştir. Bu ölçüme ait logaritmik dağılımın ortalama hatası ise %10.7 olarak Tablo 3.22'de verilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere 4. ölçümde logaritmik dağılım ile entropi yöntemi yaklaşık olarak aynı oranda sonuç vermektedir. KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile entropi dağılımı arasındaki farklar Tablo 3.26'da belirtildiği üzere %12.6 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.53'te KO İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda entropi dağılımı ölçüm değerlerini düzenli bir şekilde orantılı olarak temsil etmiştir.



Şekil 3.52. KO_4 ölçümü, ölçülen ve entropi ötelenmiş hız dağılımları.

Tablo 3.26. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve entropi dağılımları arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Entropi Dağılımı Fark ε (%)						
1	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	Ortalama
	Ent	3.8	11.0	7.9	22.6	30.0		15.1
2	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	
	Ent	15.3	18.8	6.6	20.0	14.1	4.3	13.2
3	y/T	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9		
	Ent	----	30.9	15.7	21.9	----		22.8
4	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7			
	Ent	13.0	7.8	14.3	8.5			10.9
5	y/T	0.2	0.4	0.5	0.8			
	Ent	8.7	7.2	10.6	3.9			7.6
6	y/T	0.3	0.4	0.6	0.8			
	Ent	16.8	6.6	14.6	7.4			11.4
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.9			
	Ent	11.0	8.9	5.3	3.5			7.2
Ortalama Fark=								12.6



Şekil 3.53. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri entropi dağılımı saçılım diyagramı.

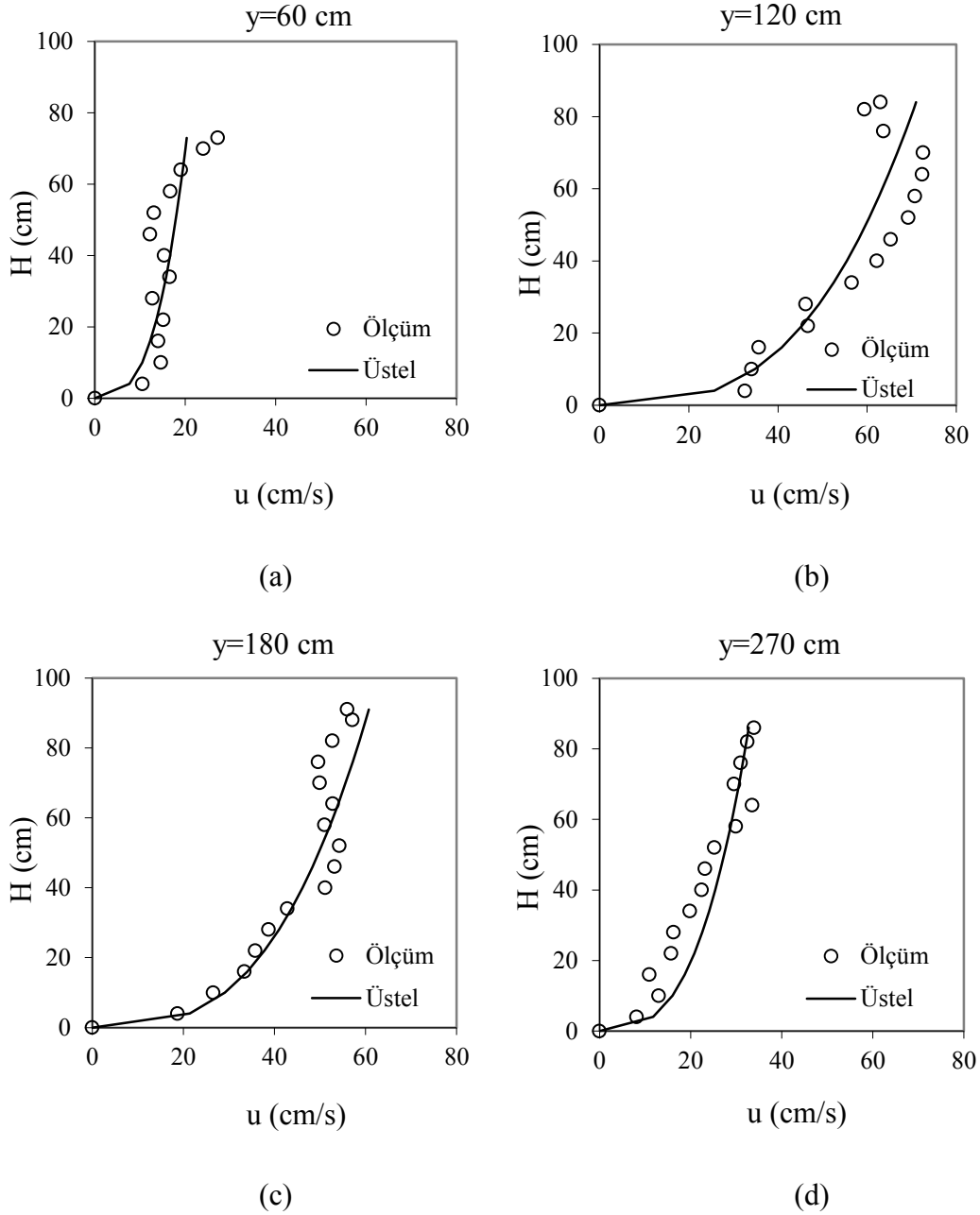
3.3.3. Üstel Dağılım

Bölüm 2.2.2’de anlatılan üstel dağılım (2.30) ifadesinde yer alan parametrelerin belirlenmesi amacıyla ölçüm değerleri kullanılmıştır. Bu amaçla 4 farklı istasyonda gerçekleştirilen ölçümlere ait logaritmik dağılımda belirlenen kayma hızları (u_*) ve rölatif pürüzlülük katsayıları (k_s) ele alınmıştır. Her istasyonda üstel dağılım parametreleri a ve m belirlenmesi amacıyla ölçüm değerlerini en iyi temsil eden sabitler istasyon bazında hesaplanmıştır. Her bir istasyon için belirlenen bu katsayılar yardımı ile o istasyonda gerçekleştirilen ölçümlere ait düşeylerde hız dağılımları belirlenmiştir. Ölçüm değerleri ile üstel dağılımlar arasındaki rölatif farklar hesaplanarak dağılımın geçerli olduğu bölgeler belirlenmeye çalışılmıştır.

Yukarda bahsedildiği üzere hesaplanan BP istasyonuna ait üstel dağılım parametreleri $a=2.7$ ve $m=3$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler ile istasyona ait üstel dağılım ifadesi (3.6)’da verilmiştir.

$$\frac{u}{u_*} = 2,7 \left(\frac{30z}{k_s} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.6)$$

Bu ifade kullanılarak 1. istasyon olan Bünyan Pınarbaşı İstasyonu’na ait BP_10 ölçümündeki hız dağılımları Şekil 3.53’te gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere bu ölçümde 4 farklı düşeyde hız dağılımı ölçülmüş olup, ele alınan düşeylerdeki hesaplanan üstel hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Tablo 3.27’de BP İstasyonu’nda gerçekleştirilen ölçüm ve üstel dağılıma ait (3.6) ifadesi ile hesaplanan hız dağılımı değerleri arasındaki farklar verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları gösterilmiştir. Ele alınan 10. ölçüme ait ortalama fark %14.1 olarak belirlenmiştir. Bu değer logaritmik dağılımdaki farka (%11.7) göre biraz yüksek entropi yöntemine göre (%17.3) daha düşük olmaktadır. BP İstasyonu’nda gerçekleştirilen 10 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile üstel dağılım arasındaki farkların ortalaması Tablo 3.27’de belirtildiği üzere %15.4 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.55’te BP İstasyonu’nda 10 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda üstel dağılımı ölçüm değerlerine göre dağınık bir görünüm vermektedir.

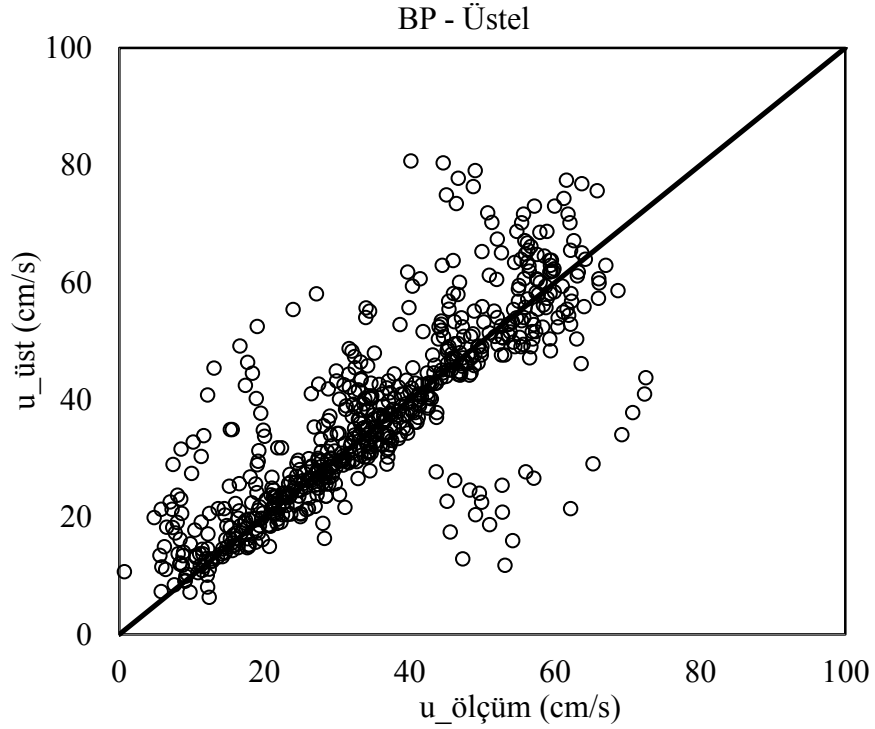


Şekil 3.54. (a) – (d) Bünyan Pınarbaşı İstasyonu 10. ölçümde üstel dağılımın gösterimi.

Şekil 3.54' de BP_10 ölçümünde ele alınan en kesitte 4 düşeyde gerçekleştirilen hız ölçümleri ve yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen ölçülen ve üstel dağılımla hesaplanana hız dağılımı grafikleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde ölçüm değerlerindeki dalgalanmaları üstel dağılımın yeterli derecede iyi temsil edemediği görülmüştür. Ancak şekil incelendiğinde ölçüm değerlerinde türbülansa bağlı olarak dalgalı bir dağılımın olduğu anlaşılmaktadır. Bu dalgalı dağılımı da üstel dağılımın orantılı bir şekilde farkları dengeleyerek yakalamaya çalıştığı anlaşılmaktadır.

Tablo 3.27. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Üstel Dağılımı Fark ε (%)							
1	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	Ortalama
	Üstel	18.6	10.8	6.9	7.5	6.4	6.5	10.3	9.6
2	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	
	Üstel	----	9.5	11.0	13.7	11.6	9.9	5.6	10.2
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Üstel	----	7.2	11.7	11.8	36.7	8.6		15.2
4	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7				
	Üstel	12.0	9.3	31.2	8.4				15.2
5	y/T	0.2	0.4	0.5	0.6				
	Üstel	10.9	5.0	15.6	16.9				12.1
6	y/T	0.2	0.3	0.5	0.6				
	Üstel	14.8	19.0	18.4	10.2				15.7
7	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9			
	Üstel	----	19.3	18.7	18.3	----			18.8
8	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8			
	Üstel	22.1	21.2	22.8	----	20.9			21.8
9	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8			
	Üstel	19.5	14.3	28.7	----	----			20.8
10	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.9			
	Üstel	18.9	10.5	7.6	19.6	----			14.1
Ortalama Fark=									15.4

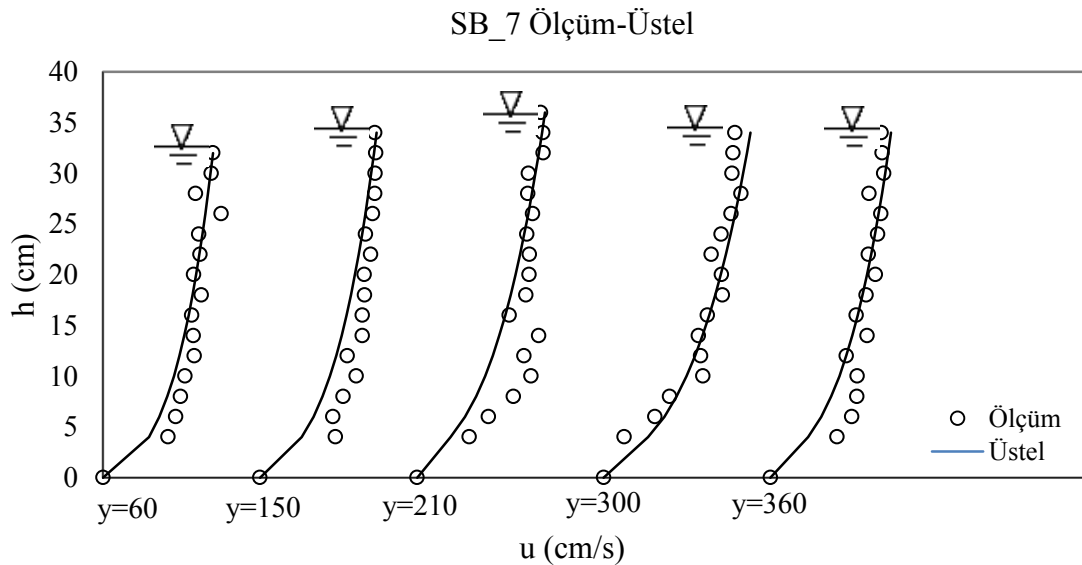


Şekil 3.55. Bünyan Pınarbaşı İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.

Ele alınan 2. istasyon olan SB İstasyonu'na ait üstel dağılım parametreleri $a=4.0$ ve $m=5.0$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerle istasyona ait üstel dağılım ifadesi (3.7)'de verilmiştir.

$$\frac{u}{u^*} = 4 \left(\frac{30z}{k_s} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (3.7)$$

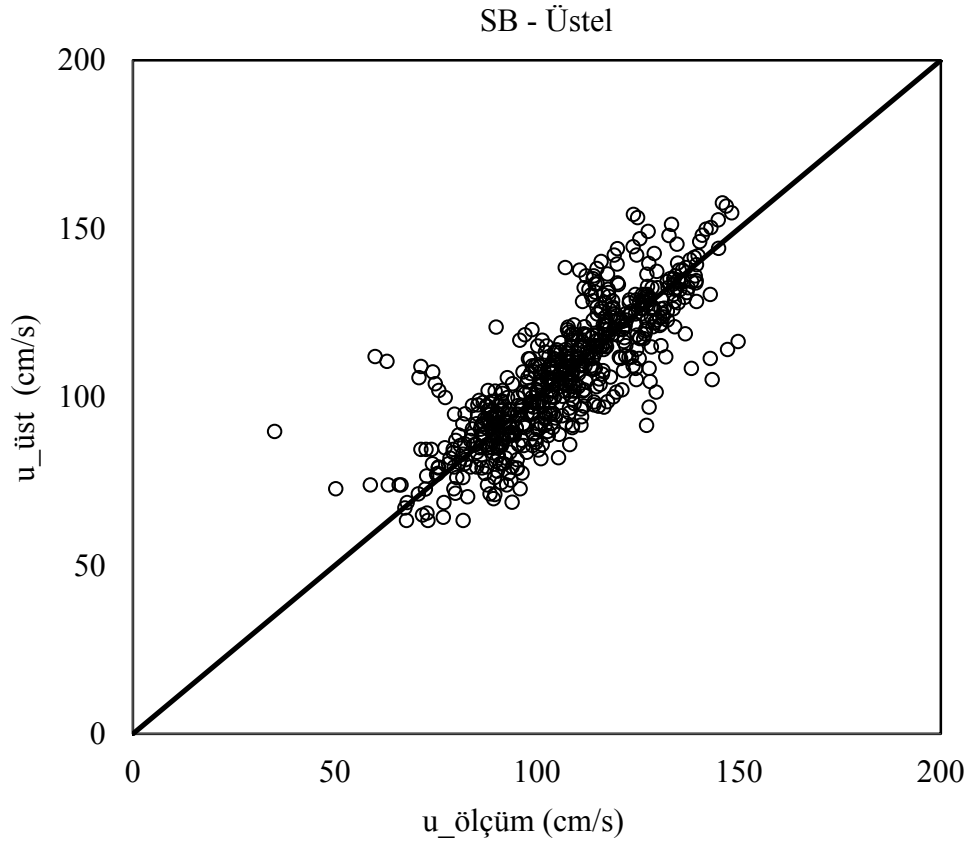
Bu ifade kullanılarak Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonuna ait SB_7 ölçümdeki ötelenmiş hız dağılımları Şekil 3.56'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere bu ölçümde 5 farklı düşeyde hız dağılımı belirlenmiş olup bu düşeylerdeki hesaplanan üstel hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Tablo 3.28'de SB İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve üstel dağılıma ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklara verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları gösterilmiştir. Ele alınan 7. ölçüme ait ortalama fark %5.6 olarak belirlenmiştir. Bu değer logaritmik dağılımdaki farktan (%12.0) daha az, entropi yönteminin farkıyla (%5.7) yaklaşık aynı olmaktadır. SB istasyonunda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile üstel dağılım arasındaki ortalama fark Tablo 3.28'de belirtildiği üzere %8.4 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.57'de SB İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda üstel dağılım, ölçüm değerlerini iyi bir şekilde temsil etmektedir.



Şekil 3.56. SB_7 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.

Tablo 3.28. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Üstel Dağılımı Fark ε (%)							
1	y/T	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	Ortalama
	Üstel	2.7	3.8	8.1	5.4	6.2	9.3	9.0	6.4
2	y/T	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7		
	Üstel	7.5	5.4	7.1	7.3	13.0	33.1		12.2
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Üstel	12.7	11.4	14.1	6.0	8.0	9.7		10.3
4	y/T	0.3	0.5	0.7	0.8				
	Üstel	1.8	12.2	14.5	9.0				9.4
5	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9			
	Üstel	7.8	9.0	6.6	5.1	8.9			7.5
6	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8			
	Üstel	4.1	14.6	6.2	6.1	5.9			7.4
7	y/T	0.1	0.4	0.5	0.7	0.9			
	Üstel	5.4	6.8	6.6	3.9	5.2			5.6
Ortalama Fark=									8.4

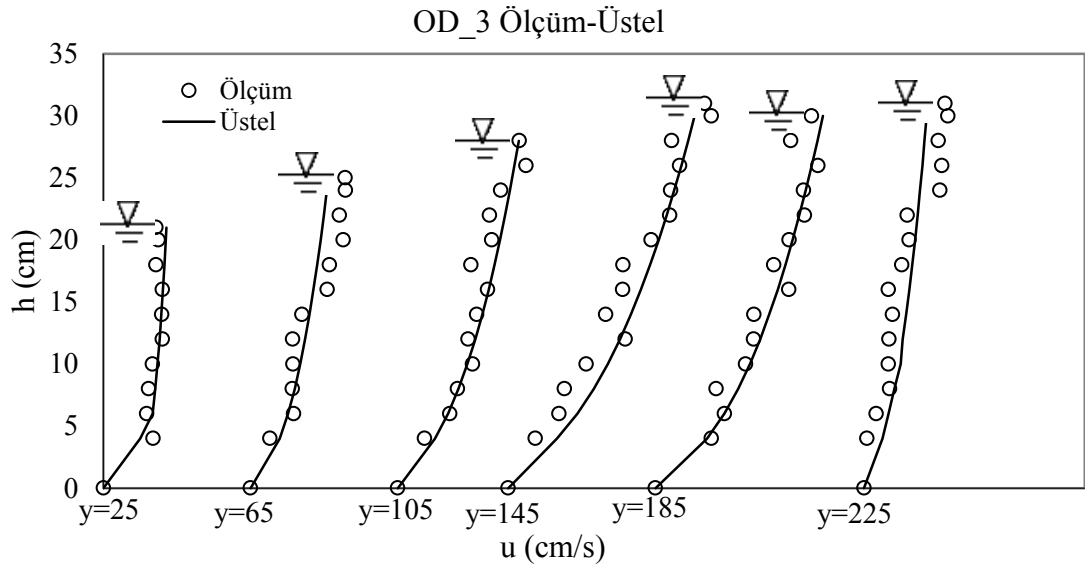


Şekil 3.57. Sarımsaklı Baraj Girişi İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.

Ele alınan 3. istasyon olan OD İstasyonu'na ait üstel dağılım parametreleri $a=2.7$ ve $m=2.9$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametrelerle istasyona ait üstel dağılım ifadesi (3.8)'de verilmiştir.

$$\frac{u}{u^*} = 2,7 \left(\frac{30z}{k_s} \right)^{\frac{1}{2,9}} \quad (3.8)$$

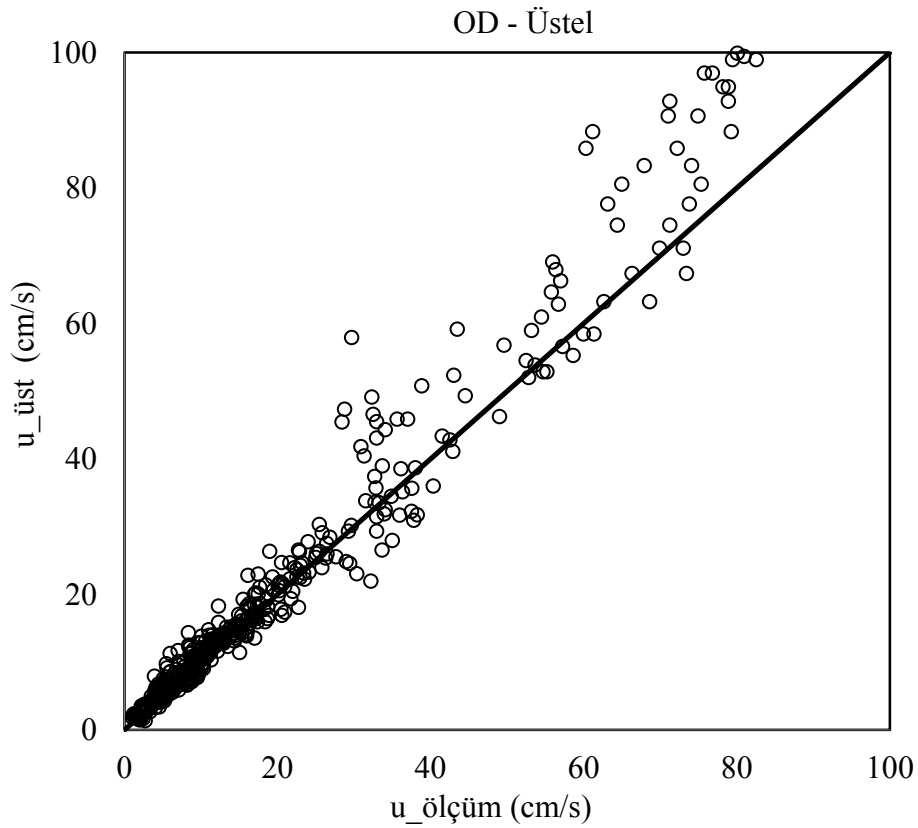
Bu ifade kullanılarak Felahiye Özdere İstasyonu'na ait OD_3 ölçümündeki ötelenmiş hız dağılımları Şekil 3.58'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere bu ölçümde 6 farklı düşeyde hız dağılımı belirlenmiş olup bu düşeylerdeki hesaplanan üstel hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Tablo 3.29'da KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve üstel dağılıma ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklara verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları gösterilmiştir. Ele alınan 3. ölçüme ait ortalama fark %12.7 olarak belirlenmiştir. Bu değer logaritmik dağılımdaki fark ile (%11.6) yaklaşık aynı, entropi yönteminin farkından (%17.5) daha az olmaktadır. OD İstasyonu'nda gerçekleştirilen 8 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile üstel dağılım arasındaki ortalama fark Tablo 3.29'da belirtildiği üzere %16.1 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.59'da OD İstasyonu'nda 8 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda üstel dağılım, ölçüm değerlerini iyi bir şekilde temsil etmektedir.



Şekil 3.58. OD_3 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.

Tablo 3.29. Felahiye Özdere istasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Üstel Dağılımı Fark ε (%)						
1	y/T	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	Ortalama
	Üstel	15.0	11.9	9.2	5.5	10.5	37.6	14.9
2	y/T	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	
	Üstel	22.0	11.9	4.0	6.0	6.6	18.1	11.4
3	y/T	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	
	Üstel	20.0	13.5	6.2	8.4	5.5	22.4	12.7
4	y/T	0.3	0.5	0.6	0.7			
	Üstel	9.3	26.6	19.4	13.7			17.2
5	y/T	0.4	0.5	0.6	0.8			
	Üstel	26.1	----	23.0	11.7			20.3
6	y/T	0.1	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Üstel	----	10.9	11.9	20.2	----		14.3
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9		
	Üstel	12.1	11.1	21.6	16.6	----		15.3
8	y/T	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9		
	Üstel	----	15.8	21.3	23.9	30.7		22.9
Ortalama Fark=								16.1

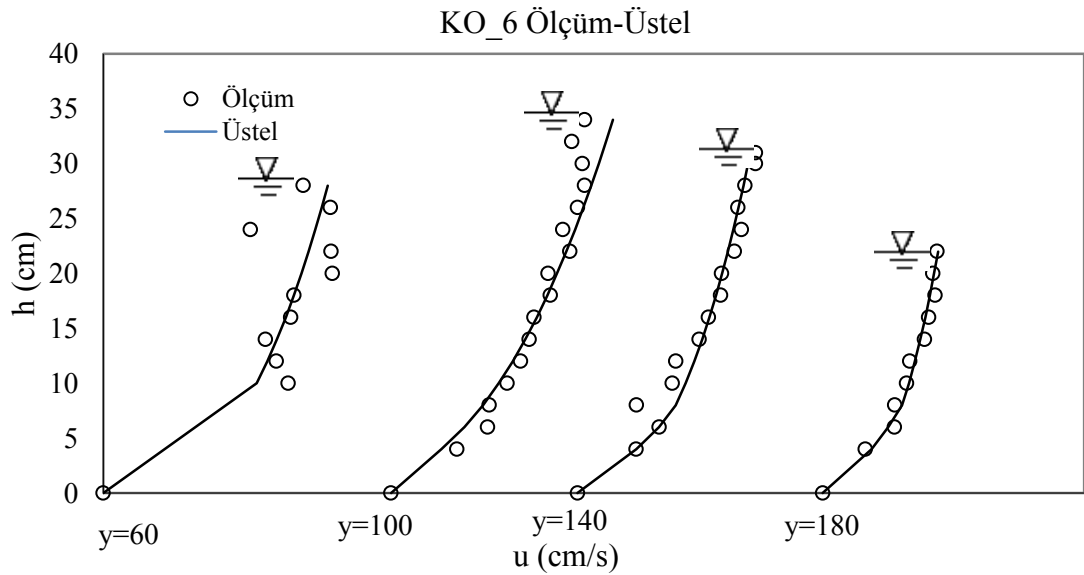


Şekil 3.59. Felahiye Özdere İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.

Ölçüm yapılan 4. ve son istasyon olan KO İstasyonu'na ait üstel dağılım parametreleri $a=2.5$ ve $m=2.7$ olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler ile istasyona ait üstel dağılım ifadesi (3.9)'da verilmiştir.

$$\frac{u}{u^*} = 2,5 \left(\frac{30z}{k_s} \right)^{\frac{1}{2,7}} \quad (3.9)$$

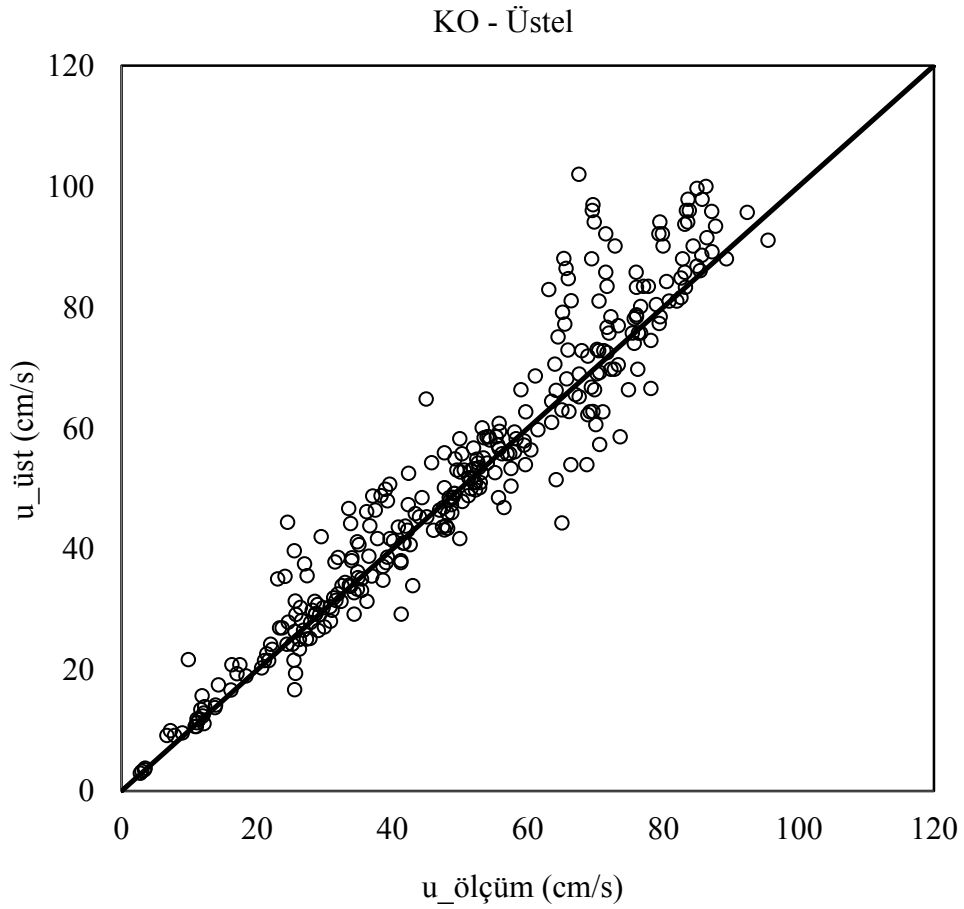
Bu ifade kullanılarak Özvatan Kırıközü İstasyonu'na ait KO_6 ölçümündeki ötelenmiş hız dağılımları Şekil 3.60'da gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere bu ölçümde 4 farklı düşeyde hız dağılımı belirlenmiş olup bu düşeylerdeki hesaplanan üstel hız dağılımları sürekli çizgi ile gösterilmiştir. Tablo 3.30'da KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen ölçüm ve üstel dağılıma ait (3.5) ifadesi ile hesaplanan farklar verilmiştir. Tabloda her bir ölçüm ve düşeye ait farklar ve ortalamaları gösterilmiştir. Ele alınan 6. ölçüme ait ortalama fark %7.1 olarak belirlenmiştir. Bu değer logaritmik dağılımdaki fark ile (%7.3) yaklaşık aynı, entropi yönteminin farkından (%11.4) daha az olmaktadır. KO İstasyonu'nda gerçekleştirilen 7 farklı akım ve tüm düşeylere ait ölçüm sonuçları ile üstel dağılım arasındaki ortalama fark Tablo 3.30'da belirtildiği üzere %11.1 olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.61'de KO İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda ölçülen hızlar ile entropi dağılımı ile hesaplanan hızlara ait saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafikten görüleceği üzere ele alınan istasyonda üstel dağılım, düzenli bir dağılım sergileyerek ölçüm değerlerini iyi bir şekilde temsil etmektedir.



Şekil 3.60. KO_6 ölçümü, ölçülen ve üstel ötelenmiş hız dağılımları.

Tablo 3.30. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçüm ve üstel dağılım arasındaki farklar (%).

Ölçüm		Ölçüm-Üstel Dağılımı Fark ε (%)						
1	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8		Ortalama
	Üstel	7.3	10.6	7.0	34.2	35.7		19.0
2	y/T	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	
	Üstel	12.1	4.5	15.8	11.2	9.1	5.2	9.7
3	y/T	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9		
	Üstel	----	11.6	19.3	9.5	----		13.5
4	y/T	0.2	0.4	0.5	0.7			
	Üstel	11.6	7.3	18.8	4.2			10.5
5	y/T	0.2	0.4	0.5	0.8			
	Üstel	3.6	8.6	15.7	5.6			8.4
6	y/T	0.3	0.4	0.6	0.8			
	Üstel	11.6	5.0	7.8	4.2			7.1
7	y/T	0.2	0.4	0.6	0.9			
	Üstel	3.1	4.5	21.1	9.4			9.5
Ortalama Fark=								11.1

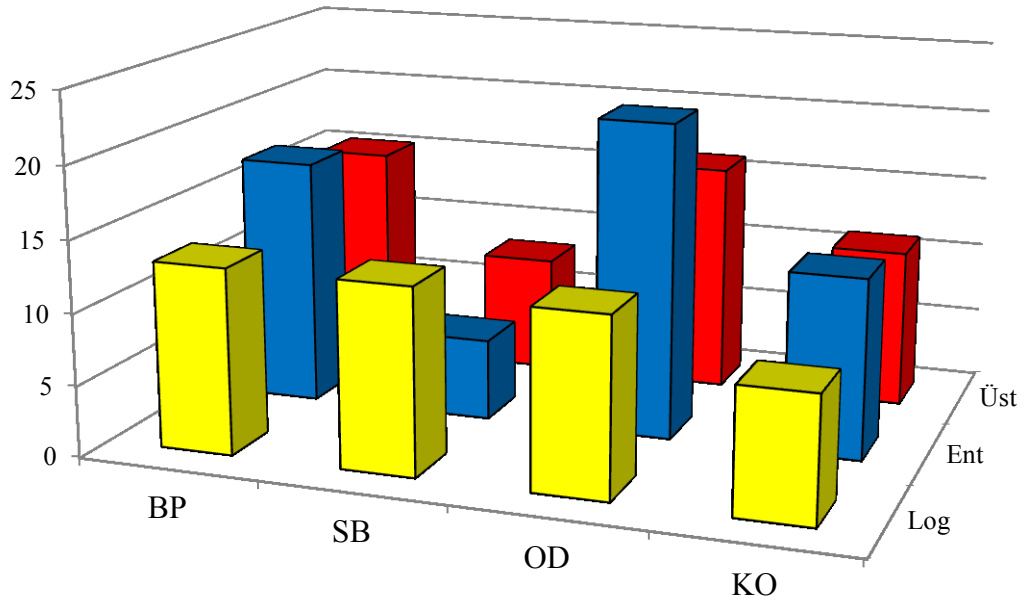


Şekil 3.61. Özvatan Kırıközü İstasyonu ölçümleri üstel dağılım saçılım diyagramı.

Ele alınan dört istasyon için yapılan hesaplarda incelenen üç hız dağılımının ortalama hata değerleri Tablo 3.31’de verilmiştir. Logaritmik dağılım kesit geometrisinin daha düzenli ve betonarme olan SB İstasyonu’nda diğer iki dağılıma göre büyük fark vermiştir. Bunun dışında logaritmik dağılım diğer üç istasyonda en iyi sonuç veren dağılım olmuştur. SB istasyonunda ölçüm değerlerine en iyi uyum gösteren dağılım entropi dağılımı olmuştur. Ele alınan 4 istasyon için entropi ve üstel dağılımlar karşılaştırıldığında üstel dağılımın entropi dağılımına göre biraz daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Hata değerlerinin görselleştirildiği hız dağılımları genel hata grafiği Şekil 3.62’de verilmiştir.

Tablo 3.31. Hız dağılımları ortalama farkları.

İstasyon	BP	SB	OD	KO	Ortalama
Logaritmik	13.0	12.7	12.4	8.7	11.7
Entropi	17.3	5.7	22.0	12.6	14.4
Üstel	15.4	8.4	16.1	11.1	12.7



Şekil 3.62. Hız dağılımları genel fark grafiği.

4. BÖLÜM

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kızılırmak Havzası'nda bulunan üç farklı dere üzerinde, dört farklı istasyonda ADV ile yapılan hız ölçümleri ile debiler ve hız dağılımları incelenmiştir. Ele alınan dört istasyonda toplam 32 farklı zaman ve akım durumunda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Her bir akım durumunda enkesit üzerinde yapılan hız ölçümleri kullanılarak hız-alan yöntemi ile gerçek debiler (Q) hesaplanmıştır. Bu debiler pratikte yaygın olarak kullanılan beş farklı yöntem ve entropi yöntemi ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılarak yöntemlerin farkları belirlenmiştir.

Ele alınan ilk istasyon olan Bünyan Pınarbaşı (BP) İstasyonu'nda hız alan yöntemi ile hesaplanan debiler ile $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ hızları ile hesaplanan debiler arasında ortalama farklar sırasıyla %1.8 ve %4.0 olarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerin debi hesabında oldukça iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Anahtar eğrisi ve Manning denklemi ile hesaplanan debiler sırasıyla %31.3 ve %33.0 ortalama fark ile hız alan yönteminden sapmışlardır. Su yüzü hız ile debi hesabında %16.4 ortalama fark belirlenmiş olup bu yöntemin anahtar eğrisi ve Manning denkleminde daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Entropi yöntemi ile belirlenen debilerin hız alan yönteminden ortalama %13.2 farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Sarımsaklı Baraj Girişi (SB) İstasyonu'nda %2.6 ortalama fark ile entropi yöntemi en iyi sonuç veren yöntem olmuştur. Bu istasyona ait anahtar eğrisinin determinasyon katsayısı oldukça yüksek olup ($R^2=0.94$) bu yöntemin debi hesabında kullanılabileceği ve ortalama farkında %3.2 olduğu belirlenmiştir. $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ 'daki hızlarla hesaplanan debilere ait ortalama farklar da sırasıyla %5.5 ve %7.2 olarak hesaplanmıştır. Su yüzü hızı ile hesaplanan debilere ait ortalama fark %9.1 iken

Manning denklemi kullanılarak hesaplanan debilerde diğer yöntemlere göre oldukça yüksek, %38.3 ortalama fark değeri belirlenmiştir.

Özdere İstasyonu'nda (OD) ilk istasyon olan BP'de olduğu gibi en iyi sonuçlar $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ yöntemlerinde gözlenmiştir. Bu yöntemlere ait ortalama farklar sırasıyla %6.0 ve %5.8 olarak hesaplanmıştır. Bu istasyonda entropi yöntemi ve su yüzü hızı ile hesaplanan debilere ait ortalama farklarda sırasıyla %13.9 ve %20.6 olarak belirlenmiştir. Diğer iki yöntem olan anahtar eğrisi ve Manning denklemine ait ortalama farklarda sırasıyla %34.4 ve %42.1 olarak hesaplanmıştır. Entropi yönteminin bu istasyonda da diğer 3 yöntemden daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Kırıközü (KO) İstasyonu'nda, OD ve BP istasyonlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir. %3,7 ve %5,7 ortalama fark değerleri ile $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ yöntemleri bu kesitte de en iyi sonucu veren yöntemler olmuştur. KO İstasyonu'nda entropi yöntemi %13.8 ortalama fark ile bu iki yöntemden sonraki en iyi sonucu veren yöntem olmuştur. Diğer üç yöntem olan Manning, anahtar eğrisi ve su yüzü hızlarına bağlı hesaplanan debilere ait ortalama farklar ise sırasıyla %17.3, %18.7 ve %25.0 olarak hesaplanmıştır.

İstasyonlara ait yapılan bu değerlendirmelere bağlı olarak yöntemlerin kullanılabilirliği hakkında aşağıdaki ifadeler söylenebilir.

- $0.2-0.8H$ ve $0.6H$ hızları ile belirlenen debilerin doğal akarsularda debi hesabında kullanılabilecek en iyi yöntemler olduğu,
- Entropi yönteminin doğal akarsularda debinin belirlenmesinde iyi sonuçlar verdiği ve yöntem için sadece kesite ait entropi parametresi M ve ölçüm yapılan akım durumunda maksimum hızın (u_{mak}) belirlenmesinin yeterli olacağı,
- Anahtar eğrisi yönteminin gerçekçi sonuçlar vermesi için geniş debi aralığında ölçüm yapılarak denklem determinasyonunun yüksek olması gerektiği,
- Su yüzü hızı ile debi hesabı için istasyona ait U/u_{sy} oranlarını gösteren katsayının (k_{sy}) hassas olarak belirlenmesi gerektiği,
- Manning denklemine ait pürüzlülük katsayısının belirlenmesinin güç olduğu ve bu ifadenin genellikle yüksek sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Dört farklı istasyonda, 32 farklı akım durumunda, enkesit boyunca belirlenen düşeylerde gerçekleştirilen hız ölçümleri logaritmik, üstel ve entropi dağılımları ile karşılaştırılmıştır. Her bir istasyona ait belirlenen dağılımlara ait özellikler aşağıda açıklanmıştır;

BP İstasyonu'nda logaritmik ifade ile belirlenen hızlar ölçüm değerleri ile uyumlu bir dağılım göstermektedir. Hız dağılımları özellikle en kesitin orta bölgelerinde $0.3 \leq y/B \leq 0.8$ ve ele alınan düşeyin $8.0 \leq 30z/k_s \leq 70$ aralığında ölçüm değerlerine yakın olmaktadır. Bu istasyona ait ölçüm hız değerleri ile logaritmik dağılımla hesaplanan hızlara ait ortalama mutlak fark %13.0 olarak belirlenmiştir. BP İstasyonu'nda 10 farklı akım durumunda yapılan hız ölçümleri ile belirlenen entropi parametresi $M=0.16$ olarak hesaplanmıştır. Bilinen M ve her bir düşeyde ölçülen u_{mak} hızları ile hesaplanan dağılımlar derinlik boyunca ölçülen hızlardan biraz yüksek olmaktadır. Ele alınan tüm akım ve düşeylerdeki yöntemin ortalama mutlak hatası da %17.3 olarak hesaplanmıştır. BP İstasyonu'nda üstel dağılıma ait sabitler $a=2.7$ ve $m=3$ olarak belirlenmiştir. Bu sabitler ile hesaplanan dağılımların ölçüm değerlerinden %15.4 farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu istasyondaki ölçümleri en iyi logaritmik dağılım temsil etmektedir.

Ölçüm yapılan ikinci istasyon olan SB'de ölçüm değerleri enkesit boyunca kesitin geometrisi ve pürüzlülüğünün düzenli olması nedeniyle benzer dağılım göstermektedir. Ele alınan düşeylerde belirlenen logaritmik dağılım ve ölçüm değerleri arasındaki ortalama mutlak fark BP İstasyonu'na yakın ve %12.7 olarak hesaplanmıştır. SB İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda yapılan hız ölçümleri ile belirlenen entropi parametresi $M=2.9$ olarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile hesaplanan dağılımlar derinlik boyunca ölçülen hızlar ile BP İstasyonu'na göre daha iyi uyum göstermektedir. Ele alınan tüm akım ve düşeylerdeki yöntemin ortalama mutlak hatası da %5.7 olarak hesaplanmıştır. SB İstasyonu'nda üstel dağılıma ait sabitler $a=4.0$ ve $m=5$ olarak belirlenmiştir. Bu sabitler ile hesaplanan dağılımların ölçüm değerlerinden %8.4 farklılık göstermektedir. Bu değerlere göre SB İstasyonu'nda üstel dağılım logaritmik dağılıma göre daha iyi sonuç vermekte entropi dağılımı da en iyi olmaktadır.

OD İstasyonu'nda logaritmik dağılım ile ölçüm değerleri enkesit boyunca uyumlu bir dağılım göstermektedir. BP İstasyonu'nda olduğu gibi kanalın orta bölgelerinde logaritmik dağılım ölçüm değerlerini daha iyi temsil etmektedir. Bu istasyona ait ölçüm ve logaritmik dağılım arasındaki ortalama mutlak fark BP İstasyonu ile benzer şekilde %12.4 olarak hesaplanmıştır. OD İstasyonu'nda 8 farklı akım durumunda yapılan hız ölçümleri ile belirlenen entropi parametresi $M=0.1$ olarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile hesaplanan dağılımlar derinlik boyunca ölçülen hızlar ile BP ve SB istasyonlarına göre biraz daha yüksek farklar vermiştir. Ele alınan tüm akım ve düşeylerdeki yöntemin ortalama mutlak hatası da %22.0 olarak hesaplanmıştır. OD İstasyonu'nda üstel dağılıma ait sabitler $a=2.7$ ve $m=2.9$ olarak hesaplanmıştır. Bu sabitler ile hesaplanan dağılımların ölçüm değerlerinden %16.1 farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre OD İstasyonu'nda üstel dağılım entropi dağılımına göre daha iyi sonuç vermekte, logaritmik dağılım ise en iyi olmaktadır.

KO İstasyonu'nda logaritmik dağılım ile ölçüm değerleri enkesit boyunca uyumlu bir dağılım göstermektedir. Bu istasyonda logaritmik dağılım ile ölçüm değerleri arasındaki ortalama mutlak fark %8.7 olarak hesaplanmıştır. Buna göre ele alınan dört istasyonda logaritmik dağılımın ölçüm değerlerine en iyi uyum gösterdiği istasyon KO'dur. KO İstasyonu'nda 7 farklı akım durumunda yapılan hız ölçümleri ile belirlenen entropi parametresi $M=0.54$ olarak hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile hesaplanan dağılımlar derinlik boyunca ölçülen hızlar ile BP ve OD istasyonlarına göre daha düşük farklar vermiştir. Ele alınan tüm akım ve düşeylerdeki yöntemin ortalama mutlak hatası da %12.6 olarak hesaplanmıştır. KO İstasyonu'nda üstel dağılıma ait sabitler $a=2.5$ ve $m=2.7$ olarak hesaplanmıştır. Bu sabitler ile hesaplanan dağılımların ölçüm değerlerinden %11.1 farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu değerlere göre OD İstasyonu'nda üstel dağılım entropi dağılımına göre daha iyi sonuç verirken logaritmik dağılıma göre yüksek fark sergilemiştir.

Ele alınan istasyonlarda kesit kenar bölgelerinde ölçülen hız dağılımları ele alınan yöntemler ile modellenememektedir. Kesit orta bölgelerinde ise bu dağılımlar daha iyi sonuç vermektedir. Dört farklı istasyonda logaritmik, üstel ve entropi dağılımlar ölçülen hız dağılımlarını birbirine yakın farkla temsil etmiştir. Bu değerleri sırasıyla %11.7, %12.7 ve %14.4' dür.

KAYNAKLAR

1. Ardiçlioğlu, M., Gemici, E., Özdin, S., 2011. Doğal akarsularda debinin belirlenmesi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, **4** (2): 73-77.
2. Ardiçlioğlu, M., Özdin, S., Gemici, E., 2010. Akarsularda hız dağılımının modellenmesi ve ADV ölçümleri. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, **3** (1): 53-58.
3. Yüksel Y., 2005. Teori ve Çözümlü Problemler İle Bilgisayar Uygulamalı Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik. Arıkan Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 1009 s.
4. Chiu, C.L., 1989. Velocity Distribution in open channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **128** (4):390-398.
5. Kırkgöz, M. S., Ardiçlioğlu, M., 1997. Velocity profiles of developing and developed open channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **123** (12):1099-1105.
6. Afzal N., 2001. Power law and log law velocity profiles in fully developed turbulent pipe flow: equivalent relations at large Reynolds number, **Acta Mechanica**, **151**: 171-183
7. Chiu, C.-L., M., Tung, N.-C., 2002. Maximum velocity and regularities in open-channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **128** (4): 390-398.
8. Chen, Y.-C., Chiu, C.-L., 2002. An efficient method of discharge measurement in tidal streams, **Journal of Hydraulic Engineering, ELSEVIER**, **265** : 212-224.
9. Ardiçlioğlu, M., Şentürk, A.İ., Seçilir, S., 2004. Pürüzlü açık kanal akımlarında hız dağılımının entropy yöntemi ile incelenmesi, *6th International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 October Bogazici University, Istanbul, Turkey.*
10. Yang, S-Q., Tan, S-K., 2004. Velocity Distribution and Dip-Phenomenon in Smooth Uniform Open Channel Flows, **Journal of Hydrology**, **130** (12): 1179-1186.
11. Moramarco, T., 2004. Entropic Characterization of the Mean Flow Velocity in Natural Channels, *Environmental Modeling and Simulation Conference, November 22-24, St. Thomas, US Virgin Island, Page: 175-179.*
12. Moramarco, T., Saltalippi, C., Singh, V. P., 2004. Estimation of mean velocity in natural channel based on Chiu's velocity distribution equation, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **9** (1): 42-50.

13. Ardiçlıoğlu, M., Şentürk, A.İ., Seçkin, G., 2004. Açık kanal akımlarında hız dağılımının entropi yöntemi ile incelenmesi, *XVII. Teknik Kongre ve Sergisi*, 15-17 Nisan
14. Moramarco, T., Saltalippi C., Singh V.P., 2004. Estimation of mean velocity in naturel channels based on Ghiu's velocity distribution equation, **Journal of Hydraulic Engineering**, 9 (1): 42-50.
15. Ardiçlıoğlu, M., Seçkin, G., Öztürk, Ö., 2005. Pürüzlü açık kanal akımlarında debi hesabı için entropy yönteminin kullanılması, 34-41, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, 22-24 Eylül, 2005, Antalya.
16. Ardiçlıoğlu, M. Araujo, J. D., Şentürk, A. İ., 2005. Applicability of velocity distribution equations in rough-bed open-channel flow. **La Houille Blanche**, 4: 73-79.
17. Chiu, C. – L., Hsu, S.-M., Tung, N.-C., 2005. Efficient methods of discharge measurements in rivers and streams based on the probability concept, **Hydrological Processes**, 19: 3935-3946.
18. Ardiçlıoğlu, M., Öztürk, Ö., Yakupoğlu A., 2005. Açık kanallarda hız ölçüm cihazlarının kullanımı ve karşılaştırılması, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası, VI. Ulusal Ölçümbilim Kongresi*, 17-18 Kasım, 2005, Eskişehir.
19. Ardiçlıoğlu, M., 2006. Açık kanal akımı hız-debi ölçümleri. **İMO Teknik Dergi**, Sayı 250: 3805-3808.
20. Chiu, C-L., Hsu, S-M., 2006. Probabilistic Approach to modeling of Velocity Distribution in fluid Flows, **Journal of Hydrology**, 316 (1): 28-42.
21. Maghrebi, M. F., Rahimpour, M., 2006. Streamwise Velocity Distribution in Irregular Shaped Channels Having Composite Bed Roughness, **Flow Measurement and Instrumentation**, 17(4): 237-245.
22. Ardiçlıoğlu, M., Öztürk, Ö., 2006. Tabii nehirlerde hız dağılımı ve debinin belirlenmesinde entropy yönteminin kullanılması, *Yedinci Uluslar arası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, 11-13 Ekim Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
23. Lee, C., Kim, C., Kim, W., 2007. Application of Chiu's velocity distribution function to natural rivers in Korea, *Proceedings of The Congress*, Spain - **International Association for Hydraulic Research**, 32 (1): 198-207.

24. Ardiçlioğlu, M., Atabay, S., Omran, M., 2007. Estimation of Discharge and Shear Stress Distribution in Natural Channels Based on Entropy Concept, 32nd IAHR Congress, Venice, Italy, 1-6 July.
25. Guo, J., Julien, P. Y., 2008. Application of the Modified Log-Wake Law in Open-Channels. **Journal of Applied Fluid Mechanics**, **1**, (2): 17-23.
26. Ardiçlioğlu, M., Atabay, S., Omran, M., 2008. Determination of flow resistance and shear stress distribution in natural channels, *International Conference on Fluvial Hydraulics, September 3-5, 2008, Çeşme, İzmir*.
27. Bonakdari, H., Larrarte, F., Lassabatere, L., Joannis, C., 2008. Turbulent Velocity Profile in Fully-developed Open Channel Flows. **Springer 8(1)**: 1-17.
28. Ağırlioğlu, N., Ardiçlioğlu, M., Genç, O., 2008. Akarsulardaki akım karakteristiklerinin entropi yöntemi ile incelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 30. Yıl Sempozyumu, 16-17 Ekim, 2008, Adana*.
29. Burnelli, A., Mirauda, D. Moramarco, T., Pascale, V., 2008. Application of Entropic Velocity Distribution in Natural Channels, River Flow Congress, İzmir, Turkey.
30. Ardiçlioğlu, M., Genç, O., Girayhan, A., Kırkgöz, M. S., 2008. ADV measurement of velocity distributions in natural rivers, *International Conference on Fluvial Hydraulics, September 3-5, 2008, Çeşme, İzmir*.
31. Ardiçlioğlu, M., Günaydın, E., 2009. Açık kanal akımlarında hız dağılımının farklı alet ve yöntemler ile incelenmesi, *IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 06-10 Temmuz, 2009, İstanbul*.
32. Ammari, A., Remeni, B., 2009. Estimation of Algerian rivers discharges based on Chiu's equation, **Arabian Journal of Geosciences, Springer, 9** : 1007-1014
33. Ardiçlioğlu, M., Bilgin, H., Genç, O., Ağırlioğlu, N., 2010. Determination of discharge by entropy concept in natural river, *Fourth International Conference on Water Observation and Information System for Decision Support, BALWOIS, May 25-29, 2010, Ohrid, Macedonia*.
34. Moramarco, T., 2010. Formulation of the Entropy Parameter Based Hydraulic and Geometric Characteristic of River Cross Sections, **Journal of Hydrologic Engineering, 15**: 852-858.
35. Ardiçlioğlu, M., Özdin, S., Gemici, E., Kalin, L., 2010. Determination of flow properties in shallow flow river, *Dryland Hydrology: Global Changes and Local*

Solution, Arizona Hydrological Society Symposium, September 1-4, 2010, Tucson, AZ, USA.

36. Ardiçlıoğlu, M., Ozdin, S., Gemici, E., Kalin, L., Isik, S., 2010. Investigation of velocity distribution in shallow streams, *Dryland Hydrology: Global Changes and Local Solution, Arizona Hydrological Society Symposium, September 1-4, 2010, Tucson, AZ, USA*
37. Choo, T.H., Jeong, I.J., Yoon, H.C., Son, H.S., 2011. A Study on the Derivation of a Mean Velocity Formula From Chiuis Velocity Formula and Bottom Shear Stress, **Hydrology and Eart System Sciences Discussions: 8:** 6419-6442.
38. Ardiçlıoğlu, M., Özdin, S., 2011. Determining agricultural water demand from natural streams using the entropy concept. **African Journal of Agricultural Research, AJAR, 24** (2): 147-158.
39. Corato, G., Moramarco, T., Tucciarelli, T., 2011. Combining Flow Routing Modelling and Direct Velocity Measurement for Optimal Discharge Estimation, **Hydrology and Eart System Sciences Discussions, 8:** 2699-2738
40. Ardiçlıoğlu, M., Genç, O., Kalin, L., Ağırlioğlu, N., 2011. Investigation of flow properties in natural streams by entropy concept, **Water and Environment Journal**, Accepted for publication
41. Corato, G., Moramarco, T., Tucciarelli, T., 2011. Discharge Estimation Combining Flow routing and Occasional Measurements of Velocity, **Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 15:** 2979-2994.
42. Girayhan A., “Trapez Kesitli Kompozit Kanallarda Akım Özelliklerinin Deneysel olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2009.
43. Genç, O., Ardiçlıoğlu, M., Ağırlioğlu, N. Akarsulardaki Akım Karakteristiklerinin Entropi Yöntemi İle İncelenmesi, *Ç.Ü. Mühendislik - Mimarlık Fakültesi 30. Yıl Sempozyumu, 16-17 Ekim, Adana 2008.*
44. Bayazıt, M., Hidroloji, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1974.
45. Chow, V. T., 1959. Open Channel Hydraulics, Mc Graw – Hill Book Company, Tokyo, 680 s.
46. Water Measurement Manual, 2001. A Water Resource Technical Publication, U.S. Department of the Interior, Washington, DC 20402.
47. Xia, R., 1997. Relation between mean and maximum velocities in a natural river. **Journal of Hydraulic Engineering, 123** (8): 720-723.

48. Seçkin, G., Ardıçlıoğlu, M., Seçkin, N., Atabay, S. 2004. Bileşik kesitlerde enerji ve momentum düzeltme katsayılarının deneysel İrdelenmesi. **İMO Teknik Dergi, 1** : 3323-3334.
49. Rause , H., 1970. Elementary mechanics of fluids. Wiley Eastern Reprint, New Delphi.
50. Prandtl, L., 1925. Über die ausgebildate turbulenz, Z. Angew Math. Mech. Bd. 5.
51. Karman, T. V., 1930. Meshanische ahnlichkeit und turbulenz, Göttinger Nachrichten, Math. Phys. Klasse: 58-60
52. Coles, D., 1956. The law of the wake in the turbulent boundary layer, **J. of Fluid Mechanics, 1**: 191-226.
53. Bayazıt, M., 1976. Free Surface Flow in a Channel of Large Relative Roughness, **Journal of Hydraulic Research, 14(2)**: 116-126.
54. Schlichting, H., 1979. Boundary layer theory, Mc Graw-Hill Book Company, 812 s.
55. Chow, V. T., 1959. Open channel hydraulics, Mc Graw – Hill Book Company, 680 s.
56. Henderson, F. M., 1966. Open channel flow, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ., 522 s.
57. Öztürk, Ö., “Pürüzlü Açık Kanal Akımlarında Hız Dağılımının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2006.
58. Song, T., Graf, H. Velocity and turbulence distribution in unsteady open-channel flows, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 122 (3)**: 141-154
59. Nezu, I., Nakagawa, H., 1993. Turbulence in open-channel flows, Balkema Publishers, Rotterdam – Netrherlands.
60. Nezu, I., Rodi, W., 1986. Open channel flow measurements with a laser doppler anemometer, **Journal of Hydraulic Engineering, 112 (5)**: 335-355
61. Kırkgöz, M.S., 1989. Turbulent velocity profiles for smooth and rough open channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering. ASCE, 115 (11)**: 1543-1561.
62. Nikuradse, J. 1932. Gesetzmässigkeiten der turbulent Strömung in glatten Rohren, Forsch. Geb. Ing.-Wes., 356 s.
63. Kandula, V.N.S., Lakshminarayana, P., Lakshmana, Rao N. S. 1983. “Velocity Distribution in Smooth Rectangular Open Channel”, **Journal of Hydraulic Engineering, 2**: 109
64. Kırkgöz, S., 2009. Akışkanlar Mekaniği. Kare Yayınları, 373 s.

65. Chen, C.L., 1991. Unified theory on power laws for flow resistance, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **117** (3): 371-389.
66. Gonzalez, J.A., Melching, C.S., Oberg, K.A., 1996. Analysis of open-channel velocity measurements collected with an acoustic doppler current profiler. *Proc. from the 1st Int. Conf. On New/Emerging Concepts for Rivers, Chicago, Illinois, USA*.
67. Chiu, C.L., 1989. Velocity distribution in open channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **115** (5): 576-594.
68. Chiu, C.L., Said, C.A., 1995. Modeling of maximum velocity in open-channel flow, **Journal of Hydraulic Engineering, ASCE**, **121** (1):26-35.
69. Sumer, B. M., 2004. Lecture Notes on Turbulence, Technical University of Denmark.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Serkan ÖZDİN

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 21 Temmuz 1986, Tomarza

Medeni Durumu: Bekar

Tel: +90 541 289 99 95

email: sozdin38@hotmail.com

Yazışma Adresi: Hürriyet Mah. Miralay Nazım Cad. 151/15 Melikgazi - KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	KU M.F. İnşaat Mühendisliği	2008
Lise	Sami Yangın A.L. Kayseri	2004

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2007- Halen	Hasekar Mimarlık Mühendislik İnş. San. Tic. Ltd. Şti.	Şirket Ortağı

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Ardiçlioğlu, M., Özdin, S., Gemici, E., 2010. Akarsularda hız dağılımının modellenmesi ve ADV ölçümleri. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 3 (1): 53-58.
2. Ardiçlioğlu, M., Özdin, S., Gemici, E., Kalin, L., 2010. Determination of flow properties in shallow flow river, *Dryland Hydrology: Global Changes and Local Solution, Arizona Hydrological Society Symposium, September 1-4, Tucson, AZ, USA*.
3. Ardiçlioğlu, M., Ozdin, S., Gemici, E., Kalin, L., Isik, S., 2010. Investigation of velocity distribution in shallow streams, *Dryland Hydrology: Global Changes*

and Local Solution, Arizona Hydrological Society Symposium, September 1-4, 2010, Tucson, AZ, USA

4. Ardiçlioğlu, M., Özdin, S., 2011. Determining agricultural water demand from natural streams using the entropy concept. **African Journal of Agricultural Research, AJAR, 24** (2): 147-158.
5. Ardiçlioğlu, M., Gemici, E., Özdin, S., 2011. Doğal akarsularda debinin belirlenmesi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4** (2): 73-77.