

46181

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARITMA TESİSLERİNDE  
DEBİ DAĞITIM KANALLARININ HESABI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Ebubekir Yüksel**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 1995**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Haziran 1995**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Yılmaz Muslu**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Dinçer Topaek**

**Doç.Dr. Cumali Kınacı**

**HAZİRAN 1995**

## ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında, arıtma tesislerinde debi dağıtım kanallarının hesabı amacıyla bir iterasyon yöntemi geliştirilmiş ve nümerik uygulamaları verilmiştir.

Bu çalışma süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Yılmaz Muslu' ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca diğer değerli öğretim üyelerine, bana destek olan çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tahsil hayatım boyunca hiç bir fedakarlıktan kaçınmayarak bana her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan aileme de minnet ve şükranlarımı sunarım.

Haziran 1995, İSTANBUL

Ebubekir Yüksel

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1 BİRLEŞİK SİSTEM KANALLARINDA DOLU SAVAKLARLA AKIM VE KİRLENME KONTROLÜ	1
BÖLÜM 2 DOLU SAVAKLARIN HESABI İÇİN ÇEŞİTLİ METODLAR	3
2.1 Yükselen Su Yüzü Profiline Göre Dolu Savakların Hesabı	3
2.1.1 Forcheimer Metodu	3
2.1.2 Dolu Savakların Tchobanoglous (1981) Tarafından Önerilen Metodla Hesabı	8
2.1.3 Dolu Savakların Chao-Trussell (1980) ve Benefield (1984) Tarafından Önerilen Bağınıyla Hesabı .	14
2.1.4 Nümerik İntegrasyon Metodları	17
2.1.5 Dikdörtgen Savak Formülüyle Yaklaşık Hesap	30
2.2 Alçalan Su Yüzeyi Profiline Göre Dolu Savakların Hesabı	32
BÖLÜM 3 DEBİ DAĞITIM KANALLARI İÇİN ANALİTİK YAKLAŞIMLAR	41
3.1. Piyozometre Çizgisinin Alçalması Halinde Giriş Tertibatının Hesabı ( $M > 1$ Hali ).	43
3.2. Pizometre Çizgisinin Yükselmesi Halinde Giriş Tertibatının Hesabı ( $M < 1$ Hali ).	45
BÖLÜM 4 ARITMA TESİSLERİNDE DEBİ DAĞITIM KANALLARININ BİLGİSAYARLA HESABI	46
BÖLÜM 5 DEBİ DAĞITIM KANALLARININ HESABI İÇİN YENİ BİR METOD	50
5.1 Mevcut Metodların Değerlendirilmesi	50

5.2	Sabit Özgül Enerji Halinde Debi Dağıtım Kanalının Hesabı	51
5.3	Sabit Özgül Enerji Halinde Debi Dağıtımının Hesabı İçin Lüzumlu Bilgisayar Programlarının Geliştirilmesi	63
5.3.1	$\Sigma \Delta L / b = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}\right)$ Fonksiyonunu Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek A)	64
5.3.2	$Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$ Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek B)	65
5.3.3	$Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right)$ Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek C)	68
5.3.4	$Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right)$ Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek D)	71
5.3.5	Giriş Debisinin Tamamının Dağıtılması Halinde ( $z_1$ )'i İterasyonla Bulan Programın Hazırlanması (Ek E)	71
5.4	Geliştirilen Modelin Deney Sonuçlarıyla Doğrulanması	76
5.5	Savaklanan Debilerin Birbirine Çok Yakın Olacak Şekilde Kanal Genişliği Değiştirilerek Ayarlanması	82
	<b>SONUÇLAR</b>	88
	<b>KAYNAKLAR</b>	89
	<b>EKLER</b>	91
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	102

## SEMBOL LİSTESİ

$a$	: Orifis enkesit alanı
$a_s$	: Ortalama ıslak kesit
$A$	: Enkesit alanı
$b$	: Kanal genişliği
$C$	: Savak sabiti
$C_w, C_d$	: Savağın debi katsayısı
$d_1, d_2$	: Savağın memba ve mansap kesitlerinde hesaplanan ve kanal tabanından itibaren ölçülen su yükseklikleri
$d_c$	: Kritik su yüksekliği
$E$	: Kanal tabanından itibaren ölçülen özgül enerji yüksekliği
$E_w$	: Savak sırtından itibaren ölçülen özgül enerji
$F_r, (F_u)_f, (F_u)_k$	: Froude sayısı
$g$	: Yerçekimi ivmesi
$\Delta h$	: Hidrolik yük
$H_1, H_2, H_3$	: Savaklar üzerindeki yük kaybı
$(h_u)_f, (h_u)_k, h_1$	: Savak başlangıçlarındaki su yükseklikleri
$(h_D)_k, h_2$	: Savak sonundaki su yüksekliği
$h_1', h_2'$	: Savak başlangıcında ve savak sonunda su yüzünün savak sırtından olan yüksekliği
$\bar{h}_{ort}, \bar{h}, (h_a)_k$	: Ortalama su yüksekliği
$h_k$	: Sürekli yük kaybı
$J_t$	: Taban eğimi
$J$	: Hidrolik eğim

K	: Collinge tarafından verilen düzeltme katsayısı
L	: Savak uzunluğu
$L_t$	: De Marchi formülünden bulunan savak uzunluğu
$\Delta L$	: Savak uzunluğunun $n_p$ parçaya bölündükten sonraki uzunluğu
m	: Seyrelme kat sayısı
$\max q_g$	: $1 / N / G$ olarak birim su sarfiyatı
M	: Müsaade edilebilir debi değişimi için ilk ve son orifis arasında seçilen oran
n	: Manning formülündeki pürüzlülük katsayısı
N	: Nüfus
$N_s$	: Savak sayısı
$n_p$	: Savak uzunluğunun birbirine eşit olarak bölüdüğü parça (dilim) sayısı
$n_2$	: $h_1' / h_2'$ oranı
p	: Savak sırtının kanal tabanından itibaren yüksekliği
$R_{ort}$	: Ortalama hidrolik yarıçap
$R, R_1, R_2$	: Hidrolik yarıçap
$Q_{18}, Q_{12}$	: Atıksu kanallarında akımın saatlik değişimlerini yansıtan debiler ( $24/18Q_{24}, 24/12Q_{24}$ )
$Q_1, Q_2$	: Savağın memba ve mansap kesitlerinden geçen debi
$Q_a$	: Atıksu debisi
$Q_s$	: Savaklanan debi
$Q_T$	: Toplam savaklanan debi
$Q_p$	: Maksimum kurak hava debisi
q	: Orifisten geçen debi
$V, V_1, (V_u)_f, (V_u)_k$	: Savak başlangıçlarındaki hızlar
$V_2$	: Savak sonundaki hız
$V_n$	: Yaklaşım kanalındaki normal hız

$z , z_1 , z_2$	: Boyutsuz su yüksekliği
$\mu$	: Savak sabiti
$\phi$	: Savaklanma açısı
$\psi$	: Su yüzünün enine doğrultudaki alçalmasını gösteren integrasyon parametresi
$\alpha$	: Hız yüksekliği katsayısı
$\alpha'$	: Basınç yüksekliği katsayısı
$\pi$	: Pi sayısı
$\theta$	: Kısmen dolu kanallardaki akımda su yüzünün yüksekliğini belirtmek için kullanılan merkez açısı



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Birleşik sistem kanallarında kullanılan bir dolu savağın boyuna kesit ve planı	2
Şekil 2.1 Forcheimer'e göre yan savak üzerinde akım	3
Şekil 2.2 Yükselen su yüzü profili için Tchobaroglous (1981) tarafından önerilen metoda göre dolu savaklar üzerindeki akım	9
Şekil 2.3 Alçalan su yüzü profiline göre dolu savaklar üzerindeki akım	33
Şekil 2.4 Alçalan su yüzeyine sahip dolu savaklar için kullanılan dizayn grafiği	34
Şekil 3.1 Dikdörtgen çökeltme havuzları arasında debi dağılımı	41
Şekil 3.2 Hız yüksekliğinin yük kaybı yanında küçük olması halinde, ilk ve son orifis üzerindeki hidrolik yükün değişimi	44
Şekil 3.3 Yük kayıplarının hız yüksekliği yanında küçük olması halinde ilk ve son orifis üzerindeki hidrolik yükün değişimi	44
Şekil 5.1 Dikdörtgen kesitli, dikdörtgen yan savaklı dağıtım kanalı	52
Şekil 5.2 Savak uzunluğunun birbirine eşit parçalara ayrılması	65
Şekil 5.3 Ek A'da verilen programın akış şeması	67
Şekil 5.4 Ek B'de verilen programın akış şeması	69
Şekil 5.5 Ek C'de verilen programın akış şeması	70
Şekil 5.6 Ek D'de verilen programın akış şeması	72
Şekil 5.7 Ek E'de verilen programın akış şeması	74
Şekil 5.8 Deney düzeninin plan ve kesitleri (Hager, 1982)	76
Şekil 5.9 Deneylerde kullanılan debi dağıtım kanalının planı (Hager,1982)	77
Şekil 5.10 Deney sonuçları, Ek D'de verilen bilgisayar programı ve Chao - Trussell tarafından önerilen yolla elde edilen su yüzü profilleri	84

## TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1	Ek A' da verilen program yardımıyla hesaplanan $\Sigma\Delta L / b = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}\right)$ fonksiyonu	20
Tablo 2.2	Ek A' da verilen program yardımıyla hesaplanan $\Sigma\Delta L / b = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}\right)$ fonksiyonu	27
Tablo 2.3	Gerekli savak uzunluğunu veren, Acker'in (2.27) bağıntısı ile ifade ettiği dizayn denklemleri	33
Tablo 5.1	Çeşitli metodların verdikleri sonuçların birbiriyle karşılaştırılması	50
Tablo 5.2	Ek C' de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right)$ fonksiyonları	54
Tablo 5.3	Savakların menba kesitlerindeki su yükseklikleri ve debiler	58
Tablo 5.4	Ek B' de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$ fonksiyonları	61
Tablo 5.5	Ek D' de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right)$ fonksiyonları	79
Tablo 5.6	Deney sonuçları ve Ek D' de verilen programın çalıştırılması sonucu elde edilen nümerik sonuçların karşılaştırılması	82
Tablo 5.7	Ek D' de verilen program ile Chao-Trussell tarafından önerilen programdan elde edilen sonuçların karşılaştırılması	83

Tablo 5.8	Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ fonksiyonları	83
Tablo 5.9	Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ fonksiyonları	85
Tablo 5.10	Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ fonksiyonları	86
Tablo 5.11	Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ fonksiyonları	86
Tablo 5.12	Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan $Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ ve $h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giris}, b\right)$ fonksiyonları	87

## ÖZET

Çevre Mühendisliğinde debi dağıtım problemi ile, ayrı sistemde arıtma tesisi giriş yapılarının hesabında, birleşik sistemde ise dolu savakların boyutlandırılmasında karşılaşılr. Bu çalışmada arıtma tesislerinde kullanılan debi dağıtım kanallarının boyutlandırılması için bir iterasyon yöntemi geliştirilmiş ve nümerik uygulamaları verilmiştir.

Beş bölüm olarak sunulan bu çalışmanın birinci bölümünde, birleşik sistem kanallarında dolu savaklarla akım ve kirlenme kontrolü hakkında kısa bir bilgi yer almaktadır.

İkinci bölümde, dolu savakların hesabı için literatürde mevcut yöntemler ayrıntılı olarak ele alınmış ve geliştirilen bir nümerik yaklaşımın bunlar arasındaki yeri belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde, debi dağıtım kanallarının hesabı için geliştirilen analitik yöntemler ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde, arıtma tesislerinde debi dağıtım kanallarının bilgisayarla hesabı için literatürde mevcut hesap metodları açıklanmıştır.

Beşinci bölüm, bu çalışmanın esasını teşkil eden nümerik yöntemin ve geliştirilen bilgisayar programlarının açıklanmasına ayrılmıştır. Bu bölümde savaklı giriş yapılarında debi dağıtımını için nümerik bir çözüm elde edilmiştir. Bu maksatla, ikinci bölümde ayrıntılı olarak incelenen yan savak problemi için en uygun sonuç veren nümerik bir yaklaşım kullanılmıştır. Savaklar arasındaki geçişte su yüzü profili kanal tabanına paralel kabul edilmiştir. Böylece savakları birleştirmek ve tüm savakları tek bir savak olarak idealize etmek mümkün olmuştur. Bu nümerik çözümde su yüzünün enine doğrultudaki alçalması bir katsayısı ile hesaba katılmıştır. Savak kafi derecede küçük parçalara ayrılmış ve her bir savak parçası için Froude sayısının fonksiyonu olan bir  $C_w$  debi katsayısı kullanılmıştır. Geliştirilen bilgisayar programları, deney sonuçlarına uygulanmış ve teori ile pratik arasında tam bir uyum olduğu gözlenmiştir. Daha sonra geliştirilen bilgisayar programlarının çeşitli uygulamaları verilmiş ve elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

## SUMMARY

### DESIGN OF FLOW DISTRIBUTION CHANNELS IN TREATMENT PLANTS

In water and wastewater treatment plants, as well as in various applications of environmental engineering such as storm water overflows in combined sewerage systems, open channels with side discharge weirs are often used to distribute incoming flow to parallel treatment units or diversion works. Such channels are referred to as distribution channels.

In the first chapter of this thesis flow distribution in combined sewerage system is studied with the consideration of pollution control. A combined sewer carries both wastewater and storm-water runoff. Wastewater-treatment facilities are generally sized to handle dry-weather wastewater flows, but not the high flow rates and volumes associated with storm-water runoff. Where existing combined sewers must be used to deliver to a treatment facility, it may be necessary to provide a diversion or overflow structure. Storm water may be diverted by side weirs, baffled side weirs, transverse weirs, leaping weirs and relief siphons.

Flow control in distribution channels of treatment units is normally achieved by rectangular weirs and submerged orifices. In this study, control of flow by means of side discharge weirs has been considered. A thorough investigation of various methods regarding the design of side weirs is therefore necessary. A literature survey was made for this purpose in chapter 2. Side weirs can be classified in two different groups: Side weirs with water depths increasing from upstream to downstream directions (subcritical flow) and those with decreasing water depths (supercritical flow). In distribution channels of treatment units, mostly side weirs with increasing water surface profile are encountered. Various approaches developed and proposed by De Marchi (1934); Collinge (1957); Fair, Geyer (1980); Chao and Trussell (1980); Tchobanoglous (1981); Benefield (1984); and Muslu-Tozluk (1994) were reviewed in detail. Numerical examples were solved for the sake of comparison. It was concluded that the approach developed by Muslu-Tozluk (1994) is usable for numerical application and it also agrees well with the experimental results.

Analytical approaches to flow distribution in treatment plants were studied in Chapter 3. They are approximate methods because variation in flow over side weirs is neglected, although its variation is controlled by means of a dimensionless parameter  $M$

$$M = \frac{q_1}{q_2} \quad (1)$$

in which  $q_1$  is the rate of flow for the first and  $q_n$  is the rate of flow for the last inlet structure. Design formulas were derived and an approximate hydraulic profile was also given as a result of a literature survey.

In chapter 4, computer methods have been outlined for flow distribution in rectangular prismatic channels when flow control is achieved by different means. A numerical method proposed by Chao and Trussel (1980) was explained. This is a step method wherein the flow characteristics of each weir determined by proceeding step by step from the downstream end of the distribution channel to the upstream end where the flow enters the channel. Weir coefficient  $C_w$  was estimated from Subramanya and Awasthy (1972) formula assuming an average weir head whereas it changes along the channel. This is the most important weakness of the method which was corrected by the approach of Muslu and Tozlu (1995). This point was taken into account at the present study.

Another drawback for the numerical approach of Chao and Trussell (1980) is that there are various iteration procedure inside the program due to the step by step application of hydraulic formulas. Depth of flow at the upstream end of each weir is determined at the end of an iteration procedure which results in too long computer times.

In chapter 5 a new approach was developed based upon computer programming for the flow distribution in treatment units. In the numerical method outlined in Chapter 4, hydraulic head on the weir is assumed constant whereas it increases or decreases in flow direction. There is a numerical error due to the step by step calculation because flow is a continuous phenomenon. Therefore in Chapter 5, a procedure was developed in which weirs were divided into small portions to represent flow conditions continuously. Each weir portion was considered as an individual unit having a discharge coefficient  $C_w$ . Dimensionless coordinates were used and  $C_w$  was expressed as a function of Froude number  $Fr$ .

$$C_w = (0.611) \sqrt{1 - \frac{3(Fr_1)^2}{(Fr_1)^2 + 2}} \quad (2)$$

as suggested by Subramanya and Awasthy (1972) in which  $Fr$  is a function of the diverted jet from the side weir. On the other hand, water depth decreases towards the weir crest in directions perpendicular to the channel axis. Change in water depth was expressed by a dimensionless parameter

$$\psi = \frac{h'}{h} \quad (3)$$

in which  $h'$  is depth of water at the weir plane whereas  $h$  is the water depth of water at channel axis, as shown in the following figure:

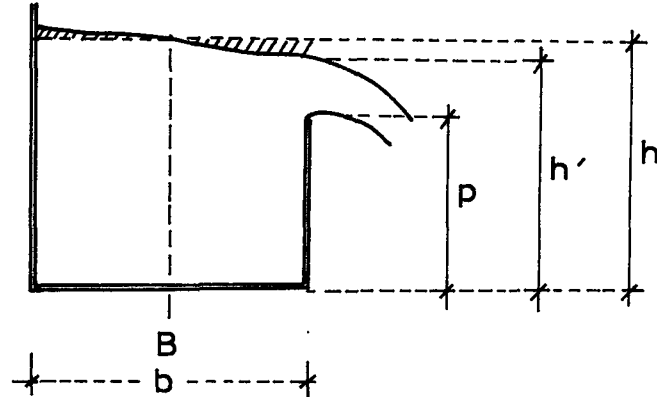


Figure 1. Lateral water surface profile in a distribution channel with side weirs

In this thesis, a function of

$$\psi = 1 - 0.036 Fr \quad (4)$$

empirically derived by Muslu (1995) was used to determine the hydraulic profile along the channel.

In the present approach inclination of the diverted flow from the weir is thus taken account by means of a Froude number whereas transversal slope is considered using a dimensionless parameter  $\psi$ . These dimensionless parameters were introduced into the energy equation. In order to generalize the results, flow depths were normalized using the following dimensionless parameters.

$$\text{Dimensionless depth} = z = \frac{h}{E} \quad (5)$$

$$\text{Dimensionless length} = x = \frac{s}{b} \quad (6)$$

Specific energy height  $E$  was assumed to be constant. A definite integral was obtained for the length of a side weir portion in which dimensionless depth of water increased from  $z_1$  to  $z_2$ .

Calculation procedure starts with the first weir portion under consideration. Here, the dimensionless flow depth  $z_1$  should be known in order to perform the program. An iteration procedure is therefore necessary. With the known value of  $z_1$ , dimensionless flow depth  $z_2$  for the first weir portion was obtained from the definite integral (Eq. 2.20) in which  $L/b$  is chosen in such a way that results

become independent of the  $L / b$  value used in the calculation. Output data obtained from the first weir portion were used as an input data to the next weir portion. This procedure is repeatedly performed for each weir portion until the value of  $z_2$  of the last weir portion is obtained. If this value corresponds to the downstream conditions at the end of the distribution channel, the value of  $z_1$  used in the first iteration is correct, i.e. there is no need to repeat the calculations. Computer programs are given in Appendixes A to E. See table below for the computer output as an example in which 6 denotes the total dimensionless weir length in the distribution channel i.e.

$$\Sigma \Delta L / b = \frac{L}{b} = \frac{(6)(1.2192)}{1.2192} = 6$$

Table 1. Computer output obtained from  $z_1 = 0.9638542$  ;  $p/E = 0.80083534$   
 $\Delta L/b = 0.04$  ;  $Q = 0.65723 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $b = 1.219200 \text{ m}$  ;  $\phi = 1 - 0.036 * Fr$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\phi$	$\Sigma \Delta L/b$	h	Q
0.9638542	0.9642421	0.2738661	0.9901408	0.0400000	0.7336909	0.6572300
0.9642421	0.9646293	0.2723380	0.9901958	0.0800000	0.7342808	0.6506683
0.9646293	0.9650158	0.2708051	0.9902510	0.1200000	0.7345751	0.6473627
0.9725642	0.9729306	0.2375277	0.9914490	0.9600000	0.7405999	0.5741140
0.9729306	0.9732958	0.2358920	0.9915079	1.0000000	0.7408778	0.5704427
0.9732958	0.9736596	0.2342517	0.9915669	1.0400000	0.7411548	0.5667548
0.9812877	0.9816147	0.1952904	0.9929695	1.9600000	0.7472102	0.4773685
0.9816147	0.9819398	0.1935442	0.9930324	2.0000000	0.7474577	0.4732861
0.9819398	0.9822629	0.1917937	0.9930954	2.0400000	0.7477036	0.4691877
0.9888150	0.9890849	0.1504096	0.9945853	2.9600000	0.7528966	0.3706163
0.9890849	0.9893522	0.1485635	0.9946517	3.0000000	0.7531001	0.3661498
0.9893522	0.9896167	0.1467136	0.9947183	3.0400000	0.7533014	0.3616689
0.9947035	0.9948989	0.1031959	0.9962849	3.9600000	0.7573223	0.2548512
0.9948989	0.9950910	0.1012643	0.9963545	4.0000000	0.7574685	0.2500545
0.9950910	0.9952798	0.0993295	0.9964241	4.0400000	0.7576122	0.2452461
0.9985413	0.9986470	0.0540532	0.9980541	4.9600000	0.7601754	0.1317449
0.9986470	0.9987489	0.0520540	0.9981261	5.0000000	0.7602529	0.1266987
0.9987489	0.9988470	0.0500525	0.9981981	5.0400000	0.7603276	0.1216446
0.9999848	0.9999940	0.0055140	0.9998015	5.9200000	0.7612007	0.0088074
0.9999940	0.9999989	0.0034729	0.9998750	5.9600000	0.7612044	0.0037066
0.9999989	1.0000000	0.0014615	0.9999474	6.0000000	0.7612052	0.0003586

To simplify the calculational procedure, water surface between side weirs were assumed to be parallel to the channel bottom, i.e., flow depth at the downstream end of a weir is equal to that at the upstream end of the next weir. Thus, it has been possible to combine all weirs as a unique (single) weir to apply the computer programs in the Appendix A to E. Hydraulic profile in the distribution channel of a treatment unit and the variation of the flow rate could thus be obtained.

In order to verify the theory, results should be compared with experiments. For this purpose experimental data published by Hager (1982) were used.

In this experiments, a plexiglas flow channel 50 m long with 8 side weirs were used. The width of the channel is 0.3 m . Hydraulic profiles and flows over each weir were measured. Rate of flow was varied. Depths of flow in longitudinal and transversal direction were determined. In this study, experimental Run No. 20 in Hager's work was evaluated for the verification of the theory. Computer programs were performed using the measured data. Theoretical surface profiles and flows over each side weir were calculated. Experimental results agree well with those obtained from the computer program developed (See Fig. 5.10). The results obtained from the computer program developed by Chao and Trussell's ( 1980 ) were also plotted in the same figure for purpose of comparison. They are erroneous due to the step by step calculations as mentioned before.

In this thesis the effect of the channel width on flow distribution was also studied. It was found that more uniform flow distribution is obtained as the channel width increases (See Tables 5.8 to 5.12 ).

## BÖLÜM 1

### BİRLEŞİK SİSTEM KANALLARINDA DOLU SAVAKLARLA AKIM VE KİRLLENME KONTROLÜ

Genellikle Çevre Mühendisliğinde debi dağıtım problemi ile, ayrı sistemde arıtma tesisi giriş yapılarının hesabında, birleşik sistemde ise dolu savakların boyutlandırılmasında karşılaşılır.

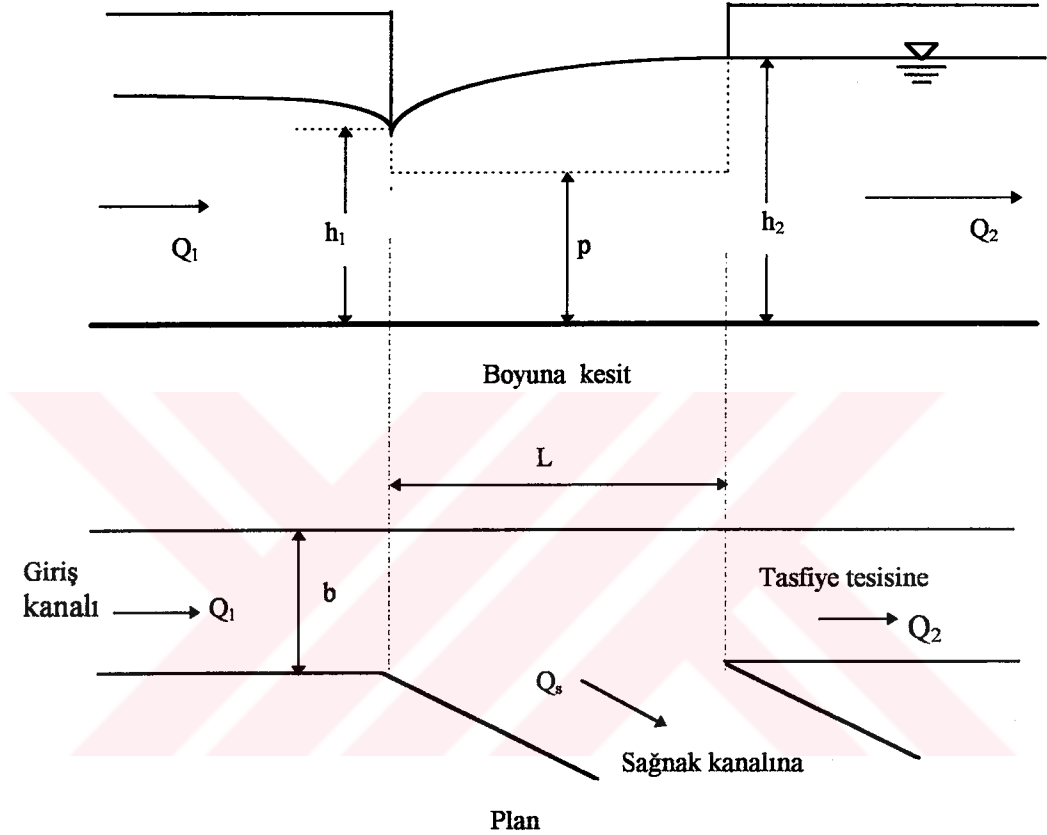
Birleşik sistem kanallarında akım kontrolü, arıtma tesislerine veya mansap kanallarına iletilen debinin sınırlandırılması ve mevcut bir kanalın kullanılması gerektiği zaman ortaya çıkar. Atıksu arıtma tesislerinin biyolojik kısmı en fazla  $2Q_{18}$  debisine göre projelendirilir.  $3Q_{18}$  debisi ise mekanik bir arıtmadan geçirilir. Böylece en fazla  $5Q_{18}$  debisinin üstünde gelen yağış suları dolu savaklarla sağnak kanalına verilecektir. Bu esnada sağnak kanalı aşırı bir su kirlenmesine sebep olmamalıdır. Bu durum alıcı suyun kendi kendini temizleme kapasitesi ile ilgilidir. Ancak pratikte belirli bir seyrelme sayısına göre kirlenme kontrolüne karar verilmektedir. İller Bankası Yönetmeliğinde de bu durum söz konusudur. Şekil 1.1'e göre  $Q_1$ - $Q_2$  sağnak kanallarından yüzeysel sulara verilen debiyi,  $h_1$  ve  $h_2$  su yüksekliklerini ifade eder.  $Q_2$  ise arıtma tesisine iletilen akımı gösterir ( $Q_2 = 5Q_{18}$ ).

Gerçekten bu yönetmelikte  $m$  seyrelme sayısını gösterdiğine göre, savaklanmanın başladığı andaki debi  $Q = (1+m)Q_a$  şeklinde ifade edilir ve bu esnada atıksular “ $m$  kat seyrelmiştir” denir.  $Q_a$  atıksu debisi, İller Bankası Yönetmeliğine göre

$$Q_a = Q_{12} = \left( \frac{24}{12} \right) \frac{(N)(\max q_g)}{86400} \quad (1.1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada  $N$  nüfus sayısını,  $\max q_g$   $l/N/G$  olarak birim

su sarfiyatını göstermektedir. İller Bankası Yönetmeliğinde  $m$ , 4 ila 9 arasında seçilecek bir sayıdır.  $m = 4$  alınırsa  $(1+m)Q_{12} = 5Q_{12}$  olur. Böylece Almanca literatürde tariflenen debi değişimi ile İller Bankası Yönetmeliği arasında bir paralellik sağlanmış olmaktadır. Dolu savak, arıtma tesisi girişinde yapılıyorsa,  $Q_{12}$  yerine,  $Q_{18}$  alınmalıdır.



Şekil 1.1 Birleşik sistem kanallarında kullanılan bir dolu savağın boyuna kesit ve planı

Savak sırtına üniform akım kabulüne ve  $(1+m)Q_a$  debisine göre bir yükseklik verilir. Savaklanma sırasında tasfiye tesisine giden debi  $Q_2 > (1+m)Q_a$  olur. Çünkü savağın hidrolik yükü  $(h_2 - p) > 0$  olmalıdır. Burada  $h_2$  üniform akım kabulüne göre Manning formülü gibi bir formülden bulunan su yüksekliğini,  $p$  ise savak sırtı yüksekliğini göstermektedir. Yani arıtma tesisine giden kanalda akım üniformdur. Savak başlangıcında  $Q_1$  debisinde su yüksekliği  $h_1$  ile gösterilmiştir. Savak üzerindeki akım nehir rejiminde, Şekil 1.1' de görüldüğü üzere  $h_1$ 'den  $h_2$ 'ye kadar artar. Sel rejiminde ise savak boyunca su yüksekliği azalır. Bu husus Bölüm 2'de çeşitli hesap metodları ile birlikte açıklanacaktır.

## BÖLÜM 2

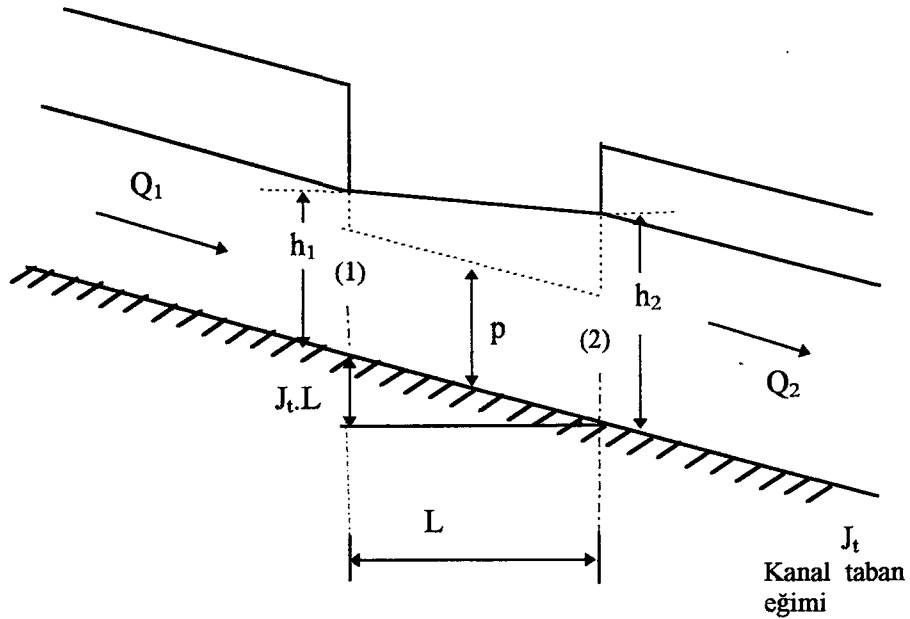
### DOLU SAVAKLARIN HESABI İÇİN ÇEŞİTLİ METODLAR

#### 2.1 Yükselen Su Yüzü Profiline Göre Dolu Savakların Hesabı

Bu halde akım nehir rejiminde olup  $h / E > 2 / 3$  'dür. Bu sebeple pratikte savak kret yüksekliği  $P / E \geq 0.7$  alınır (Tchobanoglous, 1981).

##### 2.1.1 Forcheimer Metodu

Forcheimer, Manning formülünü kullanarak  $L$  savak boyundaki yük kaybını ortalama debi, ortalama ıslak kesit ve hidrolik yarıçap yardımıyla hesaplamıştır (Fair, Geyer ve Muslu, 1980).



Şekil 2.1 Forcheimer'e göre yan savak üzerinde akım

Genişliği  $b$  olan dikdörtgen bir kanal için :

$$a_s = \text{ortalama ıslak kesit} = \frac{(bh_1 + bh_2)}{2} = b \frac{(h_1 + h_2)}{2} \quad (2.1)$$

$$R_{ort} = \text{ortalama hidrolik yarıçap} = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (2.2)$$

$$R_1 = \frac{bh_1}{b + 2h_1} \quad ; \quad R_2 = \frac{bh_2}{b + 2h_2} \quad (2.3)$$

Bu ortalama hidrolik parametreler ve  $(Q_1 + Q_2) / 2$  ortalama debisi için Manning formülünden hesaplanan yük kaybı

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad (2.4)$$

$$J = \left( \frac{nV}{R^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{nQ}{a_s R^{2/3}} \right)^2 \quad (2.5)$$

$$J = \left( \frac{n(Q_1 + Q_2)}{2a_s R_{ort}^{2/3}} \right)^2 \quad (2.6)$$

$$h_k = JL = \left( \frac{n(Q_1 + Q_2)}{2a_s R_{ort}^{2/3}} \right)^2 L \quad (2.7)$$

olur. Kanal taban eğimi  $J_t$  ile gösterildiğine göre (1) ve (2) kesitleri arasında bir Bernoulli denklemi yazılırsa

$$h_1 + J_t L + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \left( \frac{n(Q_1 + Q_2)}{2a_s R_{ort}^{2/3}} \right)^2 L \quad (2.8)$$

bulunur (Şekil 2.1). Forcheimer, savağı aşan ( $Q_1-Q_2$ ) debisini de ortalama bir hidrolik yük kullanarak klasik savak formülünden hesaplamıştır. Yani ,

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = CL \left( \frac{(h_1 - p) + (h_2 - p)}{2} \right)^{3/2} = CL \left( \frac{h_1 + h_2}{2} - p \right)^{3/2} \quad (2.9)$$

veya

$$\frac{h_1 + h_2}{2} - p = \left( \frac{Q_1 - Q_2}{CL} \right)^{2/3} \quad (2.10)$$

bağıntıları elde edilir. Burada C savağın debi katsayısını göstermektedir.  $Q_1$ ,  $Q_2$ , C, n, p ve  $J_t$  verilirse, L ve  $h_1$  değerleri, aşağıdaki misalde açıklanacağı üzere (2.8) ve (2.10) denklemlerinden deneme-yanılma yoluyla hesap edilebilir.

### Misal 2.1

Bir birleşik sistem kanalı kutu şeklinde karesel bir enkesite sahip olup,  $J_t = 0.001$  taban eğimine sahiptir. Bu kanal üzerinde yapılacak bir dolu savak ile, artırılması istenen  $Q_2 = 0.120 \text{ m}^3 / \text{s}$  debisinin üstündeki seyreltilmiş sular bir sağnak kanalı ile yakındaki dereye verilecektir.  $n = 0.013$  ;  $C = 1.8$  ;  $b = 0.5 \text{ m}$  olduğuna göre  $L = 3 \text{ m}$  için maksimum  $Q_1$  debisi ne olabilir? ( $p = 0.7E$ ).

### Çözümü:

1. Önce savağın mansap tarafında Manning formülü kullanılarak üniform akım kabulüyle  $h_2$  su derinliği hesaplanır:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} A \quad (2.11)$$

Burada,

$$Q_2 = 0.12 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$n = 0.013$$

$$A = h_2(0.5)$$

$$R_2 = \frac{0.5(h_2)}{0.5 + 2h_2}$$

$$J = 0.001 \text{ m/m}$$

olarak verilmektedir.

$$0.12 = \frac{1}{0.013} \left( \frac{0.5(h_2)}{2h_2 + 0.5} \right)^{2/3} (0.001)^{1/2} 0.5(h_2)$$

$$0.099 = \left( \frac{0.5(h_2)}{2h_2 + 0.5} \right)^{2/3} h_2$$

$$h_2 = 0.355 \text{ m}$$

2. Savaşın mansap tarafındaki hız ve özgül enerji yüksekliği bulunur:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.013} \left( \frac{(0.5)(0.355)}{2(0.355) + 0.5} \right)^{2/3} (0.001)^{1/2} = 0.677 \text{ m/s}$$

$$E = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} \tag{2.12}$$

$$E = 0.355 + \frac{(0.677)^2}{2(9.81)} = 0.378 \text{ m}$$

elde edilir.

### 3. Savak yüksekliği

$$p = 0.7(E) = 0.7(0.378) = 0.265 \text{ m}$$

olarak verilmektedir.

4.  $h_1$  ,  $Q_1$  değerleri (2.8) ve (2.10) bağıntıları yardımıyla bulunur. Önce (2.8) denklemini, verilen nümerik değerlerle ifade edelim:

$$h_2 - h_1 = \frac{Q_1^2 - Q_2^2}{2ga_s^2} + J_t L - \left( \frac{n(Q_1 + Q_2)}{2a_s R_{ort}^{2/3}} \right)^2 L$$

$$a_s = \frac{0.5(h_1 + 0.355)}{2}$$

$$R_{ort} = \frac{0.5 h_1 [0.5 + 2(0.355)] + (0.5)(0.355)(0.5 + 2h_1)}{2(0.5 + 2h_1)(0.5 + 2(0.355))}$$

$$0.355 - h_1 = \frac{Q_1^2 - (0.12)^2}{2(9.18)a_s^2} + (0.001)(3) - \left( \frac{0.013(Q_1 + 0.12)}{2a_s R_{ort}^{2/3}} \right)^2 \quad (3)$$

Benzer şekilde (2.10) bağıntısı,

$$Q_1 - Q_2 = CL \left( \frac{h_1 + h_2}{2} - p \right)^{3/2}$$

$$Q_1 - 0.12 = (1.8)(3) \left( \frac{0.355 + h_2}{2} - 0.265 \right)^{3/2}$$

olur. Bu iki denklemin çözümünden :

$$h_1 = 0.3442 \text{ m} \quad ; \quad Q_1 = 0.2528 \text{ m}^3 / \text{s}$$

olarak elde edilir.

### 2.1.2 Dolu Savakların Tchobanoglous (1981) Tarafından Önerilen Metodla Hesabı

Tchobanoglous (1981), De Marchi formülünü, Collinge tarafından verilen bir K düzeltme katsayısı ile tashih ederek kullanılmasını önermekte ve deneme-yanılma metodu ile çözüme ulaşmaktadır. K düzeltme katsayısı aşağıda verilmiştir.

$$K = \frac{3.1}{2.8 - Fr_1} \quad (2.13)$$

Burada

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} \quad (2.14)$$

savağın memba ucundaki Froude sayısını göstermektedir. Gerekli savak uzunluğu

$$L = K L_t \quad (2.15)$$

şeklinde hesaplanır.  $L_t$ , De Marchi formülünden bulunan savak uzunluğunu göstermektedir.  $L_t$  uzunluğu ise

$$L_t = \frac{b}{\mu} \left( \phi \left( \frac{h_2}{E} \right) - \phi \left( \frac{h_1}{E} \right) \right) \quad (2.16)$$

$$\phi = \left( \frac{2E - 3p}{E - p} \sqrt{\frac{E - h}{h - p}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E - h}{E - p}} \right) \quad (2.17a)$$

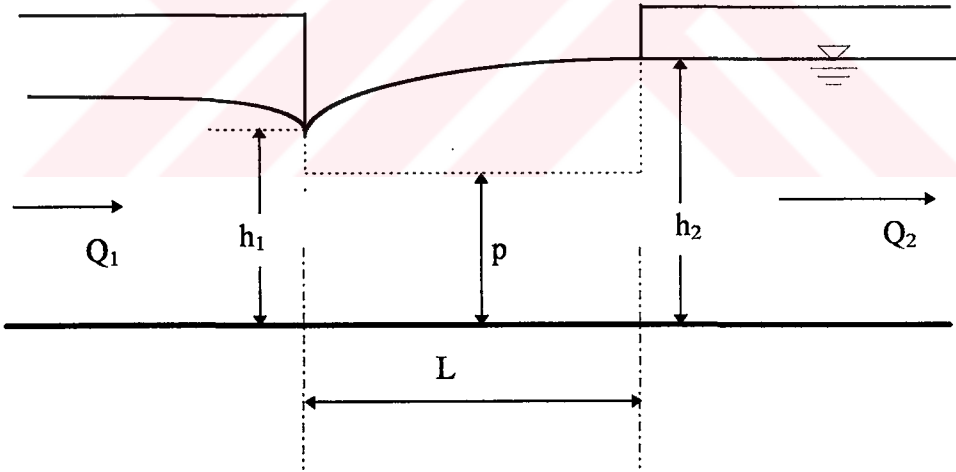
olarak verilmektedir. (2.17a) bağıntısı E özgül enerji yüksekliği ile bölünerek boyutsuz hale getirilmiş ve

$$\phi = \left( \frac{2 - (3) \left( \frac{p}{E} \right)}{1 - \frac{p}{E}} \sqrt{\frac{1 - \frac{h}{E}}{\frac{h}{E} - \frac{p}{E}}} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{1 - \frac{h}{E}}{1 - \frac{p}{E}}} \right) \quad (2.17b)$$

bağıntısı elde edilmiştir. Bu bağıntılarda  $h_1$  ve  $h_2$  su derinliklerini,  $p$  savak sırtının kanal tabanından yüksekliğini,  $E$  özgül enerji yüksekliğini,  $Q_1$  başlangıçta kanala giren debiyi,  $Q_2$  ise  $(Q_1 - Q_2)$  kadar debi savaklandıktan sonra kanalda kalan debiyi göstermektedir (Şekil 2.2'ye bkz). Keskin kenarlı savaklar için  $C = 1.84$  olabilir. Bura göre savak sabiti,

$$\mu = \frac{C}{\sqrt{2g}} = \frac{1.84}{\sqrt{2(9.81)}} = 0.415$$

olur.



Şekil 2.2 Yükselen su yüzü profili için Tchobanoglous (1981) tarafından önerilen metoda göre dolu savaklar üzerindeki akım

### Misal 2.2

Misal 2.1' de verilen doneler için maksimum  $Q_1$  debisini bulunuz.

**Çözümü:**

1. Önce savağın mansap tarafında, Manning formülü kullanılarak, üniform akım kabülüyle  $h_2$  su derinliği hesaplanır:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} A$$

Burada,

$$Q_2 = 0.12 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$n = 0.013$$

$$A = h_2(0.5)$$

$$R_2 = \frac{(0.5)h_2}{0.5 + 2h_2}$$

$$J = 0.001 \text{ m} / \text{m}$$

olarak verilmektedir.

$$0.12 = \frac{1}{0.013} \left( \frac{0.5h_2}{2h_2 + 0.5} \right)^{2/3} (0.001)^{1/2} 0.5h_2$$

$$0,099 = \left( \frac{0.5h_2}{2h_2 + 0.5} \right)^{2/3} h_2$$

Buradan,  $h_2 = 0.355 \text{ m}$  bulunur.

2. E Özgül enerji yüksekliği bulunur:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.013} \left( \frac{0.5(0.355)}{2(0.355) + 0.5} \right)^{2/3} (0.001)^{1/2} = 0.677 \text{ m} / \text{s}$$

$$E = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} = 0.355 + \frac{(0.677)^2}{2(9.81)} = 0.378 \text{ m}$$

elde edilir.

### 3. Savak yüksekliği

$$p = 0.7(E) = 0.7(0.378) = 0.265 \text{ m}$$

olarak verilmektedir.

### 4. Akımın $h_1$ su yüksekliği bulunur:

a.  $p / E = 0.7$  için (2.17b) bağıntısını hesaplayan bilgisayar programı yardımıyla  $\phi(z_2)$  bulunur:

$$z_2 = \frac{h_2}{E} = \frac{0.355}{0.378} = 0.939$$

$$\phi(z_2) = \phi\left(\frac{h_2}{E}\right) = -1.5718$$

b.  $L_t$  savak uzunluğu için bir değer atanarak (2.16) bağıntısı yardımıyla  $\phi(z_1)$  elde edilir. Bir ilk yaklaşım olarak  $L_t = 2.7$  kabul edelim :

$$L_t = \frac{b}{\mu} \left( \phi\left(\frac{h_2}{E}\right) - \phi\left(\frac{h_1}{E}\right) \right)$$

$$2.7 = \frac{0.5}{0.415} \left( -1.5718 - \phi\left(\frac{h_1}{E}\right) \right)$$

$$\phi(z_1) = \phi\left(\frac{h_1}{E}\right) = -3.8128$$

c.  $p/E = 0.7$  için (2.17b) bağıntısını hesaplayan bilgisayar programı yardımıyla tatonman yapılarak  $z_1$  bulunur:

$$z_1 = \frac{h_1}{E} = 0.769508$$

$$h_1 = 0.769508(0.378) = 0.2909 \text{ m}$$

5.  $V_1$  hızı ve  $Q_1$  debisi bulunur:

$$V_1 = [2g(E - h_1)]^{0.5} = [2(9.81)(0.378 - 0.29087)]^{0.5} = 1.307 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = V_1 A_1 = (0.29087)(0.5)(1.307) = 0.190 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.  $K$  Düzeltme faktörü kullanılarak sonuç kontrol edilir:

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{1.307}{\sqrt{(9.81)(0.29087)}} = 0.774$$

$$K = \frac{3.1}{2.8 - Fr_1} = \frac{3.1}{2.8 - 0.774} = 1.53$$

$$L_t = \frac{3.0}{1.53} = 1.96 \neq 2.7$$

olduğundan yeni bir deneme gereklidir.  $L_t = 2.0$  kabul edelim.

7.  $L_t = 2.0$  için  $h_1$  yüksekliği bulunur.

$$2.0 \text{ m} = \frac{0.5}{0.415} \left[ -1.571805 - \phi \left( \frac{h_1}{E} \right) \right]$$

$$\phi(z_1) = \phi\left(\frac{h_1}{E}\right) = -3.2318$$

$p / E = 0,7$  için (2.17b) No'lu denklemi hesaplayan bilgisayar programı yardımıyla tatonman yapılarak  $z_1$  bulunur:

$$z_2 = \frac{h_1}{E} = 0.807599$$

$$h_1 = (0.8076)(0.378) = 0.3053 \text{ m.}$$

8.  $V_1$  hızı ve  $Q_1$  debisi bulunur:

$$V_1 = [2g(E - h_1)]^{0,5} = [2(9.81)(0.378 - 0.3053)]^{0,5} = 1.194 \text{ m / s}$$

$$Q_1 = V_1 A_1 = (0.3053)(0.5)(1.194) = 0.1823 \text{ m}^3 / \text{s}$$

9. K düzeltme faktörü kullanılarak sonuç kontrol edilir:

$$Fr_1 = \frac{1.194}{\sqrt{9.81(0.3053)}} = 0.689$$

$$K = \frac{3.1}{2.8 - 0.689} = 1.468$$

$$L_t = \frac{3.0}{1.468} = 2.04 \cong 2.0$$

Bu yaklaşıklık için 8. maddede hesaplanan  $Q_1 = 0.1823 \text{ m}^3 / \text{s}$  debisi problemin çözümünü gösterir.

### 2.1.3 Dolu Savakların Chao-Trussel (1980) ve Benefield (1984) Tarafından Önerilen Bağintıyla Hesabı

Chao ve Trussel (1980), yan savaklı debi dağıtım kanallarının hesabı ile ilgili çalışmasında dolu savakların, Subramanya ve Awasthy (1972) tarafından çıkarılan

$$C_w = (0.611) \sqrt{1 - \frac{3(Fr_1)^2}{(Fr_1)^2 + 2}} \quad (2.18)$$

debi katsayısını kullanarak klasik savak formülüyle hesaplanabileceğini kabul etmektedir. Bu hesap metodu Benefield (1984)'e de alınmış olduğundan yukarıdaki başlık altında konu anlatılmıştır. Buna göre savaklanan debi.

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} LC_w \sqrt{2g} [h_1 - p]^{3/2} \quad (2.19)$$

bağıntısıyla bulunabilir. Burada  $h_1$  ve  $Fr_1$ , sırasıyla menba kesitindeki su yüksekliğini ve Froude sayısını göstermektedir.

#### Misal 2.3

Misal 2.1'de verilen doneler için maksimum  $Q_1$  debisini bulunuz.

#### Çözümü:

Misal 2.1'de savağın mansap tarafında Manning formülü kullanılarak uniform akım kabulüyle  $h_2$  su derinliği 0.355 m, E özgül enerji yüksekliği 0.378 m olarak bulunmuştu (Sayfa 6'ya bkz). E özgül enerji yüksekliği savak boyunca sabit olduğuna göre,  $Q_1$  debisini bulmak için bir ilk yaklaşım olarak  $Q_1 = 0.18 \text{ m}^3 / \text{s}$  kabul edelim.

$$E = 0.378 = h_1 + \frac{(0.18)^2}{h_1^2(0.5)} \frac{1}{2(9.81)}$$

Tatonmanla,  $h_1 = 0.3087$  m için  $E = 0.378$  m değeri elde edilir. Chao ve Trussell (1980), bu yöntemde savak boyunca su yüksekliğini  $h_{ort}$  ortalama su yüksekliği olarak kabul ettiği için savağın memba ve mansap tarafındaki su yüksekliklerinin ortalaması alınır.

$$h_{ort} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0.3087 + 0.355}{2} = 0.33185 \text{ m}$$

değeri elde edilir. Buna göre  $Q_1$  debisi,

$$V_1 = \frac{Q_1}{bh_{ort}} = \frac{0.18}{0.5(0.33185)} = 1.085 \text{ m/s}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{1.085}{\sqrt{9.81(0.33185)}} = 0.6013$$

$$C_w = (0.611) \sqrt{1 - \frac{3(0.6013)^2}{(0.6013)^2 + 2}} = 0.4493$$

$$Q_s = Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} LC_w \sqrt{2g} [h_1 - p]^{3/2}$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} (3)(0.4493) \sqrt{19.62} [0.33185 - 0.265]^{3/2} = 0.0688$$

$$Q_1 = 0.120 + 0.0688 = 0.1888 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak elde edilir. Halbuki  $Q_1 = 0.180 \text{ m}^3/\text{s}$  kabul edilmişti. Yeniden işleme devam edilir.

$Q_1 = 0.185 \text{ m}^3 / \text{s}$  olsun.  $E = 0.378 \text{ m}$  idi. Özgül enerji (E) sabit olduğuna göre bu debiye karşılık gelen  $h_1$  değeri bulunur.

$$E = 0.378 = h_1 + \frac{(0.185)^2}{h_1^2 (0.5)} \frac{1}{2(9.81)}$$

Tatonmanla,  $h_1 = 0.301 \text{ m}$  için  $E = 0.378 \text{ m}$  değeri elde edilir. Buna göre  $Q_1$  debisi

$$h_{ort} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0.301 + 0.355}{2} = 0.328 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{0.185}{0.5(0.328)} = 1.128 \text{ m/s}$$

$$Fr_1 = \frac{1.128}{\sqrt{9.81(0.328)}} = 0.6288$$

$$C_w = (0.611) \sqrt{1 - \frac{3(0.6288)^2}{(0.6288)^2 + 2}} = 0.4341$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} (3)(0.4341) \sqrt{19.62} [0.328 - 0.265]^{3/2} = 0.06081$$

$$Q_1 = 0.12 + 0.06081 = 0.18081 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$Q_1 \neq 0.185 \text{ m}^3 / \text{s}$  olduğu için işleme devam edilir.

$Q_1 = 0.1835 \text{ m}^3 / \text{s}$  olsun. Bu debiye karşılık gelen  $h_1$  değeri,

$$E = 0.378 = h_1 + \frac{(0.1835)^2}{h_1^2 (0.5)^2} \frac{1}{2(9.81)}$$

Tatonmanla,  $h_1 = 0.3035$  m için  $E = 0.378$  m olarak elde edilir.

$$h_{ort} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0.3035 + 0.355}{2} = 0.32925 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{0.1835}{0.5(0.3035)} = 1.1146 \text{ m / s}$$

$$Fr_1 = \frac{1.1146}{\sqrt{9.81(0.32925)}} = 0.6202$$

$$C_w = (0.611) \sqrt{1 - \frac{3(0.6202)}{(0.6202)^2 + 2}} = 0.4389$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3}(3)(0.4389) \sqrt{19.62} [0.32925 - 0.265]^{1.5}$$

$$Q_1 - Q_2 = 0.0634 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_1 = 0.12 + 0.0634 = 0.1834 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_1 \cong Q_2 = 0.1835 \cong 0.1834$$

olduğu için işleme son verilir.

#### 2.1.4 Nümerik İntegrasyon Metodları

Sonsuz sayıda, ds genişlikli dilimlere ayırmak suretiyle yan savak problemi nümerik olarak da çözülebilir. Muslu ve Tozlu (1994), diktörtgen enkesitli bir kanal üzerindeki dolu savakta boyutsuz parametreler kullanarak, su yüksekliğinin  $h_1$ 'den  $h_2$ 'ye ulaştığı savak uzunluğunu, aşağıdaki belirli integralle hesaplamışlardır.

$$\frac{L}{b} = -\frac{3}{2.444} \int_{z_1}^{z_2} \frac{2-3z}{\sqrt{(1-z)(3\psi z-2)\left(\psi z-\frac{P}{E}\right)^3}} dz \quad (2.20)$$

Burada  $\psi$  su yüzünün enine doğrultudaki eğimi ile ilgili bir integrasyon parametresidir.  $z$ , boyutsuz su yüksekliğini ifade eder ve

$$z = \frac{h}{E} \quad (2.21)$$

şeklinde tarif edilmiştir.  $\psi$  parametresinin, Froude sayısının fonksiyonu olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilebileceği gösterilmiştir (Muslu, 1995).

$$\psi = 1 - 0.036Fr \quad (2.22)$$

Bu çalışmada debi dağıtım kanalları hesaplanırken yan savak akımı, (2.22) bağıntısını (2.20) bağıntısında yerine koymak suretiyle bulunacaktır. (2.20) bağıntısının nümerik integrasyonu için Tozluk (1994)'de geliştirilen bilgisayar programından faydalanılacaktır (Program listesi için Ek A'ya bakınız).

#### Misal 2.4

Misal 2.1' de verilen doneler için maksimum  $Q_1$  debisini Ek A' daki program yardımıyla bulunuz.

#### Çözümü:

Daha önce Misal 2.1'de (sayfa 5'e bkz.) üniform akım kabulüne göre  $h_2 = 0.355\text{m}$ ,  $E = 0.378\text{ m}$  bulunmuş olduğundan

$$z_2 = \frac{0.355}{0.378} = 0.939153$$

elde edilir. Savak başlangıcında  $z_1$  bilinmediğinden problem, Ek A'da verilen program yardımıyla ancak deneme - yanılma metodu ile çözülebilir. Son iterasyonda  $z_1 = 0.8162442$  değeri için yukarıda verilen  $z_2$  değeri elde edilmiştir. Programın çalıştırılabilmesi için  $\Delta L/b$  değerinin seçilmesi gerekir. Bu nedenle

$$\Delta L/b = \frac{L/n_p}{b} = \frac{(3.0)/n_p}{0.5} \quad (2.23)$$

bağıntısından yararlanılarak  $n_p = 150$  ve  $n_p = 300$  olmak üzere sırasıyla  $\Delta L/b = 0.04$  ve  $\Delta L/b = 0.02$  için iki çıkış alınmıştır. Burada  $n_p$  dilim sayısını göstermektedir. Bu misalde savak uzunluğu birbirine eşit 150 ve 300 parçaya ayrılmıştır. Her iki çıkış için sonuçlar değerlendirildiğinde  $z_1$  değerinin önemli şekilde değişmediği görülmüştür. Sonuçlar Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de gösterilmiş olup,  $\Delta L/b = 0.02$  için  $z_1 = 0.816227$  ve  $\Delta L/b = 0.04$  için  $z_1 = 0.8162442$  olarak bulunmuştur.

O halde  $\Delta L/b \leq 0.02$  için sonuçlar seçilen aralıktan bağımsız olacaktır. Buna göre

$$h_1 = z_1 E = 0.816227(0.378) = 0.308533 \text{ m}$$

bulunur. Savak başlangıcındaki  $Q_1$  debisi

$$E = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_1 + \frac{Q_1^2}{2(9.81)b^2 h_1^2} \quad (2.24)$$

bağıntısı yardımıyla

$$0.378 = 0.308533 + \frac{Q_1^2}{2(9.81)(0.5)^2 (0.308533)^2}$$

$$Q_1 = 0.1801 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak elde edilir.

Tablo 2.1 Ek A'da verilen program yardımıyla hesaplanan  
 $\Sigma\Delta L / b = F ( z_1, \Delta L / b, p / E )$  fonksiyonu

$$z_1 = 0.816227 ; \quad p/E = 0.70105820 ; \quad \Delta L/b = 0.02 ; \quad \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8162270	0.8165139	0.6710430	0.9758425	0.0200000
0.8165139	0.8168017	0.6704012	0.9758656	0.0400000
0.8168017	0.8170905	0.6697571	0.9758887	0.0600000
0.8170905	0.8173801	0.6691109	0.9759120	0.0800000
0.8173801	0.8176706	0.6684625	0.9759353	0.1000000
0.8176706	0.8179620	0.6678119	0.9759588	0.1200000
0.8179620	0.8182544	0.6671591	0.9759823	0.1400000
0.8182544	0.8185477	0.6665040	0.9760059	0.1600000
0.8185477	0.8188418	0.6658468	0.9760295	0.1800000
0.8188418	0.8191369	0.6651873	0.9760533	0.2000000
0.8191369	0.8194329	0.6645256	0.9760771	0.2200000
0.8194329	0.8197298	0.6638617	0.9761010	0.2400000
0.8197298	0.8200277	0.6631955	0.9761250	0.2600000
0.8200277	0.8203264	0.6625271	0.9761490	0.2800000
0.8203264	0.8206261	0.6618564	0.9761732	0.3000000
0.8206261	0.8209267	0.6611835	0.9761974	0.3200000
0.8209267	0.8212282	0.6605083	0.9762217	0.3400000
0.8212282	0.8215306	0.6598308	0.9762461	0.3600000
0.8215306	0.8218340	0.6591511	0.9762706	0.3800000
0.8218340	0.8221383	0.6584691	0.9762951	0.4000000
0.8221383	0.8224435	0.6577848	0.9763197	0.4200000
0.8224435	0.8227496	0.6570982	0.9763445	0.4400000
0.8227496	0.8230567	0.6564093	0.9763693	0.4600000
0.8230567	0.8233647	0.6557181	0.9763941	0.4800000
0.8233647	0.8236737	0.6550246	0.9764191	0.5000000
0.8236737	0.8239835	0.6543288	0.9764442	0.5200000
0.8239835	0.8242943	0.6536306	0.9764693	0.5400000
0.8242943	0.8246061	0.6529302	0.9764945	0.5600000
0.8246061	0.8249187	0.6522274	0.9765198	0.5800000
0.8249187	0.8252324	0.6515222	0.9765452	0.6000000
0.8252324	0.8255469	0.6508147	0.9765707	0.6200000
0.8255469	0.8258624	0.6501049	0.9765962	0.6400000
0.8258624	0.8261788	0.6493927	0.9766219	0.6600000
0.8261788	0.8264962	0.6486782	0.9766476	0.6800000
0.8264962	0.8268145	0.6479613	0.9766734	0.7000000
0.8268145	0.8271338	0.6472420	0.9766993	0.7200000
0.8271338	0.8274540	0.6465203	0.9767253	0.7400000
0.8274540	0.8277751	0.6457963	0.9767513	0.7600000
0.8277751	0.8280972	0.6450698	0.9767775	0.7800000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8280972	0.8284203	0.6443410	0.9768037	0.8000000
0.8284203	0.8287442	0.6436098	0.9768300	0.8200000
0.8287442	0.8290692	0.6428762	0.9768565	0.8400000
0.8290692	0.8293951	0.6421401	0.9768830	0.8600000
0.8293951	0.8297219	0.6414017	0.9769095	0.8800000
0.8297219	0.8300497	0.6406608	0.9769362	0.9000000
0.8300497	0.8303784	0.6399175	0.9769630	0.9200000
0.8303784	0.8307081	0.6391717	0.9769898	0.9400000
0.8307081	0.8310387	0.6384235	0.9770168	0.9600000
0.8310387	0.8313703	0.6376729	0.9770438	0.9800000
0.8313703	0.8317028	0.6369198	0.9770709	1.0000000
0.8317028	0.8320363	0.6361643	0.9770981	1.0200000
0.8320363	0.8323708	0.6354063	0.9771254	1.0400000
0.8323708	0.8327062	0.6346459	0.9771527	1.0600000
0.8327062	0.8330425	0.6338829	0.9771802	1.0800000
0.8330425	0.8333798	0.6331175	0.9772078	1.1000000
0.8333798	0.8337181	0.6323496	0.9772354	1.1200000
0.8337181	0.8340573	0.6315793	0.9772631	1.1400000
0.8340573	0.8343975	0.6308064	0.9772910	1.1600000
0.8343975	0.8347386	0.6300310	0.9773189	1.1800000
0.8347386	0.8350807	0.6292531	0.9773469	1.2000000
0.8350807	0.8354238	0.6284728	0.9773750	1.2200000
0.8354238	0.8357678	0.6276899	0.9774032	1.2400000
0.8357678	0.8361128	0.6269044	0.9774314	1.2600000
0.8361128	0.8364587	0.6261165	0.9774598	1.2800000
0.8364587	0.8368056	0.6253260	0.9774883	1.3000000
0.8368056	0.8371534	0.6245330	0.9775168	1.3200000
0.8371534	0.8375022	0.6237375	0.9775455	1.3400000
0.8375022	0.8378519	0.6229394	0.9775742	1.3600000
0.8378519	0.8382026	0.6221387	0.9776030	1.3800000
0.8382026	0.8385543	0.6213355	0.9776319	1.4000000
0.8385543	0.8389069	0.6205298	0.9776609	1.4200000
0.8389069	0.8392605	0.6197214	0.9776900	1.4400000
0.8392605	0.8396151	0.6189105	0.9777192	1.4600000
0.8396151	0.8399706	0.6180970	0.9777485	1.4800000
0.8399706	0.8403270	0.6172810	0.9777779	1.5000000
0.8403270	0.8406844	0.6164623	0.9778074	1.5200000
0.8406844	0.8410428	0.6156411	0.9778369	1.5400000
0.8410428	0.8414021	0.6148172	0.9778666	1.5600000
0.8414021	0.8417624	0.6139908	0.9778963	1.5800000
0.8417624	0.8421237	0.6131617	0.9779262	1.6000000
0.8421237	0.8424859	0.6123301	0.9779561	1.6200000
0.8424859	0.8428490	0.6114958	0.9779862	1.6400000
0.8428490	0.8432131	0.6106589	0.9780163	1.6600000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8432131	0.8435782	0.6098194	0.9780465	1.6800000
0.8435782	0.8439442	0.6089772	0.9780768	1.7000000
0.8439442	0.8443111	0.6081324	0.9781072	1.7200000
0.8443111	0.8446791	0.6072849	0.9781377	1.7400000
0.8446791	0.8450479	0.6064348	0.9781683	1.7600000
0.8450479	0.8454177	0.6055821	0.9781990	1.7800000
0.8454177	0.8457885	0.6047267	0.9782298	1.8000000
0.8457885	0.8461602	0.6038686	0.9782607	1.8200000
0.8461602	0.8465329	0.6030079	0.9782917	1.8400000
0.8465329	0.8469065	0.6021445	0.9783228	1.8600000
0.8469065	0.8472811	0.6012784	0.9783540	1.8800000
0.8472811	0.8476566	0.6004097	0.9783853	1.9000000
0.8476566	0.8480330	0.5995382	0.9784166	1.9200000
0.8480330	0.8484104	0.5986641	0.9784481	1.9400000
0.8484104	0.8487888	0.5977873	0.9784797	1.9600000
0.8487888	0.8491680	0.5969078	0.9785113	1.9800000
0.8491680	0.8495483	0.5960255	0.9785431	2.0000000
0.8495483	0.8499294	0.5951406	0.9785749	2.0200000
0.8499294	0.8503115	0.5942530	0.9786069	2.0400000
0.8503115	0.8506945	0.5933626	0.9786389	2.0600000
0.8506945	0.8510785	0.5924695	0.9786711	2.0800000
0.8510785	0.8514634	0.5915737	0.9787033	2.1000000
0.8514634	0.8518493	0.5906752	0.9787357	2.1200000
0.8518493	0.8522360	0.5897739	0.9787681	2.1400000
0.8522360	0.8526237	0.5888699	0.9788007	2.1600000
0.8526237	0.8530124	0.5879631	0.9788333	2.1800000
0.8530124	0.8534019	0.5870536	0.9788661	2.2000000
0.8534019	0.8537924	0.5861413	0.9788989	2.2200000
0.8537924	0.8541838	0.5852263	0.9789319	2.2400000
0.8541838	0.8545761	0.5843086	0.9789649	2.2600000
0.8545761	0.8549694	0.5833880	0.9789980	2.2800000
0.8549694	0.8553635	0.5824647	0.9790313	2.3000000
0.8553635	0.8557586	0.5815386	0.9790646	2.3200000
0.8557586	0.8561546	0.5806098	0.9790980	2.3400000
0.8561546	0.8565515	0.5796781	0.9791316	2.3600000
0.8565515	0.8569493	0.5787437	0.9791652	2.3800000
0.8569493	0.8573480	0.5778065	0.9791990	2.4000000
0.8573480	0.8577477	0.5768665	0.9792328	2.4200000
0.8577477	0.8581482	0.5759237	0.9792667	2.4400000
0.8581482	0.8585496	0.5749781	0.9793008	2.4600000
0.8585496	0.8589520	0.5740297	0.9793349	2.4800000
0.8589520	0.8593552	0.5730784	0.9793692	2.5000000
0.8593552	0.8597593	0.5721244	0.9794035	2.5200000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8597593	0.8601644	0.5711676	0.9794380	2.5400000
0.8601644	0.8605703	0.5702079	0.9794725	2.5600000
0.8605703	0.8609771	0.5692454	0.9795072	2.5800000
0.8609771	0.8613848	0.5682801	0.9795419	2.6000000
0.8613848	0.8617933	0.5673119	0.9795768	2.6200000
0.8617933	0.8622028	0.5663409	0.9796117	2.6400000
0.8622028	0.8626131	0.5653671	0.9796468	2.6600000
0.8626131	0.8630243	0.5643904	0.9796819	2.6800000
0.8630243	0.8634364	0.5634109	0.9797172	2.7000000
0.8634364	0.8638493	0.5624286	0.9797526	2.7200000
0.8638493	0.8642631	0.5614433	0.9797880	2.7400000
0.8642631	0.8646778	0.5604553	0.9798236	2.7600000
0.8646778	0.8650933	0.5594643	0.9798593	2.7800000
0.8650933	0.8655097	0.5584705	0.9798951	2.8000000
0.8655097	0.8659269	0.5574739	0.9799309	2.8200000
0.8659269	0.8663450	0.5564744	0.9799669	2.8400000
0.8663450	0.8667640	0.5554720	0.9800030	2.8600000
0.8667640	0.8671837	0.5544667	0.9800392	2.8800000
0.8671837	0.8676044	0.5534585	0.9800755	2.9000000
0.8676044	0.8680258	0.5524475	0.9801119	2.9200000
0.8680258	0.8684481	0.5514335	0.9801484	2.9400000
0.8684481	0.8688712	0.5504167	0.9801850	2.9600000
0.8688712	0.8692952	0.5493970	0.9802217	2.9800000
0.8692952	0.8697199	0.5483744	0.9802585	3.0000000
0.8697199	0.8701455	0.5473489	0.9802954	3.0200000
0.8701455	0.8705719	0.5463205	0.9803325	3.0400000
0.8705719	0.8709991	0.5452892	0.9803696	3.0600000
0.8709991	0.8714272	0.5442550	0.9804068	3.0800000
0.8714272	0.8718560	0.5432179	0.9804442	3.1000000
0.8718560	0.8722856	0.5421779	0.9804816	3.1200000
0.8722856	0.8727160	0.5411349	0.9805191	3.1400000
0.8727160	0.8731472	0.5400891	0.9805568	3.1600000
0.8731472	0.8735792	0.5390403	0.9805946	3.1800000
0.8735792	0.8740120	0.5379886	0.9806324	3.2000000
0.8740120	0.8744456	0.5369339	0.9806704	3.2200000
0.8744456	0.8748799	0.5358764	0.9807085	3.2400000
0.8748799	0.8753150	0.5348159	0.9807466	3.2600000
0.8753150	0.8757509	0.5337525	0.9807849	3.2800000
0.8757509	0.8761875	0.5326861	0.9808233	3.3000000
0.8761875	0.8766249	0.5316168	0.9808618	3.3200000
0.8766249	0.8770630	0.5305446	0.9809004	3.3400000
0.8770630	0.8775019	0.5294694	0.9809391	3.3600000
0.8775019	0.8779415	0.5283913	0.9809779	3.3800000
0.8779415	0.8783819	0.5273102	0.9810168	3.4000000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8783819	0.8788230	0.5262262	0.9810559	3.4200000
0.8788230	0.8792648	0.5251392	0.9810950	3.4400000
0.8792648	0.8797073	0.5240493	0.9811342	3.4600000
0.8797073	0.8801506	0.5229564	0.9811736	3.4800000
0.8801506	0.8805945	0.5218606	0.9812130	3.5000000
0.8805945	0.8810392	0.5207618	0.9812526	3.5200000
0.8810392	0.8814846	0.5196601	0.9812922	3.5400000
0.8814846	0.8819306	0.5185554	0.9813320	3.5600000
0.8819306	0.8823774	0.5174477	0.9813719	3.5800000
0.8823774	0.8828248	0.5163370	0.9814119	3.6000000
0.8828248	0.8832729	0.5152234	0.9814520	3.6200000
0.8832729	0.8837217	0.5141068	0.9814922	3.6400000
0.8837217	0.8841711	0.5129873	0.9815325	3.6600000
0.8841711	0.8846213	0.5118647	0.9815729	3.6800000
0.8846213	0.8850720	0.5107392	0.9816134	3.7000000
0.8850720	0.8855234	0.5096108	0.9816540	3.7200000
0.8855234	0.8859755	0.5084793	0.9816947	3.7400000
0.8859755	0.8864282	0.5073449	0.9817356	3.7600000
0.8864282	0.8868815	0.5062075	0.9817765	3.7800000
0.8868815	0.8873354	0.5050671	0.9818176	3.8000000
0.8873354	0.8877900	0.5039237	0.9818587	3.8200000
0.8877900	0.8882452	0.5027773	0.9819000	3.8400000
0.8882452	0.8887009	0.5016280	0.9819414	3.8600000
0.8887009	0.8891573	0.5004756	0.9819829	3.8800000
0.8891573	0.8896143	0.4993203	0.9820245	3.9000000
0.8896143	0.8900718	0.4981620	0.9820662	3.9200000
0.8900718	0.8905299	0.4970007	0.9821080	3.9400000
0.8905299	0.8909886	0.4958364	0.9821499	3.9600000
0.8909886	0.8914479	0.4946691	0.9821919	3.9800000
0.8914479	0.8919077	0.4934988	0.9822340	4.0000000
0.8919077	0.8923681	0.4923256	0.9822763	4.0200000
0.8923681	0.8928290	0.4911493	0.9823186	4.0400000
0.8928290	0.8932904	0.4899700	0.9823611	4.0600000
0.8932904	0.8937524	0.4887878	0.9824036	4.0800000
0.8937524	0.8942149	0.4876025	0.9824463	4.1000000
0.8942149	0.8946779	0.4864143	0.9824891	4.1200000
0.8946779	0.8951414	0.4852230	0.9825320	4.1400000
0.8951414	0.8956054	0.4840288	0.9825750	4.1600000
0.8956054	0.8960699	0.4828316	0.9826181	4.1800000
0.8960699	0.8965349	0.4816313	0.9826613	4.2000000
0.8965349	0.8970003	0.4804281	0.9827046	4.2200000
0.8970003	0.8974662	0.4792219	0.9827480	4.2400000
0.8974662	0.8979326	0.4780126	0.9827915	4.2600000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8979326	0.8983994	0.4768004	0.9828352	4.2800000
0.8983994	0.8988667	0.4755852	0.9828789	4.3000000
0.8988667	0.8993344	0.4743669	0.9829228	4.3200000
0.8993344	0.8998025	0.4731457	0.9829668	4.3400000
0.8998025	0.9002711	0.4719215	0.9830108	4.3600000
0.9002711	0.9007400	0.4706942	0.9830550	4.3800000
0.9007400	0.9012094	0.4694640	0.9830993	4.4000000
0.9012094	0.9016791	0.4682308	0.9831437	4.4200000
0.9016791	0.9021493	0.4669946	0.9831882	4.4400000
0.9021493	0.9026198	0.4657553	0.9832328	4.4600000
0.9026198	0.9030906	0.4645131	0.9832775	4.4800000
0.9030906	0.9035619	0.4632679	0.9833224	4.5000000
0.9035619	0.9040334	0.4620197	0.9833673	4.5200000
0.9040334	0.9045053	0.4607684	0.9834123	4.5400000
0.9045053	0.9049776	0.4595142	0.9834575	4.5600000
0.9049776	0.9054501	0.4582570	0.9835027	4.5800000
0.9054501	0.9059230	0.4569968	0.9835481	4.6000000
0.9059230	0.9063962	0.4557336	0.9835936	4.6200000
0.9063962	0.9068696	0.4544674	0.9836392	4.6400000
0.9068696	0.9073434	0.4531983	0.9836849	4.6600000
0.9073434	0.9078174	0.4519261	0.9837307	4.6800000
0.9078174	0.9082917	0.4506509	0.9837766	4.7000000
0.9082917	0.9087662	0.4493728	0.9838226	4.7200000
0.9087662	0.9092410	0.4480916	0.9838687	4.7400000
0.9092410	0.9097160	0.4468075	0.9839149	4.7600000
0.9097160	0.9101912	0.4455204	0.9839613	4.7800000
0.9101912	0.9106666	0.4442303	0.9840077	4.8000000
0.9106666	0.9111423	0.4429372	0.9840543	4.8200000
0.9111423	0.9116181	0.4416411	0.9841009	4.8400000
0.9116181	0.9120941	0.4403421	0.9841477	4.8600000
0.9120941	0.9125703	0.4390400	0.9841946	4.8800000
0.9125703	0.9130467	0.4377350	0.9842415	4.9000000
0.9130467	0.9135232	0.4364270	0.9842886	4.9200000
0.9135232	0.9139998	0.4351161	0.9843358	4.9400000
0.9139998	0.9144766	0.4338021	0.9843831	4.9600000
0.9144766	0.9149535	0.4324852	0.9844305	4.9800000
0.9149535	0.9154305	0.4311653	0.9844780	5.0000000
0.9154305	0.9159075	0.4298425	0.9845257	5.0200000
0.9159075	0.9163847	0.4285167	0.9845734	5.0400000
0.9163847	0.9168620	0.4271879	0.9846212	5.0600000
0.9168620	0.9173393	0.4258561	0.9846692	5.0800000
0.9173393	0.9178166	0.4245214	0.9847172	5.1000000
0.9178166	0.9182940	0.4231838	0.9847654	5.1200000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.9182940	0.9187715	0.4218431	0.9848136	5.1400000
0.9187715	0.9192489	0.4204995	0.9848620	5.1600000
0.9192489	0.9197264	0.4191530	0.9849105	5.1800000
0.9197264	0.9202038	0.4178035	0.9849591	5.2000000
0.9202038	0.9206813	0.4164511	0.9850078	5.2200000
0.9206813	0.9211587	0.4150957	0.9850566	5.2400000
0.9211587	0.9216360	0.4137374	0.9851055	5.2600000
0.9216360	0.9221133	0.4123761	0.9851545	5.2800000
0.9221133	0.9225906	0.4110120	0.9852036	5.3000000
0.9225906	0.9230677	0.4096448	0.9852528	5.3200000
0.9230677	0.9235448	0.4082747	0.9853021	5.3400000
0.9235448	0.9240218	0.4069018	0.9853515	5.3600000
0.9240218	0.9244986	0.4055258	0.9854011	5.3800000
0.9244986	0.9249753	0.4041470	0.9854507	5.4000000
0.9249753	0.9254519	0.4027652	0.9855005	5.4200000
0.9254519	0.9259284	0.4013805	0.9855503	5.4400000
0.9259284	0.9264046	0.3999929	0.9856003	5.4600000
0.9264046	0.9268807	0.3986024	0.9856503	5.4800000
0.9268807	0.9273566	0.3972090	0.9857005	5.5000000
0.9273566	0.9278323	0.3958126	0.9857507	5.5200000
0.9278323	0.9283078	0.3944134	0.9858011	5.5400000
0.9283078	0.9287830	0.3930112	0.9858516	5.5600000
0.9287830	0.9292581	0.3916062	0.9859022	5.5800000
0.9292581	0.9297328	0.3901983	0.9859529	5.6000000
0.9297328	0.9302073	0.3887874	0.9860037	5.6200000
0.9302073	0.9306815	0.3873737	0.9860545	5.6400000
0.9306815	0.9311554	0.3859571	0.9861055	5.6600000
0.9311554	0.9316290	0.3845377	0.9861566	5.6800000
0.9316290	0.9321022	0.3831153	0.9862078	5.7000000
0.9321022	0.9325752	0.3816901	0.9862592	5.7200000
0.9325752	0.9330478	0.3802620	0.9863106	5.7400000
0.9330478	0.9335200	0.3788311	0.9863621	5.7600000
0.9335200	0.9339918	0.3773973	0.9864137	5.7800000
0.9339918	0.9344633	0.3759606	0.9864654	5.8000000
0.9344633	0.9349343	0.3745211	0.9865172	5.8200000
0.9349343	0.9354049	0.3730787	0.9865692	5.8400000
0.9354049	0.9358751	0.3716335	0.9866212	5.8600000
0.9358751	0.9363449	0.3701854	0.9866733	5.8800000
0.9363449	0.9368141	0.3687345	0.9867256	5.9000000
0.9368141	0.9372829	0.3672808	0.9867779	5.9200000
0.9372829	0.9377512	0.3658243	0.9868303	5.9400000
0.9377512	0.9382190	0.3643649	0.9868829	5.9600000
0.9382190	0.9386863	0.3629027	0.9869355	5.9800000
0.9386863	0.9391531	0.3614377	0.9869882	6.0000000

Tablo 2.2 Ek A'da verilen program yardımıyla hesaplanan  
 $\Sigma\Delta L / b = F ( z_1, \Delta L / b, p / E )$  fonksiyonu

$$z_1 = 0.8162442 \quad ; \quad p/E = 0.70105820 \quad ; \quad \Delta L/b = 0.04 \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8162442	0.8168189	0.6710046	0.9758438	0.0400000
0.8168189	0.8173973	0.6697186	0.9758901	0.0800000
0.8173973	0.8179793	0.6684240	0.9759367	0.1200000
0.8179793	0.8185649	0.6671205	0.9759837	0.1600000
0.8185649	0.8191541	0.6658082	0.9760309	0.2000000
0.8191541	0.8197470	0.6644870	0.9760785	0.2400000
0.8197470	0.8203436	0.6631569	0.9761264	0.2800000
0.8203436	0.8209439	0.6618178	0.9761746	0.3200000
0.8209439	0.8215478	0.6604697	0.9762231	0.3600000
0.8215478	0.8221554	0.6591125	0.9762720	0.4000000
0.8221554	0.8227668	0.6577462	0.9763211	0.4400000
0.8227668	0.8233819	0.6563707	0.9763707	0.4800000
0.8233819	0.8240007	0.6549860	0.9764205	0.5200000
0.8240007	0.8246232	0.6535920	0.9764707	0.5600000
0.8246232	0.8252495	0.6521887	0.9765212	0.6000000
0.8252495	0.8258795	0.6507761	0.9765721	0.6400000
0.8258795	0.8265133	0.6493541	0.9766233	0.6800000
0.8265133	0.8271508	0.6479227	0.9766748	0.7200000
0.8271508	0.8277922	0.6464818	0.9767267	0.7600000
0.8277922	0.8284373	0.6450313	0.9767789	0.8000000
0.8284373	0.8290862	0.6435713	0.9768314	0.8400000
0.8290862	0.8297389	0.6421016	0.9768843	0.8800000
0.8297389	0.8303953	0.6406223	0.9769376	0.9200000
0.8303953	0.8310556	0.6391333	0.9769912	0.9600000
0.8310556	0.8317197	0.6376345	0.9770452	1.0000000
0.8317197	0.8323876	0.6361260	0.9770995	1.0400000
0.8323876	0.8330593	0.6346075	0.9771541	1.0800000
0.8330593	0.8337349	0.6330792	0.9772091	1.1200000
0.8337349	0.8344143	0.6315410	0.9772645	1.1600000
0.8344143	0.8350974	0.6299928	0.9773203	1.2000000
0.8350974	0.8357845	0.6284346	0.9773764	1.2400000
0.8357845	0.8364753	0.6268664	0.9774328	1.2800000
0.8364753	0.8371700	0.6252880	0.9774896	1.3200000
0.8371700	0.8378685	0.6236995	0.9775468	1.3600000
0.8378685	0.8385708	0.6221009	0.9776044	1.4000000
0.8385708	0.8392770	0.6204920	0.9776623	1.4400000
0.8392770	0.8399870	0.6188728	0.9777206	1.4800000
0.8399870	0.8407008	0.6172433	0.9777792	1.5200000
0.8407008	0.8414184	0.6156035	0.9778383	1.5600000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8414184	0.8421399	0.6139533	0.9778977	1.6000000
0.8421399	0.8428652	0.6122927	0.9779575	1.6400000
0.8428652	0.8435943	0.6106216	0.9780176	1.6800000
0.8435943	0.8443272	0.6089400	0.9780782	1.7200000
0.8443272	0.8450639	0.6072478	0.9781391	1.7600000
0.8450639	0.8458045	0.6055451	0.9782004	1.8000000
0.8458045	0.8465488	0.6038317	0.9782621	1.8400000
0.8465488	0.8472969	0.6021077	0.9783241	1.8800000
0.8472969	0.8480488	0.6003730	0.9783866	1.9200000
0.8480488	0.8488044	0.5986275	0.9784494	1.9600000
0.8488044	0.8495639	0.5968713	0.9785126	2.0000000
0.8495639	0.8503270	0.5951043	0.9785762	2.0400000
0.8503270	0.8510940	0.5933264	0.9786403	2.0800000
0.8510940	0.8518646	0.5915376	0.9787046	2.1200000
0.8518646	0.8526390	0.5897379	0.9787694	2.1600000
0.8526390	0.8534171	0.5879273	0.9788346	2.2000000
0.8534171	0.8541989	0.5861057	0.9789002	2.2400000
0.8541989	0.8549844	0.5842730	0.9789662	2.2800000
0.8549844	0.8557736	0.5824293	0.9790325	2.3200000
0.8557736	0.8565664	0.5805746	0.9790993	2.3600000
0.8565664	0.8573628	0.5787087	0.9791665	2.4000000
0.8573628	0.8581629	0.5768316	0.9792341	2.4400000
0.8581629	0.8589666	0.5749434	0.9793020	2.4800000
0.8589666	0.8597738	0.5730439	0.9793704	2.5200000
0.8597738	0.8605847	0.5711332	0.9794392	2.5600000
0.8605847	0.8613991	0.5692112	0.9795084	2.6000000
0.8613991	0.8622170	0.5672779	0.9795780	2.6400000
0.8622170	0.8630384	0.5653333	0.9796480	2.6800000
0.8630384	0.8638633	0.5633773	0.9797184	2.7200000
0.8638633	0.8646917	0.5614099	0.9797892	2.7600000
0.8646917	0.8655235	0.5594311	0.9798605	2.8000000
0.8655235	0.8663587	0.5574409	0.9799321	2.8400000
0.8663587	0.8671973	0.5554392	0.9800042	2.8800000
0.8671973	0.8680392	0.5534260	0.9800767	2.9200000
0.8680392	0.8688845	0.5514012	0.9801496	2.9600000
0.8688845	0.8697331	0.5493649	0.9802229	3.0000000
0.8697331	0.8705850	0.5473171	0.9802966	3.0400000
0.8705850	0.8714401	0.5452576	0.9803707	3.0800000
0.8714401	0.8722984	0.5431865	0.9804453	3.1200000
0.8722984	0.8731599	0.5411038	0.9805203	3.1600000
0.8731599	0.8740246	0.5390094	0.9805957	3.2000000
0.8740246	0.8748923	0.5369033	0.9806715	3.2400000
0.8748923	0.8757632	0.5347855	0.9807477	3.2800000
0.8757632	0.8766371	0.5326560	0.9808244	3.3200000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.8766371	0.8775139	0.5305147	0.9809015	3.3600000
0.8775139	0.8783938	0.5283617	0.9809790	3.4000000
0.8783938	0.8792765	0.5261969	0.9810569	3.4400000
0.8792765	0.8801622	0.5240203	0.9811353	3.4800000
0.8801622	0.8810507	0.5218319	0.9812141	3.5200000
0.8810507	0.8819419	0.5196316	0.9812933	3.5600000
0.8819419	0.8828360	0.5174196	0.9813729	3.6000000
0.8828360	0.8837327	0.5151956	0.9814530	3.6400000
0.8837327	0.8846321	0.5129598	0.9815334	3.6800000
0.8846321	0.8855341	0.5107121	0.9816144	3.7200000
0.8855341	0.8864387	0.5084524	0.9816957	3.7600000
0.8864387	0.8873458	0.5061809	0.9817775	3.8000000
0.8873458	0.8882554	0.5038975	0.9818597	3.8400000
0.8882554	0.8891674	0.5016021	0.9819423	3.8800000
0.8891674	0.8900817	0.4992948	0.9820254	3.9200000
0.8900817	0.8909984	0.4969755	0.9821089	3.9600000
0.8909984	0.8919173	0.4946443	0.9821928	4.0000000
0.8919173	0.8928384	0.4923011	0.9822772	4.0400000
0.8928384	0.8937616	0.4899459	0.9823619	4.0800000
0.8937616	0.8946870	0.4875788	0.9824472	4.1200000
0.8946870	0.8956143	0.4851997	0.9825328	4.1600000
0.8956143	0.8965436	0.4828086	0.9826189	4.2000000
0.8965436	0.8974748	0.4804055	0.9827054	4.2400000
0.8974748	0.8984078	0.4779904	0.9827923	4.2800000
0.8984078	0.8993426	0.4755633	0.9828797	4.3200000
0.8993426	0.9002791	0.4731243	0.9829675	4.3600000
0.9002791	0.9012172	0.4706732	0.9830558	4.4000000
0.9012172	0.9021569	0.4682102	0.9831444	4.4400000
0.9021569	0.9030981	0.4657351	0.9832335	4.4800000
0.9030981	0.9040407	0.4632481	0.9833231	4.5200000
0.9040407	0.9049847	0.4607491	0.9834130	4.5600000
0.9049847	0.9059299	0.4582381	0.9835034	4.6000000
0.9059299	0.9068764	0.4557151	0.9835943	4.6400000
0.9068764	0.9078239	0.4531802	0.9836855	4.6800000
0.9078239	0.9087725	0.4506333	0.9837772	4.7200000
0.9087725	0.9097221	0.4480745	0.9838693	4.7600000
0.9097221	0.9106726	0.4455037	0.9839619	4.8000000
0.9106726	0.9116239	0.4429210	0.9840548	4.8400000
0.9116239	0.9125759	0.4403263	0.9841483	4.8800000
0.9125759	0.9135285	0.4377197	0.9842421	4.9200000
0.9135285	0.9144817	0.4351013	0.9843364	4.9600000
0.9144817	0.9154354	0.4324709	0.9844310	5.0000000
0.9154354	0.9163895	0.4298287	0.9845262	5.0400000
0.9163895	0.9173439	0.4271745	0.9846217	5.0800000

Tablo 2.1 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$
0.9173439	0.9182984	0.4245086	0.9847177	5.1200000
0.9182984	0.9192531	0.4218308	0.9848141	5.1600000
0.9192531	0.9202078	0.4191412	0.9849109	5.2000000
0.9202078	0.9211624	0.4164398	0.9850082	5.2400000
0.9211624	0.9221169	0.4137266	0.9851058	5.2800000
0.9221169	0.9230711	0.4110017	0.9852039	5.3200000
0.9230711	0.9240249	0.4082650	0.9853025	5.3600000
0.9240249	0.9249783	0.4055167	0.9854014	5.4000000
0.9249783	0.9259311	0.4027566	0.9855008	5.4400000
0.9259311	0.9268833	0.3999848	0.9856005	5.4800000
0.9268833	0.9278347	0.3972014	0.9857007	5.5200000
0.9278347	0.9287852	0.3944064	0.9858014	5.5600000
0.9287852	0.9297348	0.3915998	0.9859024	5.6000000
0.9297348	0.9306832	0.3887816	0.9860039	5.6400000
0.9306832	0.9316305	0.3859519	0.9861057	5.6800000
0.9316305	0.9325765	0.3831107	0.9862080	5.7200000
0.9325765	0.9335211	0.3802579	0.9863107	5.7600000
0.9335211	0.9344642	0.3773938	0.9864138	5.8000000
0.9344642	0.9354057	0.3745182	0.9865173	5.8400000
0.9354057	0.9363454	0.3716312	0.9866213	5.8800000
0.9363454	0.9372833	0.3687328	0.9867256	5.9200000
0.9372833	0.9382192	0.3658232	0.9868304	5.9600000
0.9382192	0.9391530	0.3629022	0.9869355	6.0000000

### 2.1.5 Dikdörtgen Savak Formülüyle Yaklaşık Hesap

Literatürde çok kullanılan bu hesap metodunda, kanalda  $Q_1$  debisine karşılık gelen  $h_1$  üniform su derinliğinden savağın eşik yüksekliği çıkarılarak bulunan  $h$  savak yükü serbest naplı savaklara ait,

$$Q_1 - Q_2 = C L h^{3/2} \quad (2.25)$$

denkleminde yerine konarak  $L$  savak uzunluğu bulunur. Çoğunlukla  $C = 1.8$  alınmaktadır (Imhoff, 1979 ; Fair-Geyer ve Muslu,1980 ).

**Misal 2.5**

Misal 2.1'de verilen doneler için giriş debisinin  $Q_1 = 0.18 \text{ m}^3 / \text{s}$ , kanal genişliğinin  $b = 0.5 \text{ m}$ , savak yüksekliğinin  $p = 0.265 \text{ m}$ , çıkış debisinin  $Q_2 = 0.12 \text{ m}^3 / \text{s}$  olması durumunda  $L$  savak uzunluğunu bulunuz.

**Çözümü :**

1. Önce savağın memba tarafında Manning formülü kullanılarak üniform akım kabulüyle  $h_1$  su derinliği hesaplanır:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} A \quad (2.26)$$

Burada  $Q_1 = 0.18 \text{ m}^3 / \text{s}$

$$n = 0.013$$

$$A = h_1 (0.5)$$

$$J = 0.001 \text{ m} / \text{m}$$

$$R_1 = \frac{(0.5)h_1}{0.5 + 2h_1}$$

olarak verilmektedir. Bu değerler (2.26)'da yerine konursa,

$$0.18 = \frac{1}{0.013} \left( \frac{(0.5)h_1}{2h_1 + 0.5} \right)^{2/3} (0.001)^{1/2} (0.5)h_1$$

$$0.14799 = \left( \frac{(0.5)h_1}{2h_1 + 0.5} \right)^{2/3} h_1$$

$h_1 = 0.4905 \text{ m}$  bulunur.

2. (2.25) bağıntısı yardımıyla  $L$  savak uzunluğu bulunur.

$$Q_1 - Q_2 = CL h^{3/2}$$

$$0.18 - 0.12 = 1.8 L (0.4905 - 0.265)^{3/2}$$

$$L = 0.31 \text{ m}$$

Görüldüğü üzere bu metod, Bölüm 2'de incelenen diğer metodların takriben onda birine eşit bir savak uzunluğu vermektedir. Bu incelememizin gayelerinden biri de metodlar arasındaki bu farkı belirtmektir. Bu sonuncu metod bilhassa çok yaklaşık olup savaklanan debiyi çok yanlış olarak ifade eder. Gerçekten Misal 2.1'deki gibi savak uzunluğu  $L = 3.0 \text{ m}$  alınırsa;

$$Q_1 - Q_2 = 1.8(3)(0.4905 - 0.265)^{3/2} = 0.578 \text{ m}^3 / \text{s}$$

olur ki giriş debisinden çok büyük bir debinin savaklanması gerekir ( $0.180 < 0.578$ ). Bu ise imkansızdır. Bu sebeple, bu metoda göre  $L = 3.0 \text{ m}$  alınamaz (Yukarıda  $L = 0.31 \text{ m}$  bulunmuştur).

## 2.2 Alçalan Su Yüzeyi Profiline Göre Dolu Savakların Hesabı

Bu hesap metodu Ackers (1957) tarafından geliştirilmiş ve daha sonra Tchobanoglous (1981) tarafından kullanılmıştır (Muslu, 1985). Alçalan su yüzeyi profili altında bulunan savaklar için Bernoulli denkleminde hareketle Ackers tarafından geliştirilen bağıntı

$$L = 2.03b \left\{ 2\sqrt{2} \left[ \begin{array}{l} \sqrt{n_2 - 0.4} \left( 1 - 0.4 \frac{p}{E_w} \right) + 0.310 \frac{p}{E_w} \\ -0.948 \cos^{-1} \sqrt{\frac{0.4}{n_2}} + 0.065 \end{array} \right] \right\} \quad (2.27)$$

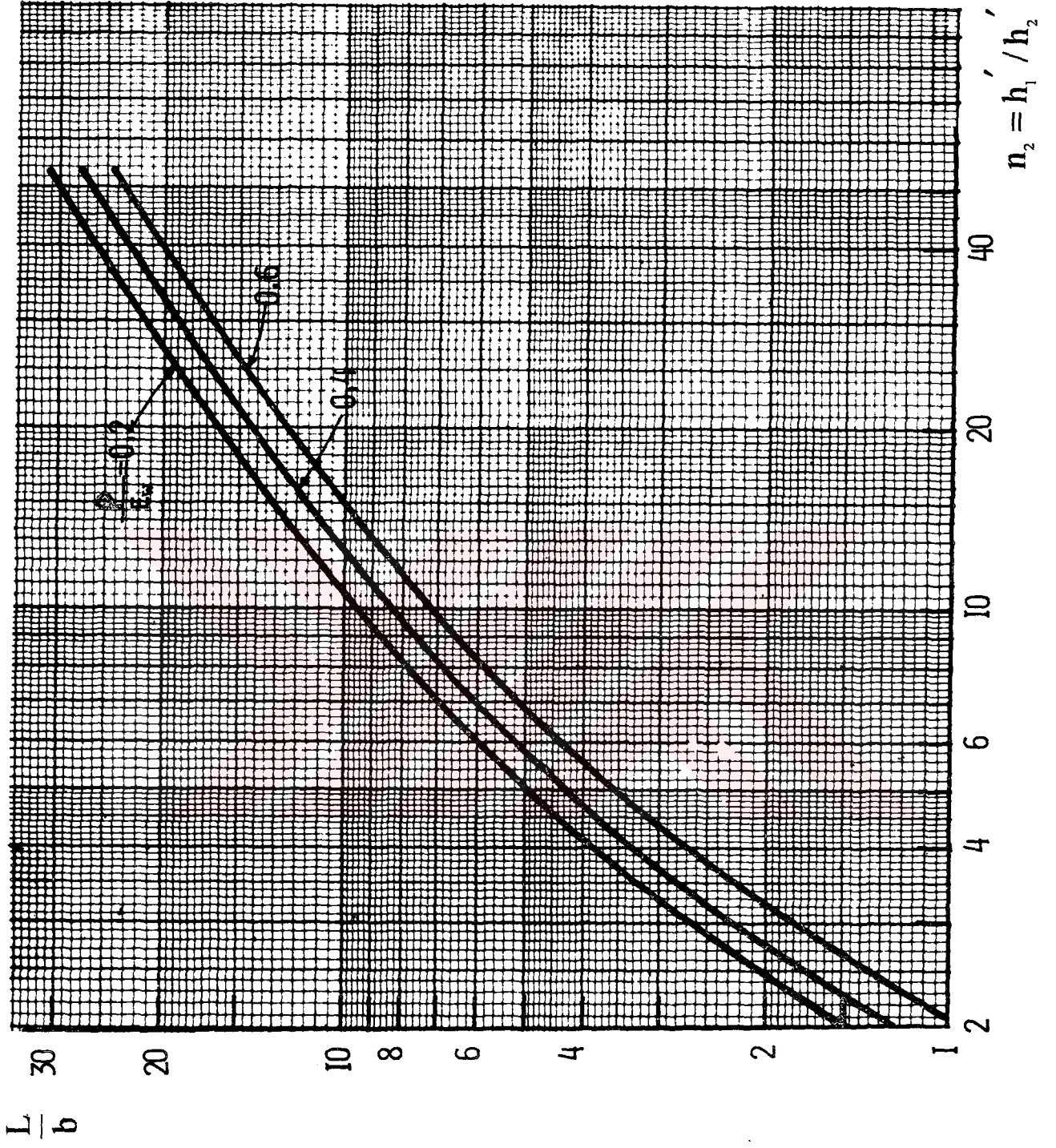
şeklinde yazılabilir (Şekil 2.3'e bkz). Burada,

$L$  = Savak Uzunluğu (m)

$b$  = Kanal Genişliği (m)

$n_2 = h'_1 / h'_2$





Şekil 2.4 Alçalan su yüzeyine sahip dolu savaklar için kullanılan dizayn grafiği

Ackers'in teklif ettiği savak sırtından itibaren ölçülen  $E_w$  özgül enerji yüksekliği aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir.

$$E_w = \alpha \frac{V_n^2}{2g} + \alpha'(d_n - p) \quad (2.28)$$

Burada  $\alpha$  = Hız yüksekliği katsayısı

$V_n$  = Yaklaşım kanalındaki normal hız ( m / s )

$\alpha'$  = Basınç yüksekliği katsayısı

$d_n$  = Yaklaşım kanalındaki normal derinlik (m)

olarak verilmiştir. Ackers deneylerine dayanarak ( $\alpha$  ve  $\alpha'$ )'nün yaklaşım kanallarında  $\alpha = 1.2$  ve  $\alpha' = 1.0$ , savağın mansabında ise  $\alpha = 1.4$  ve  $\alpha' = 0.95$  olarak alınabileceğini teklif etmektedir. Ayrıca  $h'_1$  ve  $h'_2$  değerleri için

$$h'_1 = 0.5 E_w \quad ; \quad h'_2 = \frac{E_w}{2n_2} \quad (2.29)$$

bağıntılarının mevcut olduğunu göstermektedir.

### Misal 2.5

120 cm çapında mevcut bir kanalın bir birleşik sistem kanalı olarak kullanılması ve burada bir dolu savak inşası istenmektedir. Maksimum kurak hava debisi  $Q_p = 0.1419 \text{ m}^3 / \text{sn}$ , tasfiye tesisine gitmesine müsaade edilen debi  $Q_2 = 5Q_p = (5)(0.1419) = 0.7093 \text{ m}^3 / \text{sn}$  ve maksimum yağışlı hava debisi  $Q_1 = 1.853 \text{ m}^3 / \text{sn}$ 'dir. Kanal eğimi  $0.003 \text{ m} / \text{m}$  olup hesaplarda Manning formülü kullanılacaktır ( $n = 0.01333$ ).

### Çözümü:

1. Manning formülü kullanılarak 120 cm çaplı kanalın maksimum kapasitesini bulunur:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} = \frac{1}{0.01333} \left( \frac{0.12}{4} \right)^{2/3} (0.003)^{1/2} = 1.6809 \text{ m/s}$$

$$Q = V A = 1.6809 \pi \frac{(0.12)^2}{4} = 1.9 \text{ m}^3 / \text{s}$$

2.  $Q_1 = 1.853 \text{ m}^3 / \text{s}$  için akımın hızı ve su yüksekliği, kısmen dolu kanallarda Manning formülü kullanılarak elde edilen (2.30), (2.31), (2.32) bağıntıları yardımıyla bulunur.

$$\cos \frac{\theta}{2} = 1 - 2 \frac{d}{D} \quad (2.30)$$

$$\frac{R}{R_{dolu}} = 1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta} \quad ; \quad \frac{V}{V_{dolu}} = \left( \frac{R}{R_{dolu}} \right)^{2/3} \quad (2.31)$$

$$\frac{A}{A_{dolu}} = \frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2\pi} \quad ; \quad \frac{Q}{Q_{dolu}} = \frac{V}{V_{dolu}} \frac{A}{A_{dolu}} \quad (2.32)$$

$$\frac{Q_1}{Q_{dolu}} = \frac{1.853}{1.900} = 0.9752 \quad \text{olduğuna göre} \quad \frac{d_1}{D} = 0.798 \quad \text{değeri için :}$$

$$\cos \frac{\theta}{2} = 1 - 2(0.798) \quad \Rightarrow \quad \theta = 253.17^\circ$$

$$\frac{A_1}{A_{dolu}} = \frac{253.17}{360} - \frac{\sin(253.17)}{2\pi} = 0.8556$$

$$\frac{R_1}{R_{dolu}} = 1 - \frac{360 \sin(253.17)}{2\pi(253.17)} = 1.2167 \quad ; \quad \frac{V_1}{V_{dolu}} = (1.2167)^{2/3} = 1.13971$$

$$d_1 = (1.2)(0.798) = 0.9576 \text{ m} \quad , \quad V_1 = (1.13971)(1.6809) = 1.9157 \text{ m/s}$$

olur. Bu debi ve su derinliği için akımın rejimini bulalım.

$$Q_1 = 1.853 \text{ m}^3 / \text{s} \text{ için ,}$$

$$d_c = 0.483 \left( \frac{Q}{D} \right)^{2/3} + 0.083D$$

$$d_c = 0.483 \left( \frac{1.853}{1.2} \right)^{2/3} + (0.083)(1.2) \cong 745 \text{ mm}$$

olarak bulunur.  $d_n > d_c$  yani  $957 \text{ mm} > 745 \text{ mm}$  olduğu için akım nehir rejimindedir.

3.  $Q_p = 0.1419 \text{ m}^3 / \text{s}$  için akımın su yüksekliği ve hızı,

$$\frac{Q}{Q_{dolu}} = \frac{0.1419}{1.9} = 0.0747 \text{ olduğuna göre,}$$

$$\frac{d}{D} = 0.185 \text{ değerine karşı gelen } V / V_{dolu} \text{ oranı (2.30), (2.31), (2.32)}$$

bağıntıları yardımıyla

$$\frac{V}{V_{dolu}} = 0.5867 \text{ olarak bulunur. Buradan,}$$

$$d = (1.2)(0.185) = 0.222 \text{ m} \quad , \quad V = 0.5867(1.6809) = 0.9862 \text{ m/s}$$

değerleri elde edilir. Bu sebeble savak yüksekliği  $d = p = 0.222 \text{ m}$  olur.

4. Savak hesabı için,

a. Denklem (2.28) yardımıyla özgül enerji ( $E_w$ ) hesaplanır :

$$E_w = \alpha \frac{V_n^2}{2g} + \alpha'(d_n - c) = 1.2 \frac{(1.9157)^2}{2g} + (0.9576 - 0.222) = 0.96 \text{ m}$$

b.  $p / E_w$  hesaplanır :

$$\frac{p}{E_w} = \frac{0.222}{0.96} = 0.2313 < 0.6 \text{ olduğu için alçalan su yüzü profili mevcuttur.}$$

c. Gerekli savak uzunluğu hesaplanır. Bunun için  $n_2$  'ye öyle bir değer verilir ki, hesaplanan  $Q_2$  değeri  $5Q_p$  'ye eşit olsun. Denklem (2.27)' de  $n_2 = 10$  kabul edilerek gerekli savak uzunluğu :

$$L = (2.03) b \left( 5.28 - 0.263 \frac{p}{E_w} \right)$$

$$L = (2.03)(1.2) [5.28 - (2.63)(0.2313)] = 12.71 \text{ m}$$

olarak elde edilir.

5. Arıtma tesisine giden maksimum yağışlı hava debisi hesaplanır :

a. Denklem (2.28) yardımıyla savak sonundaki hız hesaplanır.

$$E_w = 0.9568 = 1.4 \frac{V_2^2}{2g} - (0.95) \frac{0.9598}{20}$$

$$V_2^2 = 12.81 \text{ ve } V = 3.579 \text{ m / s}$$

b. Savak sonundaki derinlik .

$$h_1' = 0.5E_w = (0.5)(0.96) = 0.48 \text{ m}$$

$$h'_2 = \frac{h'_1}{n_2} = \frac{0.48}{10} = 0.048 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.222 + 0.048 = 0.27 \text{ m}$$

c. Arıtma tesisine giden debi:

$$\frac{d_2}{D} = \frac{0.27}{1.2} = 0.225 \quad \text{iç in} \quad \frac{A_2}{A_{dolu}} = 0.1683$$

$$A_2 = 0.1683\pi (0.6)^2 = 0.19 \text{ m}^2$$

$$Q_2 = (0.19)(3.579) = 0.68 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$0.68 \text{ m}^3 / \text{s} < 0.7 \text{ m}^3 / \text{s}$  olduğu için hesap yeterlidir.

Problemin başlangıcında bulunan  $E_w$  özgül enerji yüksekliğinin doğruluğu savak başlangıcındaki  $E_w$  değeri ile kontrol edilirse,  $E_w$  değeri

$$d_1 = p + h_1 = 0.222 + 0.48 = 0.702 \text{ m}$$

$$\frac{d_1}{D} = \frac{0.702}{1.2} = 0.585 \quad \text{değeri için } A / A_{dolu} \text{ değeri (2.32) denklemiyle}$$

$$\frac{A_1}{A_{dolu}} = 0.6076$$

$$A_1 = (0.6076)\pi \frac{(1.2)^2}{4} = 0.6868 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{1.853}{0.6868} = 2.7 \text{ m/s}$$

$$E_w = 1.2 \frac{V_1^2}{2g} + d_1 - p = 1.2 \frac{(2.7)^2}{2g} + (0.702 - 0.222) = 0.926 \text{ m}$$

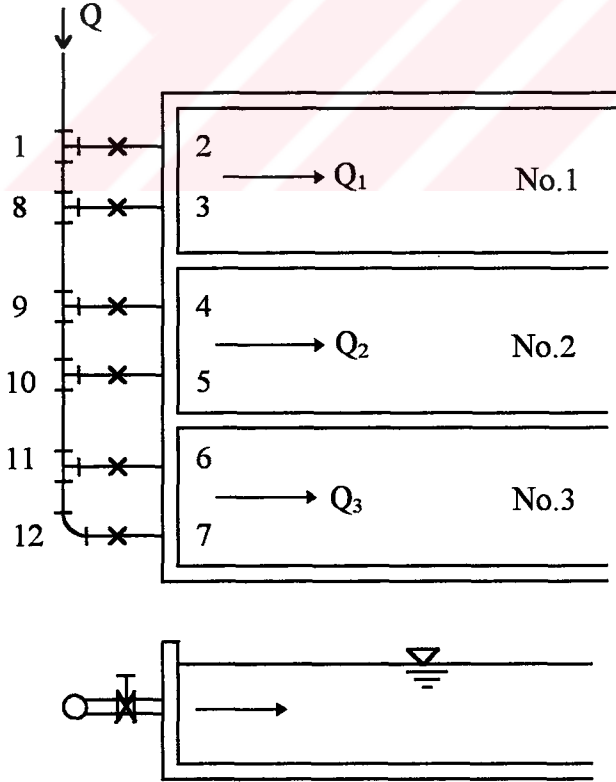
olarak elde edilir.



## BÖLÜM 3

### DEBİ DAĞITIM KANALLARI İÇİN ANALİTİK YAKLAŞIMLAR

Çevre mühendisliğinde su ve atıksu arıtma tesisleri önemli bir yer tutmaktadır. Bu tesisleri oluşturan havalandırma tankları, çöktürme havuzları, flokülasyon havuzları, filtreler gibi arıtma üniteleri çoğu zaman, ihtiyacı karşılamak üzere birden fazla sayıda ve birbirine paralel olarak inşa edilmektedir. Birden fazla sayıda paralel havuz veya tankın mevcut olması halinde, her bir havuza eşit debi dağıtımının yapılması istenmektedir.



Şekil 3.1 Dikdörtgen çöktürme havuzları arasında debi dağılımı

Bu bölümde Camp (1961) tarafından geliştirilen hesap metodu özetlenecektir. Çıkarılan denklemler genel olup, sular serbest yüzeyli kanallara bağlı orifislerle dağıtılacağı gibi, basınçlı bir boruya bağlı orifislerle de dağıtılabilir (Muslu, 1985).

Eşit bir dağılım için bütün çıkış savaklarının birbirinin aynı olması ve aynı seviyede inşa edilmesi gerekmektedir. Ayrıca her bir havuzun müşterek bir noktadan ayrı bir boru veya kanalla beslenmesi gerekir. Genel olarak giriş boruları uzunlukça birbirinden farklı olacağından, hidrolik bakımdan birbirinin aynı olması için, bunların enkesitlerinin de birbirinden farklı olması lazımdır. Projelendirmede giriş borularını hidrolik bakımdan birbirinin aynı yapmak güç bir iştir. Ayrıca her havuza ayrı bir hat bağlamak da çok pahalıdır. Bu nedenle Camp Şekil 3.1’de gösterilen akım sistemini tavsiye etmektedir. Örnek olması bakımından, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi üç paralel havuz olması hali ele alınmıştır. Burada sular 6 adet orifis vasıtasıyla dağıtılmaktadır ve 1-12 borusu basınçlı borudur. Bununla beraber, bu sistemde eğer giriş deliklerinin çapı aynı ise, mükemmel bir debi dağılımı için her giriş deliğinde meydana gelen yük kaybının birbirine eşit olması lazımdır.

$$(\Delta h)_{1,2} = (\Delta h)_{8,3} = \dots = (\Delta h)_{12,7} \quad (3.1)$$

Bu eşitliğin sağlanması ise imkansızdır. Bu sebeple Camp yük kayıplarının, dolayısıyla debilerin, kabul edilebilir bir toleransla eşitliği esasına göre hesap yapılmasını tavsiye etmiştir. Müsaade edilebilir bir debi değişimi için ilk ve son orifis arasında keyfi olarak seçilen bir M oranı tanımlanmıştır.

$$M = \frac{q_{(1-2)}}{q_{(12-7)}} \quad (3.2)$$

1-12 No’lu su dağıtma borusu veya kanalında ana akış istikametinde iletilen sular havuzlara girerken dönüş ve giriş sırasında hız yüksekliği kadar enerji kaybeder. Bu sebeple orifis üzerindeki hidrolik yük olarak piyozometre çizgisi (veya kanaldaki su seviyesi) ile havuzdaki su seviyesi arasındaki düşey mesafe alınır. Yan savak

şeklindeki girişlerde ise benzer tarzda, kanaldaki su seviyesi ile savak kreti arasındaki mesafe savak yükü olarak alınır. Her bir orifisten geçen debi,

$$q = C_d a \sqrt{2g\Delta h} \quad (3.3)$$

$q$  = Orifisten geçen debi

$C_d$  = Debi katsayısı

$a$  = Orifis alanı

$g$  = Yerçekimi ivmesi

$\Delta h$  = Hidrolik yük

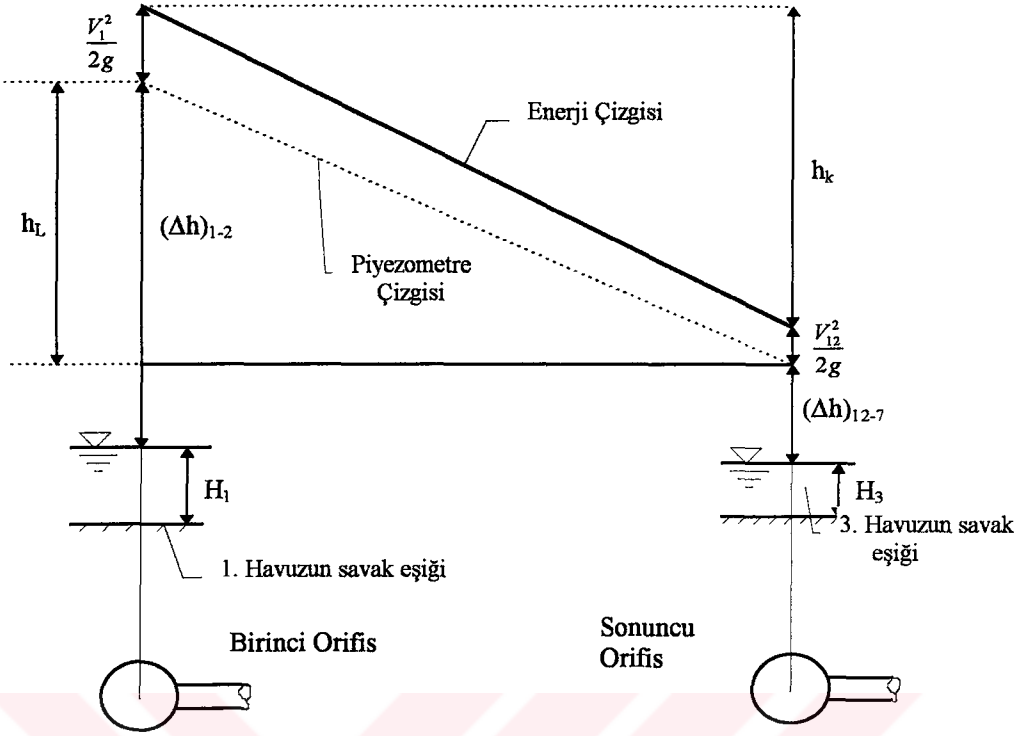
bağıntısı ile hesaplanabilir. (3.3) bağıntısı

$$\Delta h = \left( \frac{1}{2g(C_d)^2 a^2} \right) q^2 = kq^2 \quad (3.4)$$

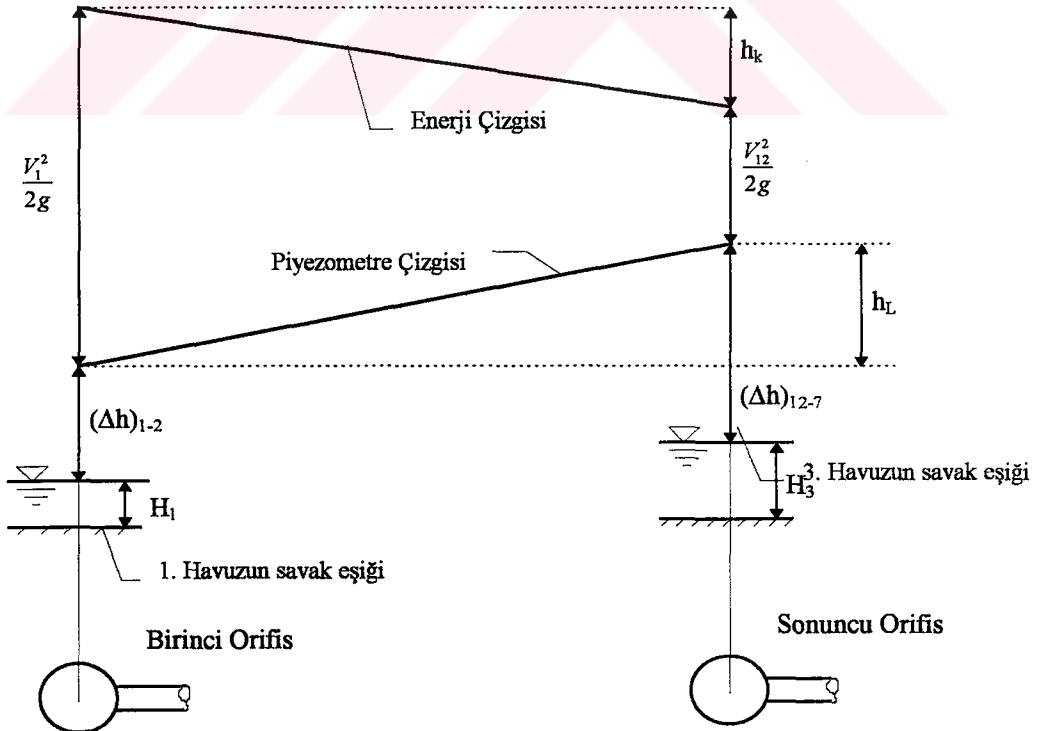
şeklinde de ifade edilebilir. Buna göre su dağıtan boru ve kanallarda piyozometre çizgisinin veya su yüzeyinin gidişi ile ilgili olarak iki hal karşımıza çıkar:

### 3.1 Piyozometre Çizgisinin Alçalması Halinde Giriş Tertibatının Hesabı ( $M > 1$ Hali)

Su dağıtan boru veya kanalın boykesiti Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Boru veya kanalın baş ve sonundaki hızları  $V_1$  ve  $V_{12}$  ile gösterildiğine göre bu boru veya kanal boyunca basınçlar arasındaki fark,  $h_K$  sürekli yük kaybına eşittir. Hesap kolaylığı bakımından  $h_L = h_K$  alınır. Bu halde orifislerden geçen debi, ana akım doğrultusunda gittikçe azalır.  $M > 1$  olup  $h_L = h_K > 0$  dir. Dağıtılan debi gittikçe azaldığından havuzlardan geçen debiler de küçülmektedir. ( $Q_1 > Q_2 > Q_3$ ) Bu sebeple çıkış savakları üzerindeki hidrolik yükler de gittikçe küçülecektir. ( $H_1 > H_2 > H_3$ ). Şekil 3.2’nin geometrisinden yola çıkılarak birinci orifisteki yük kaybı,



Şekil 3.2 Hız yüksekliğinin , yük kaybı yanında küçük olması halinde, ilk ve son orifis üzerindeki hidrolik yükün değişimi.



Şekil 3.3 Yük kayıplarının hız yüksekliği yanında küçük olması halinde ilk ve son orifis üzerindeki hidrolik yükün değişimi

$$(\Delta h_1)_{1-2} \left( \frac{M^2 - 1}{M^2} \right) = h_L = (H_1 - H_3) \quad (3.5)$$

bağıntısıyla hesap edilir. Çıkışta akım kontrolü keskin kenarlı dikdörtgen savaklarla yapıldığı takdirde, birinci orifisteki yük kaybı

$$(\Delta h_{1-2}) = \frac{M^2}{M^2 - 1} h_L - \frac{M^{4/3}}{M^2 - 1} (M^{2/3} - 1) H_1 \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir.

### 3.2 Piyozometre Çizgisinin Yükselmesi Halinde Giriş Tertibatının Hesabı ( $M < 1$ Hali)

Bu halde, su dağıtan boru veya kanalda, hız yüksekliği akım boyunca fazla miktarda azalır (Şekil 3.3). Bu durum daha çok, su dağıtan boru veya kanalın kısa ve büyük olması halinde ortaya çıkar. Bu halde, kanal veya borunun debisi küçülürken hız enerjisi basınç enerjisine dönüşür. Yani basınçlar artar veya suyun bir kanalla dağıtılması halinde serbest su yüzeyi yükselir. Orifislerden geçen debiler, akım yönünde artar  $M < 1$  olup,  $Q_1 < Q_2 < Q_3$  dolayısıyla  $H_1 < H_2 < H_3$  elde edilir. Şekil 3.3'de  $h_K$  yük kaybı;

$$h_K = K_E \left( \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_{12}^2}{2g} \right) \cong 0.5 \left( \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_{12}^2}{2g} \right) \quad (3.7)$$

denklemini yardımıyla ve şeklin geometrisinden de faydalanılarak  $h_L = h_K$  bulunur. Bu sebeple daha önce çıkarılan bağıntılar bu halde de geçerlidir. Ancak  $h_K$  yük kaybına eşit olan  $h_L$  değerini bu sefer negatif işaretli olarak yerine koymak gerekir.

Yukarıda verilen analitik çözümler yaklaşık olduğundan, su yüzü profilini daha kesin olarak elde etmek için bilgisayar çözümleri üzerinde çalışılmıştır. Bu konu 4. ve 5. bölümlerde ele alınmıştır.

## BÖLÜM 4

### ARITMA TESİSLERİNDE DEBİ DAĞITIM KANALLARININ BİLGİSAYARLA HESABI

Açık kanallar, su ve atıksu arıtma tesislerinde havalandırma tankları, çöktürme havuzları, filtreler gibi paralel arıtma ünitelerine gelen debiyi dağıtmak üzere manifoldlardan daha fazla tercih edilirler. Bu amaçla kullanılan açık kanallara debi dağıtım kanalları denmektedir. Bu tür kanallarda akım kontrolü, dikdörtgen savaklar, üçgen savaklar veya orifislerle yapılmaktadır. Bölüm 3'te de açıklandığı gibi, ideal bir debi dağılımı için, savaklanan debilerin birbirine eşit olması gerekmektedir. Ancak bu durum, pratikte mümkün olmamaktadır.

Bu bölümde Chao ve Trussell (1980) tarafından dikdörtgen kesitli yan savaklar için önerilen ve esasları Kısım 2.1.3'de verilen yöntemin bilgisayarla hesabı açıklanacaktır. Yöntemin amacı, Camp (1961) tarafından önerilen yönteme benzer olarak, her bir savaktan ideale yakın bir debinin savaklanmasını sağlamaktır. Bu amaçla, hesabın başlangıcında, her bir savaktan eşit debi geçtiği kabul edilerek, (2.19) ifadesindeki su yüksekliği üzerine iterasyon işlemi uygulanmaktadır.

Bu yöntemde  $Q$  dağıtım kanalına giriş debisi,  $b$  savak genişliği,  $p$  savak sırtının kanal tabanından yüksekliği,  $L$  savak uzunluğu ve  $N_s$  savak sayısı belirlenir. Başlangıçta her bir savaktan geçen debinin dağıtım kanalına giriş debisinin ortalaması olduğu kabul edildiğinden, herhangi bir savaktaki debi

$$(q_b)_{fa} = \frac{Q}{N_s} \quad (4.1)$$

olarak alınır ve hesaba son savaktan başlanır. Son savak başlangıcındaki su yüksekliğinin

$$(h_u)_f = p + 0.001^1 \quad (4.2)$$

olduğu kabul edilerek, bu derinliğe karşılık gelen hız,

$$(V_u)_f = \frac{(q_b)_{fa}}{(b)(h_u)_f} \quad (4.3)$$

ifadesiyle hesaplanır. (Burada  $0.001^1$  metre olarak iterasyondaki su yüksekliği artımını ifade etmektedir. Son savak başlangıcında Froude sayısı  $(F_u)_f$  da

$$(F_u)_f = \frac{(V_u)_f}{\sqrt{g \cdot (h_u)_f}} \quad (4.4)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Son savağa ait  $C_w$  savak katsayısı

$$C_w = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3(F_u)_f^2}{(F_u)_f^2 + 2}} \quad (4.5)$$

bağıntısı ile tahmin edilerek söz konusu savaktan savaklanan debi

$$(q_b)_{fc} = \frac{2}{3}(L)(C_w)\sqrt{2g}[(h_u)_f - p]^{3/2} \quad (4.6)$$

bağıntısıyla belirlenir. Su yüksekliğinin son savak boyunca sabit olduğu kabul edilmektedir. Başlangıçta (4.1) bağıntısı ile belirlenen debi ile (4.6) bağıntısıyla hesaplanan debi arasındaki fark, kabul edilebilen hata sınırından küçük olduğunda bir önceki savağın hesabına geçilir. Debiler arasındaki fark hata sınırından (mesala  $0.0001 \text{ m}^3/\text{sn}'den$ ) büyükse  $(h_u)_f$  aradaki farkın durumuna uygun bir şekilde

<sup>1</sup> Chao ve Trussell'in çalışmasında bu değer İngiliz birim sisteminde 0.01 ft olarak alınmıştır.

arttırılarak veya azaltılarak son savak için işlemler tekrarlanır. Bu iterasyon sona erdiğinde söz konusu savağa ait (E) özgül enerjisi,

$$E = (h_u)_f + \frac{[(q_b)_{fc} / (b)(h_u)_f]^2}{2g} \quad (4.7)$$

bağıntısıyla belirlenir. Daha sonraki savaklar için ise aşağıda açıklanan iterasyon işlemi uygulanır. Başlangıçta hesabı yapılacak olan savağın debisi, bir sonraki savakta hesaplanan savak debisine; hesabı yapılacak olan savağın su yüksekliği bir sonraki savakta hesaplanan su yüksekliğine eşit alınır, yani

$$(q_b)_k = (q_b)_{k+1} \quad \text{ve} \quad (h_D)_k = (h_u)_{k+1} \quad (4.8)$$

Bu savağa ait giriş debisi

$$(Q_u)_k = (q_b)_k + \sum_{i=k+1}^N (q_b)_i \quad (4.9)$$

ifadesiyle hesaplanır. Daha sonra (4.9) bağıntısı yardımıyla bu debiye  $[(Q_u)_k]$  karşılık gelen  $(h_u)_k$  değeri deneme-yanılma ile çözülür.

$$(Q_u)_k = (b)(h_u)_k \sqrt{2g[E - (h_u)_k]} \quad (4.10)$$

Bu durumda söz konusu savaktaki ortalama su yüksekliği,

$$(h_a)_k = \frac{(h_u)_k + (h_D)_k}{2} \quad (4.11)$$

olur. Söz konusu savağın başlangıcındaki  $(V_u)_k$  hızı, bu hıza sırasıyla karşılık gelen  $(F_u)_k$  sayısı,  $C_w$  savak katsayısı (4.12), (4.13), (4.14) bağıntıları yardımıyla hesaplanır.

$$(V_u)_k = \frac{(Q_u)_k}{(b)(h_u)_k} \quad (4.12)$$

$$(F_u)_k = \frac{(V_u)_k}{\sqrt{g \cdot (h_u)_k}} \quad (4.13)$$

$$C_w = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3(F_u)_k^2}{(F_u)_k^2 + 2}} \quad (4.14)$$

Söz konusu savaktan geçen debi ise,

$$(q_b)_{kc} = \frac{2}{3}(L)(C_w)\sqrt{2g}[(h_a)_k - p]^{3/2} \quad (4.15)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Daha sonra (4.8) bağıntısı ile belirlenen (4.15) bağıntısı ile hesaplanan debiler arasındaki fark, kabul edilebilen hata sınırından küçük olduğunda bir önceki savağın hesabına geçilir. Debiler arasındaki fark, hata sınırından büyükse ilgili savağa ait debi, aradaki farkın durumuna göre uygun bir şekilde arttırılarak veya azaltılarak hesaplara (4.9) bağıntısından itibaren tekrar başlanır. Aynı işlemler bütün savaklar için tekrarlandıktan sonra

$$Q_T = \sum_{i=1}^N (q_b)_i \quad (4.16)$$

bağıntısı ile toplam savaklanan debi elde edilir. Dağıtım kanalına giriş debisi ile toplam savaklanan debi arasındaki fark, verilen bir hata sınırından küçük olduğunda hesaba son verilir. Bu fark, verilen hata sınırından büyük olduğunda ise son savağı ait debi, aradaki farkın durumuna göre uygun bir şekilde arttırılarak veya azaltılarak hesaplar, son savaktan ( yani (4.2) bağıntısından) başlayacak şekilde tekrarlanır.

Yukarıda anlatılan hesaplar için Chao - Trussell (1980) tarafından hazırlanan bilgisayar programının bir uygulaması Kısım 5.2'de verilmiştir.

## BÖLÜM 5

### DEBİ DAĞITIM KANALLARININ HESABI İÇİN YENİ BİR METOD

#### 5.1. Mevcut Metodların Değerlendirilmesi

Arıtma tesislerinde debi dağıtımı, daha önceki bölümlerde görüldüğü gibi, savaklarla ve batmış orifislerle yapılır. Bu bölümde, yan savaklı akım dağıtım kanallarında debi dağıtımı için yeni bir metod verilecektir. Bu halde, literatürde analitik ve nümerik yaklaşımlar mevcuttur. Analitik metodlar çok yaklaşık olduğundan bir tarafa bırakılırsa, nümerik metodların doğruluk derecesi, kullanılan savak formül veya bağıntılarına bağlı bulunur. Bu maksatla Bölüm 2’de çeşitli metodlar ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bunları toplu olarak birbiriyle karşılaştırmak için, Bölüm 2’de çözülen problemlerin sonuçları Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Metodlar arasındaki fark, aynı menba ve mansap şartları için  $L$  uzunluğu hesaplandığında daha bariz olarak ortaya çıkar.

Tablo 5.1 Çeşitli metodların verdikleri sonuçların birbiriyle karşılaştırılması

	$Q_1$ ( $m^3/s$ )	$Q_2$ ( $m^3/s$ )	$h_1$ (m)	$h_2$ (m)	$L$ (m)	$b$ (m)
<b>Forcheimer</b>	0,253	0,120	0,344	0,355	3,0	0,5
<b>Collinge (Tchobanoglous)</b>	0,182	0,120	0,305	0,355	3,0	0,5
<b>Chao-Trussell</b>	0,171	0,120	0,320	0,355	3,0	0,5
<b>Muslu-Tozluk</b>	0,180	0,120	0,308	0,355	3,0	0,5
<b>Dikdörtgen Savak Formülüyle Yaklaşık Metod</b>	0,180	0,120	0,490 5	-	0,31	0,5

Bunlardan Collinge, ölçme sonuçlarına dayanan amprik katsayıları kullanan bir iterasyon metodudur. Deneylerdeki değişme bölgesi için en doğru sonuçları vermesi beklenir. Bu sebeple Tchobanoglous tarafından tavsiye edilmiştir. Ancak karışık ifadeli De Marchi formülü ile birlikte uzun iterasyonları gerektirdiğinden kullanışlı değildir. Bu sebepten literatürde debi dağıtım kanallarının bilgisayar programı ile hesabında, bunun yerine (2.19) No'lu analitik ifade kullanılmıştır. Ancak bu formül yaklaşık olup deney neticeleri tarafından tam olarak doğrulanmamaktadır. Ayrıca daha uzun iterasyonlar gerektirmektedir. Çünkü her savak için (2.19) bağıntısı ayrı ayrı kullanılmakta olup işlem sürekliliği kaybolmaktadır. Bu sebeple bu bölümdeki araştırmamızda hem deney neticelerine uyması, hem de Ek A'deki bilgisayar programı ile kolaylıkla hesaplanabilmesi sebebiyle, Muslu ve Tozluk (1994)'de önerilen yaklaşım benimsenmiştir. Bu husus aşağıda daha etraflı olarak ele alınacaktır.

## 5.2 Sabit Özgül Enerji Halinde Debi Dağıtım Kanalının Hesabı

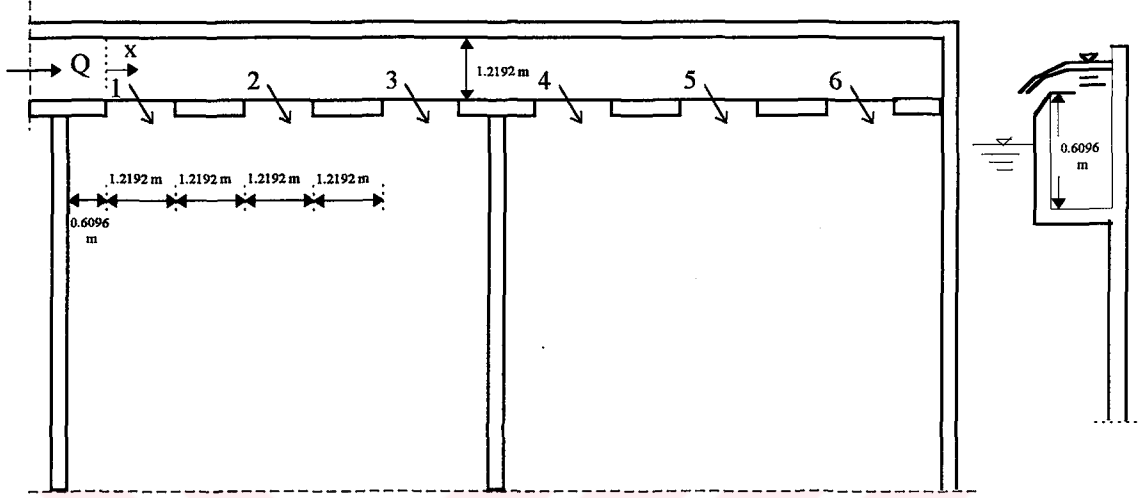
Bu halde takip edilecek yaklaşım, Chao ve Trussell (1980) ile karşılaştırma imkanı da sağlamak için Şekil 5.1'deki dağıtım kanalı üzerinde izah edilecektir. Daha sonra Kısım 5.3'de bu işlemleri yapmak üzere bilgisayar programları geliştirilecektir. Bu dağıtım kanalının genişliği  $b = 1.2192 \text{ m}$  ( $= 4 \text{ ft}$ ) olup üzerinde 6 adet yan savak mevcuttur. Savakların kret yükseklikleri  $p = 0.6096 \text{ m}$  ( $= 2 \text{ ft}$ ) dir.  $Q = 0.65723 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $= 15 \text{ mgd}$ ) giriş debisinin bu 6 yan savak tarafından dağıtılması istenmektedir.

Her bir yan savağın debisi  $q_1, q_2, \dots, q_6$  ile gösterilirse, neticede  $Q = \sum_{i=1}^6 q_i$  ve 6.

savağının mansabında kanaldaki debi  $Q = 0$  olmalıdır. Bu noktada debinin sıfır olabilmesi için su yüksekliğinin özgül enerji yüksekliğine eşit olması gerekir. Başka bir ifade ile bu noktada boyutsuz su yüksekliği  $z = h / E = E / E = 1$  olmalıdır.

Chao ve Trussell (1980), savaklar arasında su yüksekliğinin ve debinin değişmediğini kabul etmekte ve bütün kanal boyunca özgül enerjiyi sabit almaktadır. Bu şartlar altında hidrolik durum, 6 savağın birleşmiş olması ile aynı olacaktır. Bu savağın toplam uzunluğu  $\sum L_i = (6)(1.2192) = 7.3152 \text{ m}$  olur. Boyutsuz koordinatlar kullanılırsa herbir savağın uzunluğu  $L / b = 1.2192 / 1.2192 = 1.0$  ve 6. savağın

mansap noktasının başlangıca uzaklığı  $x = 6.0$  noktasında  $z = 1$  ve  $Q = 0$  olmalıdır.



Şekil 5.1 Dikdörtgen kesitli, dikdörtgen yan savaklı dağıtım kanalı

Bu problemi Ek B' deki programla çözmek için birinci savağın menba kesitindeki  $z_A$  boyutsuz su yüksekliğinin ve  $E$  değerinin bilinmesi gerekir. Bu hal için Ek A'daki bilgisayar programı,  $h$  su yüksekliğini ve  $Q$  debisini verecek bir şekilde getirilebilir. Bu program listesi Ek B'de gösterilmiştir. Başlangıçtaki  $z_A$  değeri bilinmediğinden çözüme ancak iterasyon yapılarak ulaşılabilir. O halde iterasyonla öyle bir  $z_A$  değeri bulunmalıdır ki  $Q = 0.65723 \text{ m}^3 / \text{s}$  giriş debisi için savak sonunda  $x = \Sigma \Delta L / b = 6.0$  noktasında  $z_B = 1$  olsun.

Bilgisayar giriş dataları  $z_A$ 'nın fonksiyonu olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$E = h + \frac{Q^2}{b^2 h^2} \frac{1}{2g} \quad (5.1)$$

(5.1) bağıntısında  $h = h_A = E z_A$  konursa

$$E = E z_A + \frac{Q^2}{b^2 H^2 z_A^2} \frac{1}{2g} \quad (5.2)$$

olur. Her iki taraf E ile bölünürse

$$= z_A + \frac{Q^2}{b^2 z_A^2 2g} \frac{1}{E^3} \quad (5.3)$$

$$(1 - z_A)E^3 = \frac{Q^2}{b^2 z_A^2 2g}$$

$$E = \left[ \frac{Q^2}{2gb^2 z_A^2 (1 - z_A)} \right]^{1/3} \quad (5.4)$$

bulunur. Tablo 5.2'de  $z_A = 0.9638542$  için sonuncu iterasyona ait bilgisayar çıktısı gösterilmiştir. Burada  $z_A = 0.9638542$  için istenen şart sağlandığından yani  $x = 6$  için  $z_B = 0.99999999 \cong 1.0$  bulunduğundan, aşağıda bu sonuncu iterasyon kademesi için bilgisayar giriş dataları hesaplanmıştır. Gerçekten, verilen değerler (5.4) bağıntısında yerine konursa

$$z_A = 0.9638542$$

$$E = \left[ \frac{0.65723^2}{2(9.81)(1.2192)^2 (0.9638542)^2 (1 - 0.9638542)} \right]^{1/3} = 0.76120516$$

$$\frac{p}{E} = \frac{0.6096}{0.76120516} = 0.80083534$$

olur. Ek C'deki bilgisayar programı, bu giriş datalarına göre verilen bir debi için işlem yapacak şekilde geliştirilmiştir. (Program listesi için Ek C'ye bkz.) .  $\Delta L / b = 0.04$  için Ek C' deki program ve yukarıdaki giriş dataları ile elde edilen bilgisayar çıktısı Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.2 Ek C' de verilen program yardımıyla hesaplanan  
 $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p/E, Q_{giriş}, b)$  ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p/E, Q_{giriş}, b)$   
fonksiyonları

$$z_1 = 0.9638542 \quad ; \quad p/E = 0.80083534 \quad ; \quad \Delta L/b = 0.04$$

$$Q_{giriş} = 0.65723 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad b = 1.219200 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)
0.9638542	0.9642421	0.2738661	0.9901408	0.0400000	0.7336909	0.6572300
0.9642421	0.9646293	0.2723380	0.9901958	0.0800000	0.7342808	0.6506683
0.9646293	0.9650158	0.2708051	0.9902510	0.1200000	0.7345751	0.6473627
0.9650158	0.9654016	0.2692675	0.9903064	0.1600000	0.7348687	0.6440407
0.9654016	0.9657866	0.2677252	0.9903619	0.2000000	0.7351619	0.6407021
0.9657866	0.9661710	0.2661781	0.9904176	0.2400000	0.7354544	0.6373471
0.9661710	0.9665545	0.2646262	0.9904735	0.2800000	0.7357463	0.6339754
0.9665545	0.9669372	0.2630697	0.9905295	0.3200000	0.7360377	0.6305872
0.9669372	0.9673191	0.2615084	0.9905857	0.3600000	0.7363284	0.6271824
0.9673191	0.9677001	0.2599424	0.9906421	0.4000000	0.7366184	0.6237610
0.9677001	0.9680803	0.2583717	0.9906986	0.4400000	0.7369078	0.6203231
0.9680803	0.9684595	0.2567963	0.9907553	0.4800000	0.7371965	0.6168684
0.9684595	0.9688379	0.2552162	0.9908122	0.5200000	0.7374845	0.6133972
0.9688379	0.9692152	0.2536314	0.9908693	0.5600000	0.7377717	0.6099093
0.9692152	0.9695916	0.2520419	0.9909265	0.6000000	0.7380582	0.6064048
0.9695916	0.9699670	0.2504478	0.9909839	0.6400000	0.7383440	0.6028836
0.9699670	0.9703413	0.2488490	0.9910414	0.6800000	0.7386289	0.5993457
0.9703413	0.9707146	0.2472456	0.9910992	0.7200000	0.7389131	0.5957912
0.9707146	0.9710868	0.2456375	0.9911571	0.7600000	0.7391964	0.5922200
0.9710868	0.9714579	0.2440248	0.9912151	0.8000000	0.7394789	0.5886322
0.9714579	0.9718279	0.2424074	0.9912733	0.8400000	0.7397605	0.5850276
0.9718279	0.9721966	0.2407855	0.9913317	0.8800000	0.7400412	0.5814064
0.9721966	0.9725642	0.2391589	0.9913903	0.9200000	0.7403210	0.5777685
0.9725642	0.9729306	0.2375277	0.9914490	0.9600000	0.7405999	0.5741140
0.9729306	0.9732958	0.2358920	0.9915079	1.0000000	0.7408778	0.5704427
0.9732958	0.9736596	0.2342517	0.9915669	1.0400000	0.7411548	0.5667548
0.9736596	0.9740222	0.2326068	0.9916262	1.0800000	0.7414308	0.5630503
0.9740222	0.9743834	0.2309574	0.9916855	1.1200000	0.7417058	0.5593291
0.9743834	0.9747433	0.2293034	0.9917451	1.1600000	0.7419797	0.5555913
0.9747433	0.9751018	0.2276449	0.9918048	1.2000000	0.7422526	0.5518368
0.9751018	0.9754590	0.2259819	0.9918647	1.2400000	0.7425245	0.5480658
0.9754590	0.9758146	0.2243144	0.9919247	1.2800000	0.7427952	0.5442781
0.9758146	0.9761688	0.2226423	0.9919849	1.3200000	0.7430648	0.5404739
0.9761688	0.9765216	0.2209659	0.9920452	1.3600000	0.7433333	0.5366530
0.9765216	0.9768728	0.2192849	0.9921057	1.4000000	0.7436007	0.5328157
0.9768728	0.9772224	0.2175995	0.9921664	1.4400000	0.7438668	0.5289618
0.9772224	0.9775705	0.2159096	0.9922273	1.4800000	0.7441318	0.5250914

Tablo 5.2 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h	Q
0.9775705	0.9779170	0.2142154	0.9922882	1.5200000	0.7443956	0.5212045
0.9779170	0.9782619	0.2125167	0.9923494	1.5600000	0.7446581	0.5173011
0.9782619	0.9786051	0.2108136	0.9924107	1.6000000	0.7449193	0.5133813
0.9786051	0.9789466	0.2091061	0.9924722	1.6400000	0.7451793	0.5094451
0.9789466	0.9792864	0.2073943	0.9925338	1.6800000	0.7454379	0.5054926
0.9792864	0.9796245	0.2056781	0.9925956	1.7200000	0.7456953	0.5015236
0.9796245	0.9799607	0.2039576	0.9926575	1.7600000	0.7459513	0.4975384
0.9799607	0.9802952	0.2022327	0.9927196	1.8000000	0.7462059	0.4935368
0.9802952	0.9806279	0.2005036	0.9927819	1.8400000	0.7464591	0.4895190
0.9806279	0.9809587	0.1987701	0.9928443	1.8800000	0.7467109	0.4854850
0.9809587	0.9812877	0.1970324	0.9929068	1.9200000	0.7469613	0.4814349
0.9812877	0.9816147	0.1952904	0.9929695	1.9600000	0.7472102	0.4773685
0.9816147	0.9819398	0.1935442	0.9930324	2.0000000	0.7474577	0.4732861
0.9819398	0.9822629	0.1917937	0.9930954	2.0400000	0.7477036	0.4691877
0.9822629	0.9825840	0.1900391	0.9931586	2.0800000	0.7479481	0.4650732
0.9825840	0.9829031	0.1882802	0.9932219	2.1200000	0.7481910	0.4609427
0.9829031	0.9832201	0.1865172	0.9932854	2.1600000	0.7484323	0.4567964
0.9832201	0.9835350	0.1847500	0.9933490	2.2000000	0.7486720	0.4526342
0.9835350	0.9838479	0.1829787	0.9934128	2.2400000	0.7489102	0.4484562
0.9838479	0.9841586	0.1812032	0.9934767	2.2800000	0.7491467	0.4442624
0.9841586	0.9844671	0.1794237	0.9935407	2.3200000	0.7493815	0.4400529
0.9844671	0.9847734	0.1776401	0.9936050	2.3600000	0.7496147	0.4358277
0.9847734	0.9850775	0.1758524	0.9936693	2.4000000	0.7498462	0.4315870
0.9850775	0.9853793	0.1740607	0.9937338	2.4400000	0.7500759	0.4273307
0.9853793	0.9856789	0.1722649	0.9937985	2.4800000	0.7503039	0.4230590
0.9856789	0.9859761	0.1704652	0.9938633	2.5200000	0.7505302	0.4187719
0.9859761	0.9862710	0.1686614	0.9939282	2.5600000	0.7507547	0.4144694
0.9862710	0.9865636	0.1668537	0.9939933	2.6000000	0.7509774	0.4101516
0.9865636	0.9868537	0.1650421	0.9940585	2.6400000	0.7511982	0.4058187
0.9868537	0.9871414	0.1632265	0.9941238	2.6800000	0.7514172	0.4014706
0.9871414	0.9874266	0.1614071	0.9941893	2.7200000	0.7516343	0.3971074
0.9874266	0.9877094	0.1595837	0.9942550	2.7600000	0.7518496	0.3927292
0.9877094	0.9879896	0.1577565	0.9943208	2.8000000	0.7520629	0.3883362
0.9879896	0.9882673	0.1559255	0.9943867	2.8400000	0.7522743	0.3839282
0.9882673	0.9885425	0.1540907	0.9944527	2.8800000	0.7524837	0.3795056
0.9885425	0.9888150	0.1522520	0.9945189	2.9200000	0.7526912	0.3750682
0.9888150	0.9890849	0.1504096	0.9945853	2.9600000	0.7528966	0.3706163
0.9890849	0.9893522	0.1485635	0.9946517	3.0000000	0.7531001	0.3661498
0.9893522	0.9896167	0.1467136	0.9947183	3.0400000	0.7533014	0.3616689
0.9896167	0.9898786	0.1448600	0.9947850	3.0800000	0.7535008	0.3571737
0.9898786	0.9901377	0.1430028	0.9948519	3.1200000	0.7536980	0.3526642
0.9901377	0.9903941	0.1411419	0.9949189	3.1600000	0.7538932	0.3481406
0.9903941	0.9906476	0.1392774	0.9949860	3.2000000	0.7540862	0.3436029
0.9906476	0.9908984	0.1374092	0.9950533	3.2400000	0.7542771	0.3390513

Tablo 5.2 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h	Q
0.9908984	0.9911463	0.1355375	0.9951206	3.2800000	0.7544658	0.3344857
0.9911463	0.9913913	0.1336623	0.9951882	3.3200000	0.7546523	0.3299064
0.9913913	0.9916334	0.1317835	0.9952558	3.3600000	0.7548366	0.3253134
0.9916334	0.9918726	0.1299012	0.9953236	3.4000000	0.7550186	0.3207069
0.9918726	0.9921089	0.1280154	0.9953914	3.4400000	0.7551985	0.3160868
0.9921089	0.9923421	0.1261262	0.9954595	3.4800000	0.7553760	0.3114534
0.9923421	0.9925724	0.1242335	0.9955276	3.5200000	0.7555513	0.3068068
0.9925724	0.9927996	0.1223375	0.9955958	3.5600000	0.7557242	0.3021470
0.9927996	0.9930237	0.1204381	0.9956642	3.6000000	0.7558949	0.2974742
0.9930237	0.9932448	0.1185353	0.9957327	3.6400000	0.7560631	0.2927884
0.9932448	0.9934627	0.1166292	0.9958013	3.6800000	0.7562290	0.2880899
0.9934627	0.9936775	0.1147198	0.9958701	3.7200000	0.7563925	0.2833786
0.9936775	0.9938891	0.1128072	0.9959389	3.7600000	0.7565536	0.2786548
0.9938891	0.9940976	0.1108913	0.9960079	3.8000000	0.7567123	0.2739185
0.9940976	0.9943028	0.1089722	0.9960770	3.8400000	0.7568685	0.2691699
0.9943028	0.9945048	0.1070499	0.9961462	3.8800000	0.7570223	0.2644090
0.9945048	0.9947035	0.1051245	0.9962155	3.9200000	0.7571735	0.2596361
0.9947035	0.9948989	0.1031959	0.9962849	3.9600000	0.7573223	0.2548512
0.9948989	0.9950910	0.1012643	0.9963545	4.0000000	0.7574685	0.2500545
0.9950910	0.9952798	0.0993295	0.9964241	4.0400000	0.7576122	0.2452461
0.9952798	0.9954652	0.0973918	0.9964939	4.0800000	0.7577533	0.2404261
0.9954652	0.9956472	0.0954510	0.9965638	4.1200000	0.7578919	0.2355947
0.9956472	0.9958258	0.0935072	0.9966337	4.1600000	0.7580278	0.2307519
0.9958258	0.9960010	0.0915605	0.9967038	4.2000000	0.7581612	0.2258980
0.9960010	0.9961727	0.0896109	0.9967740	4.2400000	0.7582919	0.2210331
0.9961727	0.9963409	0.0876583	0.9968443	4.2800000	0.7584199	0.2161573
0.9963409	0.9965057	0.0857030	0.9969147	4.3200000	0.7585453	0.2112707
0.9965057	0.9966669	0.0837447	0.9969852	4.3600000	0.7586680	0.2063735
0.9966669	0.9968245	0.0817837	0.9970558	4.4000000	0.7587880	0.2014659
0.9968245	0.9969786	0.0798199	0.9971265	4.4400000	0.7589053	0.1965480
0.9969786	0.9971291	0.0778534	0.9971973	4.4800000	0.7590199	0.1916198
0.9971291	0.9972759	0.0758842	0.9972682	4.5200000	0.7591317	0.1866817
0.9972759	0.9974192	0.0739123	0.9973392	4.5600000	0.7592407	0.1817337
0.9974192	0.9975587	0.0719377	0.9974102	4.6000000	0.7593469	0.1767759
0.9975587	0.9976946	0.0699606	0.9974814	4.6400000	0.7594504	0.1718086
0.9976946	0.9978268	0.0679808	0.9975527	4.6800000	0.7595510	0.1668319
0.9978268	0.9979553	0.0659985	0.9976241	4.7200000	0.7596488	0.1618460
0.9979553	0.9980801	0.0640137	0.9976955	4.7600000	0.7597438	0.1568509
0.9980801	0.9982010	0.0620265	0.9977670	4.8000000	0.7598359	0.1518470
0.9982010	0.9983182	0.0600367	0.9978387	4.8400000	0.7599251	0.1468342
0.9983182	0.9984317	0.0580446	0.9979104	4.8800000	0.7600114	0.1418128
0.9984317	0.9985413	0.0560500	0.9979822	4.9200000	0.7600948	0.1367830
0.9985413	0.9986470	0.0540532	0.9980541	4.9600000	0.7601754	0.1317449
0.9986470	0.9987489	0.0520540	0.9981261	5.0000000	0.7602529	0.1266987

Tablo 5.2 (Devam)

$z_1$	$z_2$	$Fr$	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	$h$	$Q$
0.9987489	0.9988470	0.0500525	0.9981981	5.0400000	0.7603276	0.1216446
0.9988470	0.9989412	0.0480488	0.9982702	5.0800000	0.7603992	0.1165826
0.9989412	0.9990314	0.0460428	0.9983425	5.1200000	0.7604680	0.1115131
0.9990314	0.9991178	0.0440347	0.9984148	5.1600000	0.7605337	0.1064361
0.9991178	0.9992002	0.0420244	0.9984871	5.2000000	0.7605964	0.1013518
0.9992002	0.9992786	0.0400120	0.9985596	5.2400000	0.7606561	0.0962605
0.9992786	0.9993531	0.0379976	0.9986321	5.2800000	0.7607128	0.0911622
0.9993531	0.9994236	0.0359811	0.9987047	5.3200000	0.7607665	0.0860572
0.9994236	0.9994901	0.0339626	0.9987773	5.3600000	0.7608171	0.0809456
0.9994901	0.9995526	0.0319421	0.9988501	5.4000000	0.7608647	0.0758277
0.9995526	0.9996111	0.0299197	0.9989229	5.4400000	0.7609092	0.0707035
0.9996111	0.9996655	0.0278954	0.9989958	5.4800000	0.7609506	0.0655733
0.9996655	0.9997159	0.0258692	0.9990687	5.5200000	0.7609890	0.0604373
0.9997159	0.9997622	0.0238412	0.9991417	5.5600000	0.7610242	0.0552956
0.9997622	0.9998044	0.0218114	0.9992148	5.6000000	0.7610564	0.0501485
0.9998044	0.9998426	0.0197798	0.9992879	5.6400000	0.7610854	0.0449960
0.9998426	0.9998766	0.0177466	0.9993611	5.6800000	0.7611113	0.0398385
0.9998766	0.9999065	0.0157116	0.9994344	5.7200000	0.7611341	0.0346761
0.9999065	0.9999323	0.0136750	0.9995077	5.7600000	0.7611537	0.0295090
0.9999323	0.9999539	0.0116369	0.9995811	5.8000000	0.7611702	0.0243375
0.9999539	0.9999715	0.0095972	0.9996545	5.8400000	0.7611835	0.0191620
0.9999715	0.9999848	0.0075561	0.9997280	5.8800000	0.7611937	0.0139835
0.9999848	0.9999940	0.0055140	0.9998015	5.9200000	0.7612007	0.0088074
0.9999940	0.9999989	0.0034729	0.9998750	5.9600000	0.7612044	0.0037066
0.9999989	1.0000000	0.0014615	0.9999474	6.0000000	0.7612052	0.0003586

Savakların menba kesitleri  $x = 1$ ,  $x = 2$ , ..... ve  $x = 6$  koordinatlarına tekabül ettiğinden Tablo 5.2'de bu değerlere ait boyutlu su yükseklikleri ve debiler şu şekilde hesaplanmıştır. Mesela  $x = 1$  için su yüksekliği ve debi,

$$z = 0.9729306$$

$$h = 0.9729306 E = (0.9729306)(0.76120516) = 0.7408777$$

$$Q = bh\sqrt{2g(E-h)}$$

$$Q = (1.2192)(0.7408777)\sqrt{2(9.81)(0.76120516 - 0.7408777)} = 0.5704427 \text{ m}^3/\text{s}$$

olur.  $x = 1, 2, \dots$  ve 5 için bu şekilde hesaplanan değerler Tablo 5.3'de toplu olarak verilmiştir. Sonuncu savağın mansap kesitinde  $x= 6$  için  $z \cong 1,0$  ve  $Q = 0$  olmalıdır.

Tablo 5.3 Savakların menba kesitlerindeki su yükseklikleri ve debiler

Boyut- suz Mesafe  x	Savak No	Menba Su Yükseklikleri			Debi			
		Geliştirilen Metoda Göre		Chao- Trussell' e Göre	Geliştirilen Metoda Göre		Chao-Trussell'e Göre	
		z	h (m)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Savaklanan (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Savakla- nan (m <sup>3</sup> /s)
0		0.963854	0.7337	0.7254	0.657230		0.65723	
	1					0.086787		0.087018
1		0.972931	0.7409	0.7345	0.570443		0.570212	
	2					0.097157		0.097863
2		0.981615	0.7475	0.7422	0.473286		0.472349	
	3					0.107137		0.108227
3		0.989085	0.7531	0.7498	0.366149		0.364122	
	4					0.116095		0.116977
4		0.994899	0.7575	0.7544	0.250054		0.247145	
	5					0.123356		0.122782
5		0.998647	0,7603	0.7574	0.126698		0.124363	
	6					0.126340		0.125104
6		0.999998	0.7612	-	0.000358		-0.000741	
Toplam	-	-	-	-	-	0.656872	-	0.657970

Tablo 5.3'de 6. savağın sonunda debinin sıfır yerine 0.3586 l / s çıkması iterasyon kademesindeki hatayı gösterir. Bu hata:

- (a)  $\Delta L / b$  adımını küçülterek
- (b)  $z_A$ 'yı değiştirerek

istenilen mertebeye indirilebilir (Kısım 5.3'e bkz). Aynı şekilde Chao-Trussell çözümünde de (-0.741) 1/s' lik bir hata vardır. Bu , toplam savaklanan debinin 0.6572 m<sup>3</sup>/s yerine 0.657971 m<sup>3</sup>/s olmasıyla ortaya çıkmaktadır.

Chao-Trussell çözümü ile geliştirdiğimiz nümerik entegrasyon çözümü arasındaki fark, savaklanan debinin hesap şeklinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Chao-Trussell, ortalama bir hidrolik yük kabul ederek savaklanan debiyi basit dikdörtgen savak formülü yardımıyla hesaplamaktadır. Buradaki hata, hidrolik rejim, sel rejimine doğru kayarken, yani Froude sayısı büyürken bariz şekilde ortaya çıkar. Bu hususu açıklamadan önce her iki metodda savaklanan debilerin nasıl bulunduğunu Tablo 5.3'den bir misal vererek açıklayalım. Tablo 5.2'de, birinci savağın menbaındaki debi,  $Q_1 = 0.65723 \text{ m}^3 / \text{s}$  ve su yüksekliği  $h_1 = 0.7336908 \text{ m}$  olduğu zaman nümerik entegrasyon metodu ile  $h_2 = 0.7408777 \text{ m}$  ve  $Q_2 = 0.5704428 \text{ m}^3 / \text{s}$  bulunmuştu. (Savaklanan debi =  $(Q_1 - Q_2) = 0.65723 - 0.5704428 = 0.0867872 \text{ m}^3 / \text{s}$ ). Aynı giriş debisi ve su yüksekliği için  $Q_2$  ve  $h_2$  değerini Chao-Trussell metodu ile hesaplayarak iki yaklaşım arasındaki farkı belirtelim.

$$p = 0.6096 \text{ m}$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{bh_1} = \frac{0.65723}{(1.2192)(0.7336908)} = 0.734732 \text{ m/s}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{0.734732}{\sqrt{9.81(0.7336908)}} = 0.273866$$

$$C_w = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3(0.273866)^2}{(0.273866)^2 + 2}} = 0.576922$$

Bu debi katsayısı ile Chao-Trussell, dikdörtgen savak formülünü kullanarak, savaktan geçen debiyi hesaplamıştır. Ancak burada hidrolik yük değişken olduğu halde sabit kabul edilmekte ve  $(h_1 + h_2) / 2$  alınmaktadır. Hata buradan kaynaklanmaktadır. Bu kabulü uygulayabilmek için  $h_2$  için bir tahmin yapmak gerekir.  $h_2 = 0.7412 \text{ m}$  kabul ederek bir deneme yapalım.

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0.7336908 + 0.7412}{2} = 0.737445 \text{ m}$$

$$\text{Savaklanan Debi} = \Delta = Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3}(L)(C_w)\sqrt{2g}(\bar{h} - p)^{3/2}$$

$$Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3}(1.2192)(0.576922)\sqrt{2(9.81)}[0.737445 - 0.6096]^{3/2}$$

$$Q_1 - Q_2 = 0.0949458 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = Q_1 - \Delta = 0.65723 - 0.0949458 = 0.562284 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak elde edilir. Kabul edilen  $h_2$  su yüksekliğinin doğruluğunu kontrol edelim:

$$E = h_2 + \left(\frac{Q_2}{bh_2}\right)^2 \frac{1}{2g}$$

$$0.76120516 = 0.7412 + \left(\frac{0.561832}{(1.2192)(0.7412)}\right)^2 \frac{1}{2(9.81)}$$

Denklemin her iki tarafı birbirine eşit olduğundan kabul edilen  $h_2$  değeri doğrudur. Bu misalde çok hakim bir nehir rejimi olduğundan savaklanan debiler birbirine yakın çıkmıştır. Froude sayısı, dolayısıyla  $z_A$  küçüldükçe, bu fark büyür.

İkinci bir misal olarak aynı dağıtım kanalında  $p = 0.56 \text{ m}$ ,  $p/E = 0.70$ ,  $E = 0.80 \text{ m}$  ve  $z_A = 0.87$  için birinci savaktan geçen debiyi her iki metodla bulalım:

$\Delta L/b = 0.04$  için Ek B'deki program ve yukarıdaki giriş dataları ile elde edilen bilgisayar çıktısı Tablo 5.4'de görülmektedir. Ek B'deki programa göre,

$$\frac{p}{E} = 0.70 \quad \Rightarrow \quad p = 0.70E = (0.70)(0.80) = 0.56 \text{ m}$$

$$h_1 = z_A E = (0.87) (0.8) = 0.696 \text{ m}$$

$$Q_1 = 1.2192(0.696)\sqrt{2(9.81)(0.8 - 0.696)} = 1.21213 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tablo 5.4 Ek B'de verilen program yardımıyla 6 savaklı bir dağıtım kanalı için birinci savak sonunda hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p/E, E, b)$  ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p/E, E, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.87 \quad ; \quad p/E = 0.7 \quad ; \quad \Delta L/b = 0.02 \quad ; \quad E = 0.8 \text{ m}$$

$$b = 1.2192 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)
0.8700000	0.8704306	0.546672	0.980320	0.020000	0.696000	1.212133
0.8704306	0.8708620	0.545631	0.980357	0.040000	0.696690	1.209305
0.8708620	0.8712942	0.544587	0.980395	0.060000	0.697035	1.207879
0.8712942	0.8717272	0.543540	0.980433	0.080000	0.697382	1.206444
0.8717272	0.8721610	0.542490	0.980470	0.100000	0.697729	1.205002
0.8721610	0.8725957	0.541437	0.980508	0.120000	0.698077	1.203551
0.8725957	0.8730311	0.540382	0.980546	0.140000	0.698425	1.202092
0.8730311	0.8734673	0.539323	0.980584	0.160000	0.698774	1.200625
0.8734673	0.8739043	0.538261	0.980623	0.180000	0.699123	1.199150
0.8739043	0.8743421	0.537197	0.980661	0.200000	0.699474	1.197666
0.8743421	0.8747806	0.536129	0.980699	0.220000	0.699825	1.196174
0.8747806	0.8752200	0.535058	0.980738	0.240000	0.700176	1.194673
0.8752200	0.8756601	0.533985	0.980777	0.260000	0.700528	1.193164
0.8756601	0.8761009	0.532908	0.980815	0.280000	0.700881	1.191647
0.8761009	0.8765426	0.531829	0.980854	0.300000	0.701234	1.190121
0.8765426	0.8769849	0.530746	0.980893	0.320000	0.701588	1.188586
0.8769849	0.8774281	0.529661	0.980932	0.340000	0.701942	1.187043
0.8774281	0.8778719	0.528573	0.980971	0.360000	0.702298	1.185491
0.8778719	0.8783165	0.527481	0.981011	0.380000	0.702653	1.183931
0.8783165	0.8787619	0.526387	0.981050	0.400000	0.703010	1.182361
0.8787619	0.8792079	0.525290	0.981090	0.420000	0.703366	1.180783
0.8792079	0.8796547	0.524190	0.981129	0.440000	0.703724	1.179196
0.8796547	0.8801023	0.523086	0.981169	0.460000	0.704082	1.177601
0.8801023	0.8805505	0.521980	0.981209	0.480000	0.704440	1.175996
0.8805505	0.8809994	0.520871	0.981249	0.500000	0.704800	1.174383
0.8809994	0.8814490	0.519759	0.981289	0.520000	0.705159	1.172760
0.8814490	0.8818994	0.518643	0.981329	0.540000	0.705519	1.171129
0.8818994	0.8823504	0.517525	0.981369	0.560000	0.705880	1.169488
0.8823504	0.8828021	0.516404	0.981409	0.580000	0.706242	1.167838
0.8828021	0.8832545	0.515280	0.981450	0.600000	0.706604	1.166180
0.8832545	0.8837075	0.514153	0.981490	0.620000	0.706966	1.164512

Tablo 5.4 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h	Q
0.8837075	0.8841612	0.513023	0.981531	0.640000	0.707329	1.162834
0.8841612	0.8846156	0.511889	0.981572	0.660000	0.707692	1.161148
0.8846156	0.8850707	0.510753	0.981613	0.680000	0.708057	1.159452
0.8850707	0.8855263	0.509614	0.981654	0.700000	0.708421	1.157747
0.8855263	0.8859827	0.508472	0.981695	0.720000	0.708786	1.156033
0.8859827	0.8864396	0.507327	0.981736	0.740000	0.709152	1.154309
0.8864396	0.8868972	0.506179	0.981778	0.760000	0.709518	1.152575
0.8868972	0.8873554	0.505027	0.981819	0.780000	0.709884	1.150833
0.8873554	0.8878143	0.503873	0.981861	0.800000	0.710251	1.149080
0.8878143	0.8882737	0.502716	0.981902	0.820000	0.710619	1.147318
0.8882737	0.8887337	0.501556	0.981944	0.840000	0.710987	1.145547
0.8887337	0.8891944	0.500393	0.981986	0.860000	0.711356	1.143766
0.8891944	0.8896556	0.499226	0.982028	0.880000	0.711724	1.141975
0.8896556	0.8901174	0.498057	0.982070	0.900000	0.712094	1.140174
0.8901174	0.8905798	0.496885	0.982112	0.920000	0.712464	1.138364
0.8905798	0.8910428	0.495710	0.982154	0.940000	0.712834	1.136543
0.8910428	0.8915063	0.494531	0.982197	0.960000	0.713205	1.134713
0.8915063	0.8919703	0.493350	0.982239	0.980000	0.713576	1.132873
0.8919703	0.8924350	0.492166	0.982282	1.000000	0.713948	1.131023

$$h_2 = 0.713948 \text{ m} \quad ; \quad Q_2 = 1.131023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Savaklanan debi} = \Delta = Q_1 - Q_2 = 1.212133 - 1.131023 = 0.08111 \text{ m}^3/\text{s}$$

olarak elde edilmiştir. Bu debiyi Chao-Trussell ile bulalım:

$$V_1 = \frac{Q_1}{bh_1} = \frac{1.212133}{1.2192(0.696)} = 1.428453 \text{ m/s}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{1.428453}{\sqrt{9.81(0.696)}} = 0.546672$$

$$C_w = 0.611 \sqrt{1 - \frac{3(0.546672)^2}{(0.546672)^2 + 2}} = 0.477206$$

Bir ilk yaklaşım olarak  $h_2$  su yüksekliği  $h_2 = 0.718 \text{ m}$  olarak kabul edilirse

savaklanan debi,

$$\bar{h} = \frac{0.696 + 0.718}{2} = 0.707 \text{ m}$$

$$\Delta = Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} (1.2192)(0.477206) \sqrt{2(9.81)} [0.707 - 0.56]^{3/2} = 0.0968311 \text{ m}^3 / \text{s}$$

olur. Bulunan bu sonucun doğruluğu Chao-Trussell'e göre bulunan E özgül enerji yüksekliği ile kontrol edilirse, E değeri

$$Q_2 = Q_1 - \Delta = 1.212133 - 0.0968311 = 1.115302 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$E = h_2 + \left( \frac{Q_2}{bh_2} \right)^2 \frac{1}{2g} = 0.718 + \left( \frac{1.115302}{1.2192(0.718)} \right)^2 \frac{1}{2(9.81)} = 0.80073 \text{ m}$$

olarak bulunur. Bu yaklaşıklık için yukarıda bulunan  $h_2 = 0.718 \text{ m}$  değeri problemin çözümüdür.

Metodlar arasındaki fark, burada bazı nümerik misaller üzerinde açıklanmıştır. Pratikte veriler, geniş aralıklar içinde değişeceğinden, daha büyük farklar söz konusu olabilir. Bu sebeple geliştirilen bir metod, en iyisi, deney sonuçları ile mukayese edilerek doğrulanmalıdır. Bu konu Kısım 5.4'de ele alınmıştır.

### 5.3 Sabit Özgül Enerji Halinde Debi Dağıtımının Hesabı İçin Lüzumlu Bilgisayar Programlarının Geliştirilmesi

Burada, daha önce Kısım 5.2'de esasları verilen yöntemin sayısal uygulamalarına imkan sağlamak amacıyla Quick Basic dilinde geliştirilen iterasyon programları açıklanacaktır. Geliştirilen programlarda bütün savaklar için E özgül enerji yüksekliği sabit ve savaklar arasında enerji kaybı olmadığı kabul edildiği için hesaplar tek bir savaktan debi dağıtımı yapıyormuş gibi idealleştirilmiştir.

Kısım 2.1.4'de açıklandığı üzere, bir dikdörtgen kanaldaki yan savak akımında,  $h_1$  savak başlangıcındaki su derinliği,  $h_2$  savak sonu su derinliği,  $E$  enerji yüksekliği ve  $p$  savak sırtının kanal tabanından yüksekliği olduğuna göre,  $L$  savak uzunluğunun  $b$  kanal genişliğine oranı

$$\frac{L}{b} = -\frac{3}{2.444} \int_{z_2}^{z_1} \frac{2-3z}{\sqrt{(1-z)(3\psi z-2)\left(\psi z-\frac{P}{E}\right)^3}} dz \quad (5.5)$$

ifadesiyle hesaplanabilmektedir (Muslu-Tozluk 1994). Bu denklemde  $\psi$  parametresi (2.22) bağıntısı ile tanımlanmaktadır.  $z_1$  ve  $z_2$  ise

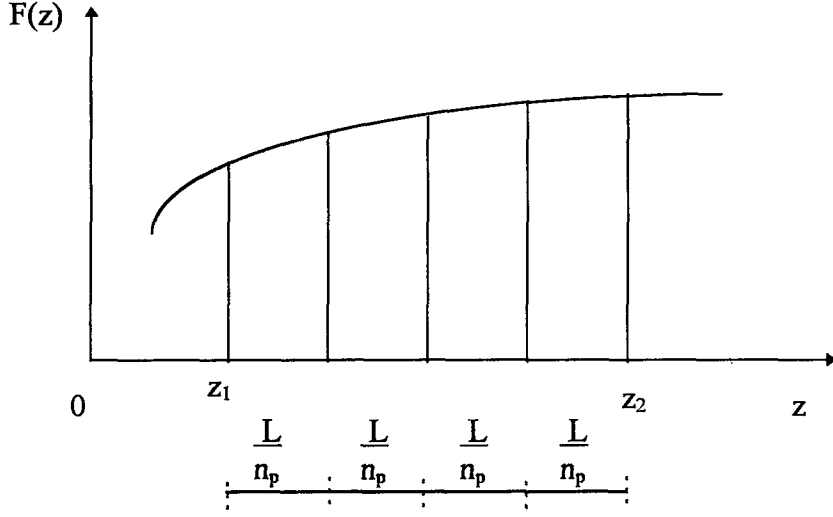
$$z_1 = \frac{h_1}{E} \quad \text{ve} \quad z_2 = \frac{h_2}{E} \quad (5.6)$$

olarak verilen boyutsuz büyüklüklerdir. (5.5) ifadesinin sağ tarafındaki bütün büyüklükler belli olduğundan, bu integralin değeri sayısal integrasyon yöntemlerinden birisi ile hesaplanabilir. Bu çalışmada, sayısal integrasyon yöntemlerinden Romberg yönteminden yararlanılmıştır (Tozluk, 1994 ; Burden ve Faires, 1985). Ek A ila Ek E' de listeleri verilen programların dayandığı esaslar aşağıda açıklanmıştır.

### 5.3.1 $\Sigma\Delta L / b = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}\right)$ Fonksiyonunu Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek A)

Esasları Tozluk (1994) ve Muslu-Tozluk (1994)'de verilen bu program, aşağıda açıklanacak değişiklikler ve ilaveler yapılarak,  $\Sigma\Delta L / b$  fonksiyonu hesaplanacak bir şekle dönüştürülmüştür (Ek A). Bu çalışma için geliştirilen bilgisayar programında, problemin verilerinin  $z_1$ ,  $p / E$  ve  $\Delta L / b$  olduğu kabul edilerek, (5.5)'de verilen bağıntının iterasyon yöntemi ile çözümü sonucu  $z_2$  boyutsuz büyüklüğü ve  $\Sigma\Delta L / b$  oranı hesaplanmaktadır. Bu amaçla savak uzunluğu yeterince küçük ve birbirine eşit parçalara ayrılır:

Bu durumda her bir parçanın uzunluğu,



Şekil 5.2 Savak uzunluğunun birbirine eşit parçalara ayrılması

$$lbo = \frac{\Delta L}{b} = \frac{L/n_p}{b} \quad (5.7)$$

olarak belirlenir. Bu ifadedeki  $n_p$  savağın bölündüğü parça sayısıdır. Daha sonra her bir parça için Froude sayısı ve  $\psi$  değeri,

$$Fr = \sqrt{2 \left( \frac{1}{z_1} - 1 \right)} \quad (5.8)$$

$$\psi = 1 - 0.036 Fr \quad (5.9)$$

bağıntıları ile hesaplanarak (5.5) bağıntısını sağlayan  $z_2$  değeri iterasyonla belirlenir.  $z_2$ 'nin alacağı değerler  $z_1 < z_2 < 1$  aralığı içinde bulunacağından iterasyon sırasında  $z_2$ 'ye önce  $(z_1 + 1) / 2$  değeri verilerek (5.5) bağıntısı yardımıyla herbir parça için

$$(\Delta L / b)_{hesap} = lbb \quad (5.10)$$

değeri hesaplanmakta ve hesaplanan bu değer, programın başlangıcında (5.7) bağıntısına göre belirlenmiş olan lbo değeri ile karşılaştırılmaktadır (Tozluk,1994). Bulunan lbb değeri ile verilen lbo değeri arasındaki fark önceden belirlenen bir hata sınırından küçükse diğer savak parçasına geçilir. Aksi durumda söz konusu savak parçası için işleme devam edilir. İterasyonda, hesaplanan lbb oranı verilen lbo oranından büyükse yeni  $z_2$  değeri ile  $z_1$  değeri, bundan önceki adımda kullanılan  $z_2$  değeri ile  $z_1$  değeri arasında olacaktır. Hesaplanan lbb oranının verilen lbo oranından küçük olması halinde ise yeni  $z_2$  değeri bundan önceki adımda kullanılan  $z_2$ 'i ile 1 arasında olacaktır. Her iki durumda da  $z_2$ 'ye yeni belirlenen alt ve üst sınırların ortalaması olan bir değer verilmektedir. Bu savak parçasında bulunan çıkış dataları bundan sonraki savak parçası için giriş datası olarak kullanılır. Bu işlem bütün savak parçaları için tekrarlanarak hesaba son verilir.

Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programının kodlanmış şekli Ek A'da verilmiş ve akış şeması Şekil 5.3' de gösterilmiştir. Programda ;

**lbo:** Problemin başlangıcında belirlenen ve karşılaştırmada kullanılan  $\Delta L/b$  değerini

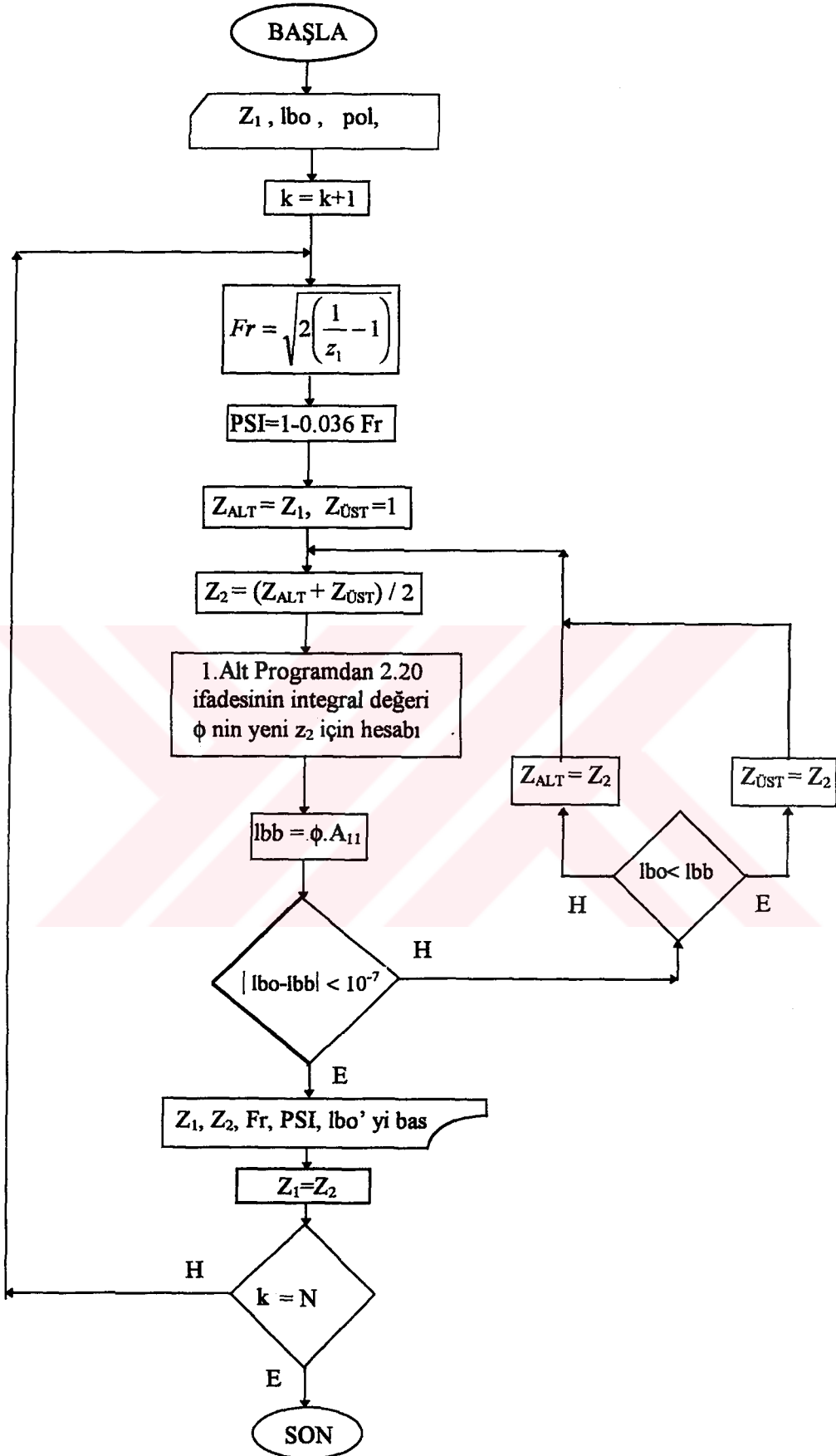
**lbb:** (5.5) bağıntısına göre her  $z_1$  ve  $z_2$ 'ye karşılık gelen  $(\Delta L/b)_{\text{hesap}}$  değerini

göstermektedir.

$$5.3.2 \quad Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$$

#### Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek B)

Bu çalışma için geliştirilen Ek B'deki programda, problemin verilerinin  $z_1$ ,  $p/E$ ,  $E$ ,  $\Delta L/b$  ve  $b$  olduğu kabul edilerek (5.5)'de verilen bağıntının iterasyon yöntemi ile çözümü sonucu  $z_2$  boyutsuz büyüklüğü,  $\Sigma \Delta L/b$  oranı (savak uzunluğu / kanal genişliği),  $h_2$  su derinliği ve bu derinliğe karşı gelen  $Q_2$  debisi hesaplanmaktadır.  $z_2$  değerini hesaplayan iterasyon metodu Kısım 5.3.1'de anlatılmıştır. Bu kısımda her



Şekil 5.4. Ek A'da verilen programın akış şeması

savak parçası için bulunan  $z_2$  değerine karşılık gelen  $h_2$  su derinliği ve  $Q_2$  debisi sırasıyla,

$$h = z_2 E \quad (5.11)$$

$$Q = bh\sqrt{2g(E-h)} \quad (5.12)$$

bağıntıları yardımı ile bulunmaktadır. Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programının kodlanmış şekli Ek B'de verilmiş ve akış şeması Şekil 5.4' de gösterilmiştir.

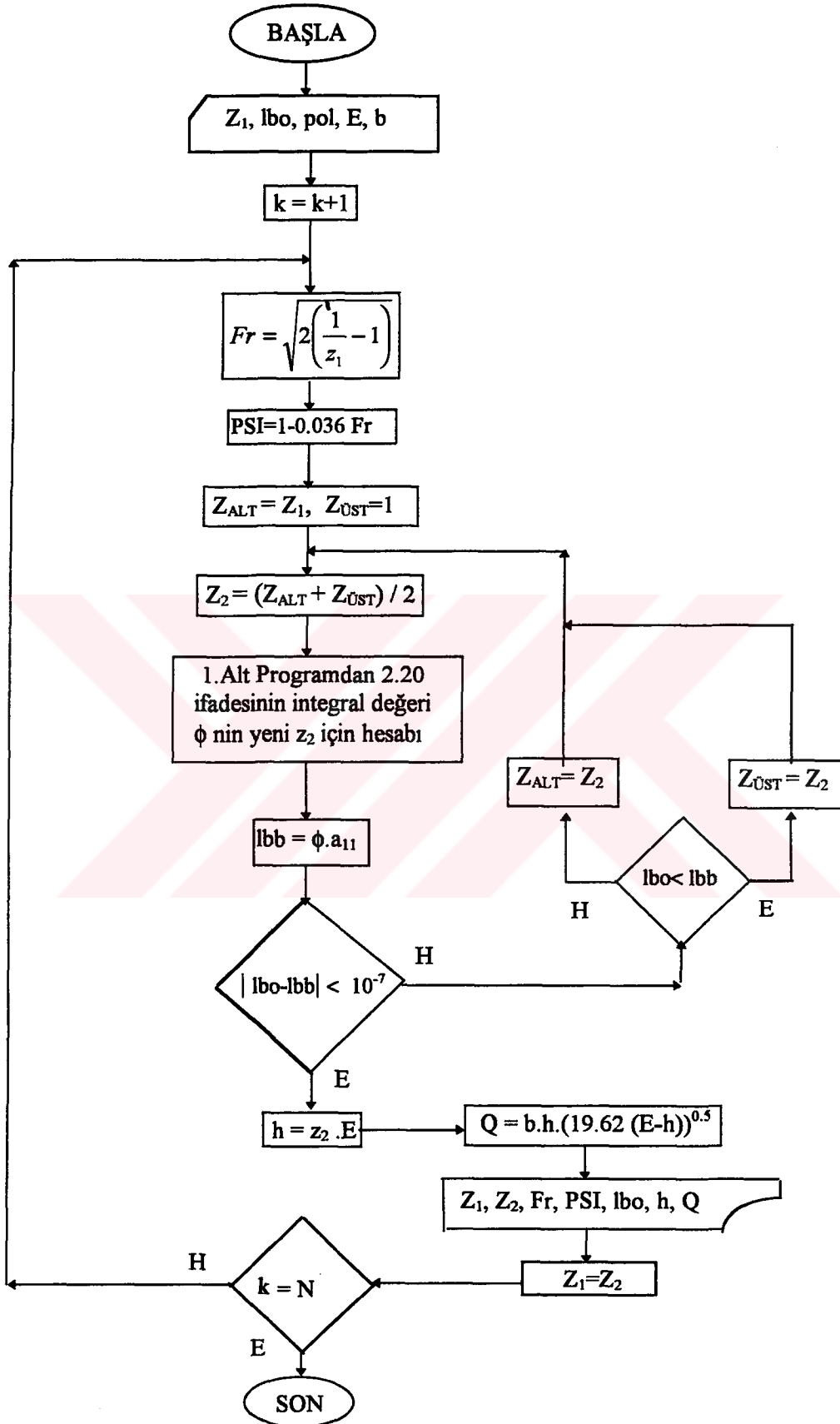
$$5.3.3 \quad Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{giriş}, b\right)$$

#### Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek C)

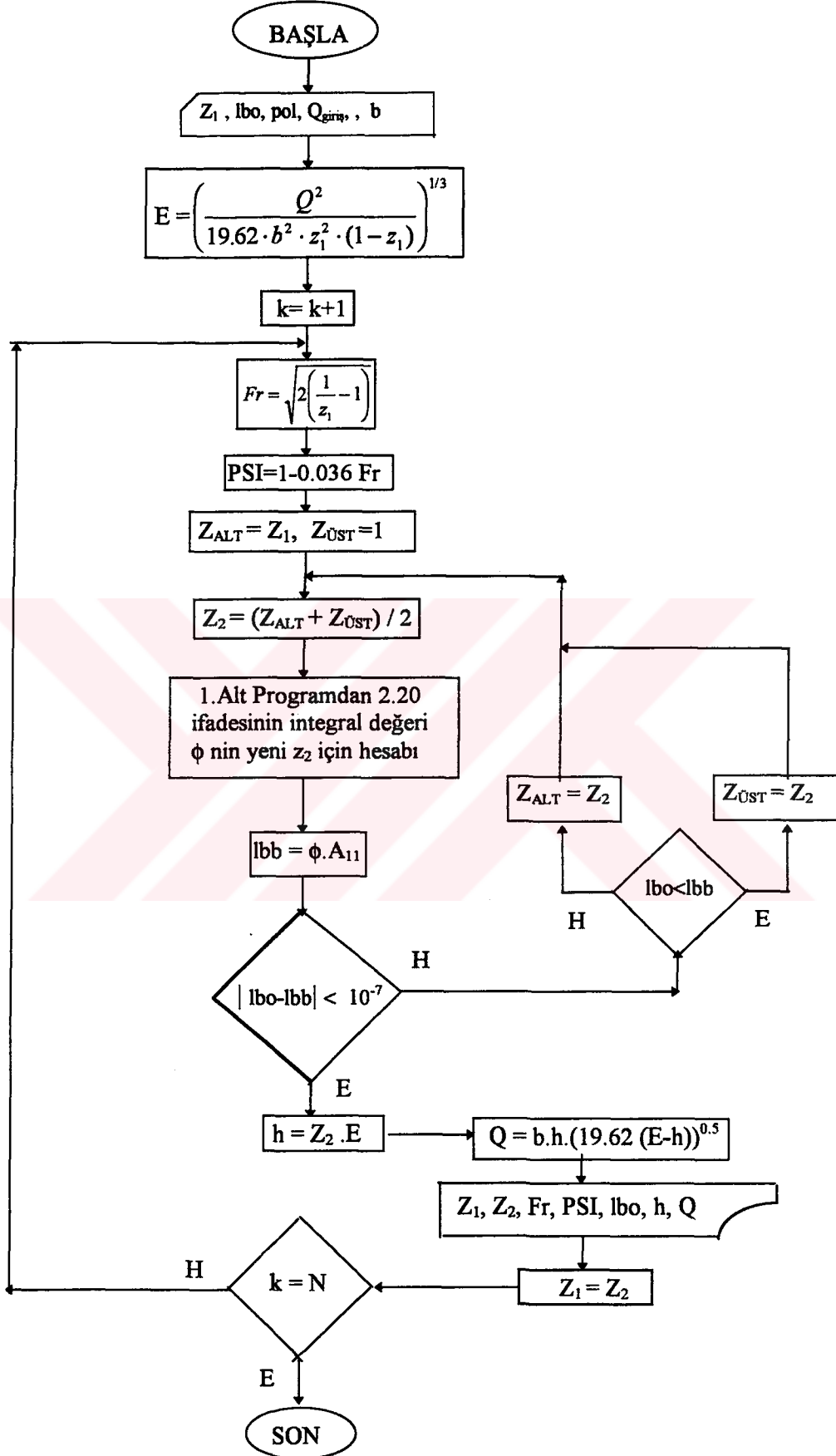
Bu çalışma için geliştirilen Ek C programında, problemin verilerinin  $z_1$ ,  $\Delta L / b$ ,  $p / E$ ,  $Q_{giriş}$  ve  $b$  olduğu kabul edilerek (5.5)'de verilen bağıntının iterasyon yöntemi ile çözümü sonucu  $z_2$  boyutsuz büyüklüğü,  $\Sigma \Delta L / b$  oranı (savak uzunluğu / kanal genişliği)  $h_2$ , su derinliği ve bu derinliğe karşı gelen  $Q_2$  debileri hesaplanmaktadır. Burada  $Q_{giriş}$ , ilk savağa giren debiyi gösterir. Program,  $z_1$ 'e,  $Q_{giriş}$  debisine ve  $b$  kanal genişliğine bağlı olarak önce (5.4) bağıntısı yardımıyla

$$E = \left( \frac{Q_{giriş}^2}{2g b_2 z_1^2 (1 - z_1)} \right)^{1/3} \quad (5.4)$$

$E$  özgül enerji yüksekliği hesaplanmakta, daha sonra  $z_2$  değeri iterasyonla bulunmaktadır.  $z_2$  değerini hesaplayan iterasyon metodu Kısım 5.3.1'de anlatılmıştır. Her savak parçası için bulunan  $z_2$  değerine karşılık gelen  $h_2$  ve  $Q_2$  değerleri Kısım 5.3.2'de anlatıldığı gibi (5.11) ve (5.12) bağıntıları yardımıyla bulunmaktadır. Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programının kodlanmış şekli Ek C'de verilmiş ve akış şeması Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Ek B'de verilen programın akış şeması



Şekil 5.6. Ek C'de verilen programın akış şeması

$$5.3.4 \quad Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{giriş}, b\right)$$

#### Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programının Hazırlanması (Ek D)

Bu çalışma için geliştirilen Ek D programında, problemin verilerinin  $z_1$ ,  $\Delta L/b$ ,  $p$ ,  $Q_{giriş}$  ve  $b$  olduğu kabul edilerek (5.5)'de verilen bağıntının iterasyon yöntemi ile çözümü sonucu  $z_2$  boyutsuz büyüklüğü,  $\Sigma \Delta L / b$  oranı (savak uzunluğu / kanal genişliği),  $h_2$  su derinliği ve bu derinliğe karşı gelen  $Q_2$  debisi hesaplanmaktadır. Programın başlangıcında  $E$  özgül enerjisi,  $z_1$ 'e,  $Q_{giriş}$  debisine,  $b$  savak genişliğine bağlı olarak (5.4) bağıntısı yardımıyla hesaplanır. (5.5) bağıntısında gerekli olan  $p / E$  oranı ise;

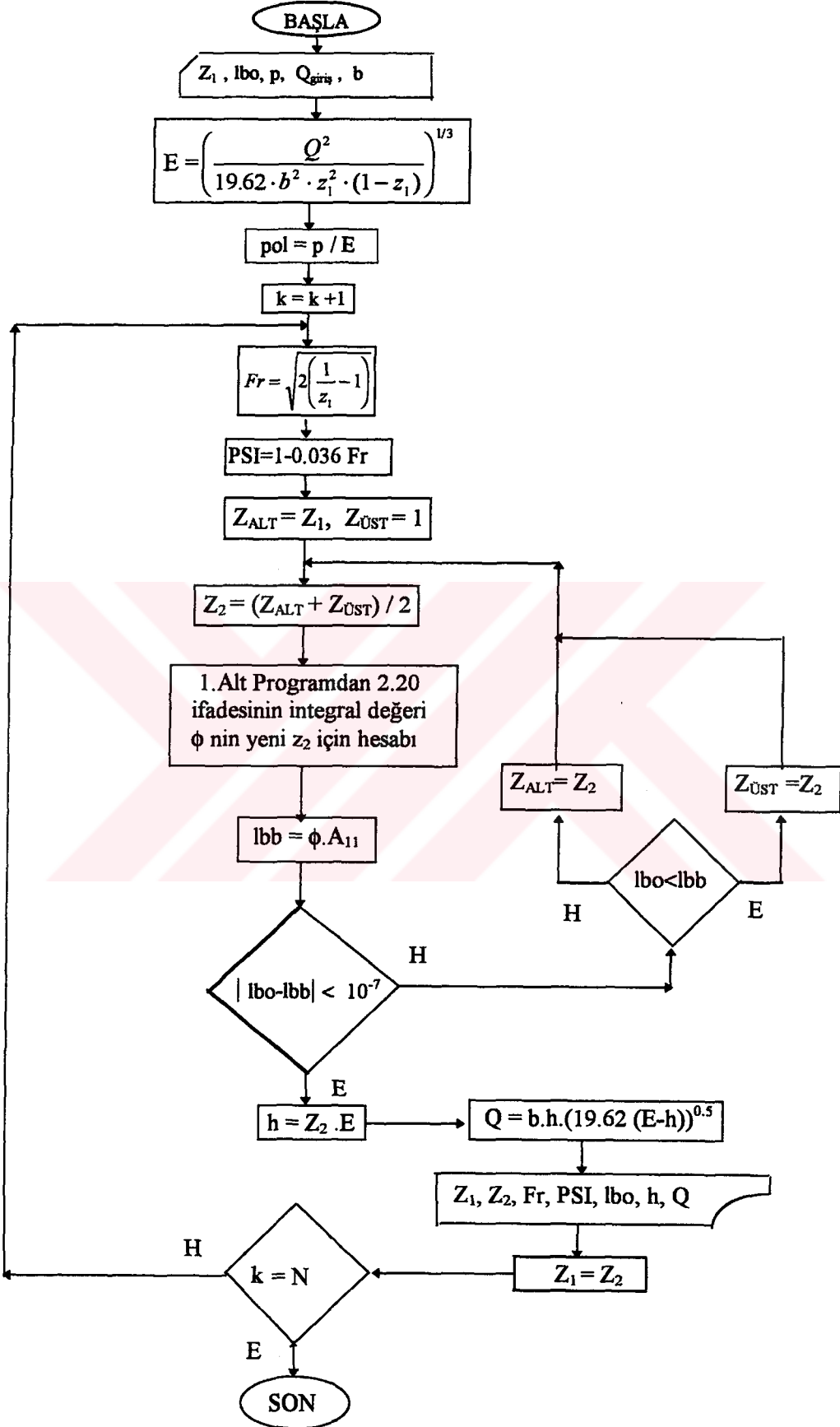
$$pol = \frac{p}{E} \quad (5.13)$$

bağıntısı yardımıyla elde edilir. Programın devamında bulunacak olan  $z_2$ ,  $h_2$  ve  $Q_2$  değerlerinin hesaplanması Kısım 5.3.3'de anlatıldığı gibidir.

Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programının kodlanmış şekli Ek D'de verilmiş ve akış şeması Şekil 5.6'de gösterilmiştir.

#### 5.3.5 Giriş Debinin Tamamının Dağıtılması Halinde ( $z_1$ )'ı İterasyonla Bulan Programın Hazırlanması (Ek E)

Bu kısımda başlangıçta verilen giriş debisinin son savağın nihayetinde sıfır olması şartı gözönünde bulundurularak tamamen dağıtılması amacıyla geliştirilen bilgisayar programı açıklanacaktır. Programın genel yapısı esas olarak Kısım 5.3.1'de verilen EkA programı ile aynıdır. Ancak bu programda iterasyon işlemine savak sonundan başlanmaktadır. Son savaktaki debinin sıfır olabilmesi yani tamamen dağıtılabilmesi için  $z_2$  boyutsuz büyüklüğünün 1 olması gerekmektedir. Bu durumda  $z_2$  boyutsuz ifadesi



Şekil 5.7. Ek D'de verilen programın akış şeması

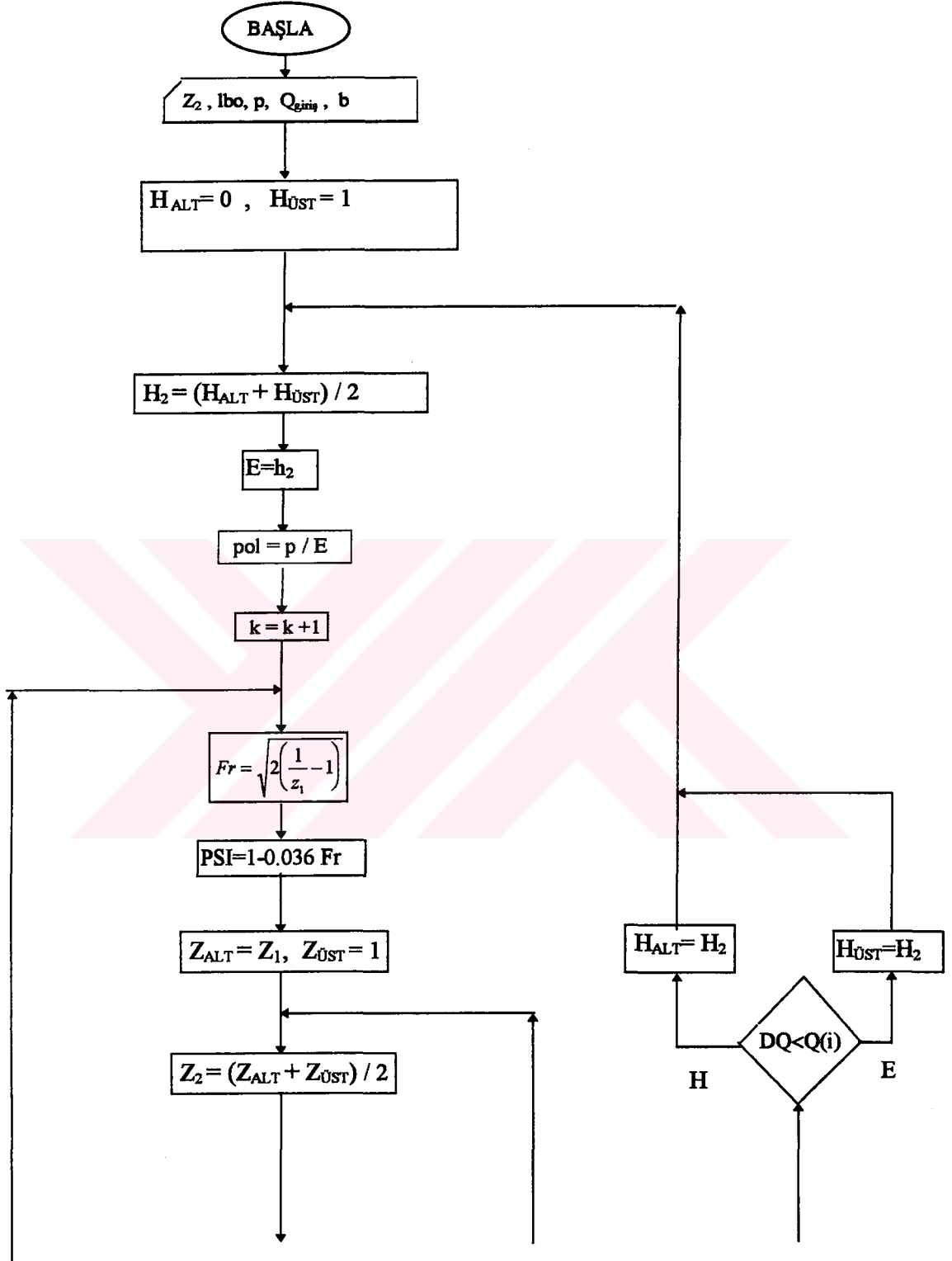
$$z_2 = \frac{h_2}{E} = \quad ; \quad h_2 = E \quad (5.14)$$

halini alır. Aynı sonuca

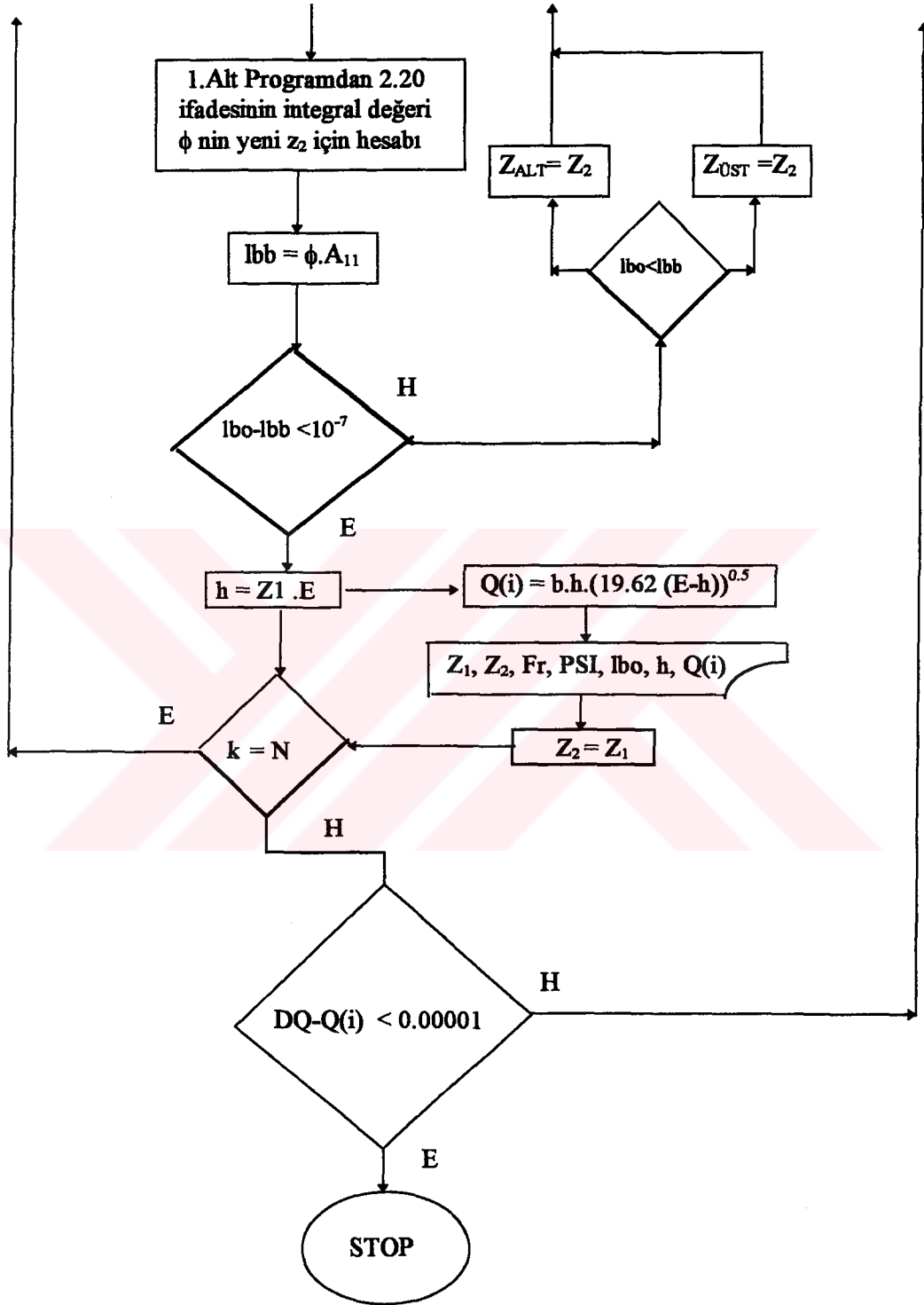
$$E = h_2 + \frac{Q_2^2}{b^2 h_2^2} \frac{1}{2g} \quad (5.15)$$

ifadesinde  $Q_2$  yerine sıfır konulduğunda da ulaşılmaktadır. Programın başlangıcında  $z_2 = 1$  olup,  $p$  değeri bilinmemektedir. Önce savağın mansabındaki  $h_2$  yüksekliğinin muhtemel alt ve üst sınırlarına bir değer verilir ( $h_{alt}$  ve  $h_{üst}$  gibi). Buna göre  $E$ ,  $h_{alt}$  ve  $h_{üst}$  arasında bir değere sahip olacaktır. Hesaba başlanırken  $E = (h_{alt} + h_{üst}) / 2$  olmak üzere,  $E$ 'ye bir değer atanır. Savak, istenen hassasiyete göre uygun sayıda eşit parçaya bölünür. Yukarıda belirtildiği gibi son savak parçasından başlanarak Kısım 5.3.1'de açıklanan sayısal iterasyonla (5.5) bağıntından  $z_1$  değeri elde edilir. Bu savak parçası için işlem bittiğinde diğer savak parçasına geçilir. Söz konusu savak parçası için  $z_2$  değeri olarak bir önceki adımda elde edilen  $z_1$  değeri kullanılır. Aynı işlemler sırasıyla bütün savaklar için tekrarlanır. Hesap sonucunda ilk savak parçasının başlangıcı için bulunan  $z_1$  değerine karşı gelen  $Q_1$  debisi, dağıtım kanalının giriş debisine yeter derecede yakın olduğunda iterasyon işlemine son verilir. Aksi halde, işleme devam edilerek son savak parçasına tekrar dönülür. Hesaplanan  $Q_1$  debisi, verilen  $Q_{giriş}$  debisinden büyükse, yeni  $h_2 = E$  değeri bundan önceki adımda kullanılan  $E$  değeri ile  $h_{alt}$  değeri arasında, aksi halde, bundan önceki adımda kullanılan  $E$  değeri ile  $h_{üst}$  arasında olacaktır. Her iki durumda da  $E$ 'ye bu değerlerin ortalaması olan bir değer verilmektedir. Burada,  $h_{alt} = 0$  alınabilir.  $h_{üst}$  için gerçek  $E$  değerine mümkün olduğu kadar yakın, fakat ondan büyük bir değer verilmelidir.  $h_{üst}$ , gerçek değerinin çok üstünde tahmin edilmişse iterasyon işlemi uzun sürmektedir.  $h_{üst} < E$  olarak tahmin edilmişse program çalışmadığından  $h_{üst}$  değeri artırılır.

Bu amaçla hazırlanan bilgisayar programının kodlanmış şekli Ek E'de verilmiş ve akış şeması Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



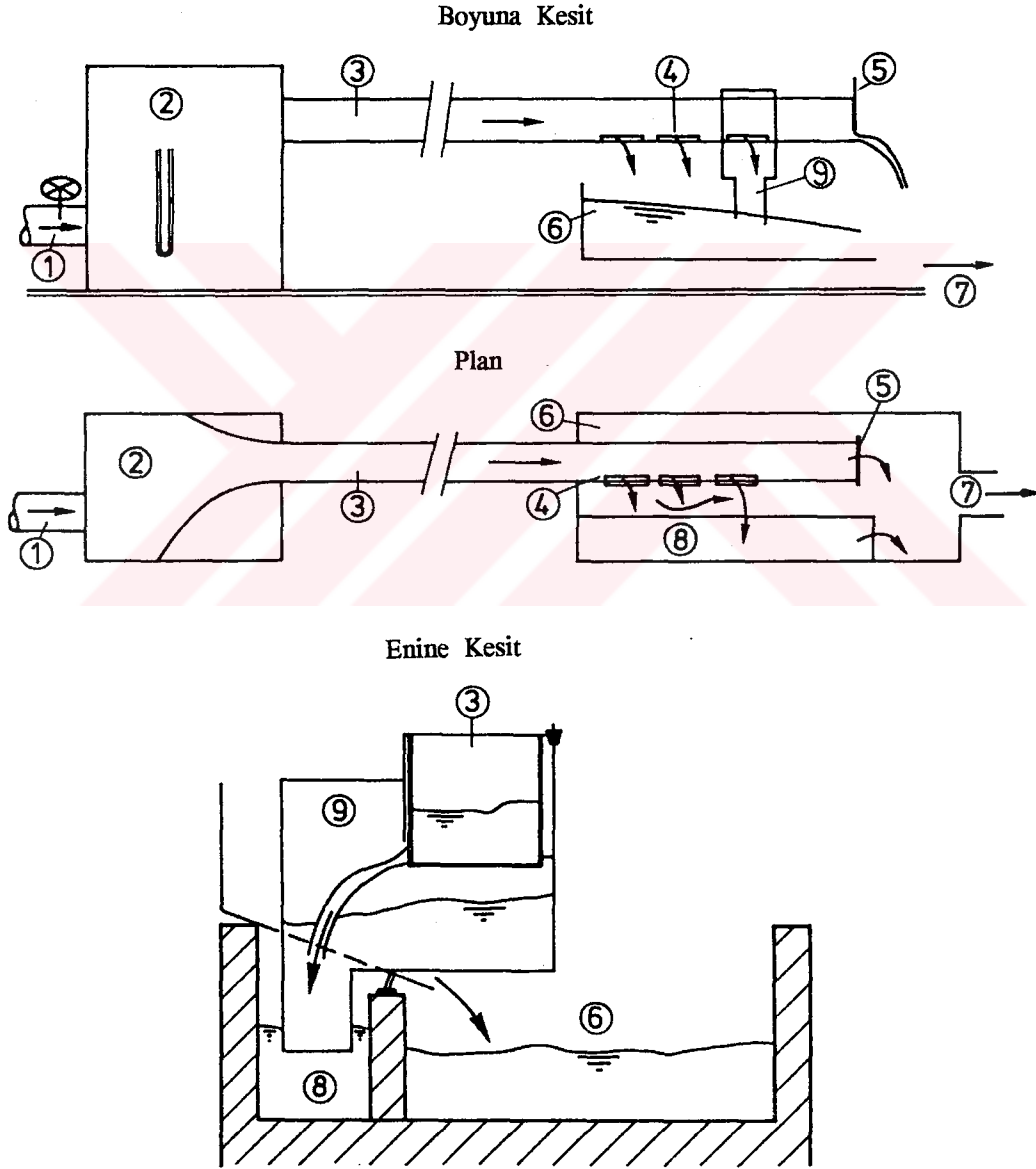
Şekil 5.8 Ek E'de verilen programın akış şeması



Şekil 5.8 Ek E'de verilen programın akış şeması (Devam)

#### 5.4 Geliştirilen Modelin Deneysel Sonuçlarıyla Doğrulanması

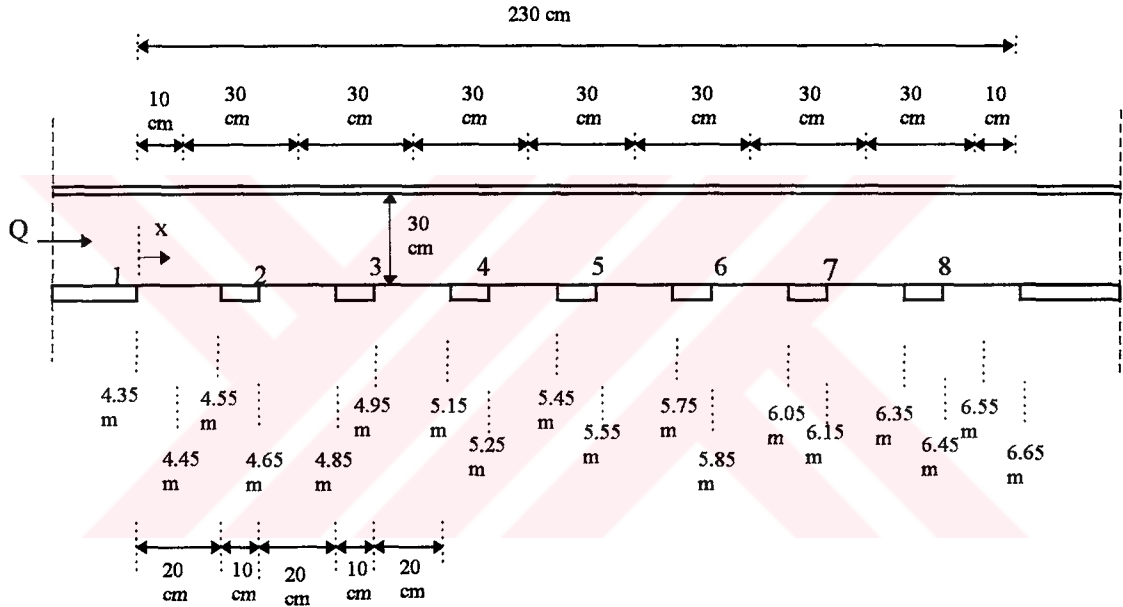
Geliştirilen modelin deneyle doğrulanması için Hager (1982)'in deneysel sonuçları değerlendirilmiştir. Bu deneysel 0.3 m genişliğinde bir akım kanalı üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.8). Kanalın son dörtte bir kısmında 20 cm uzunluklu 8 adet yan savak vardır (Şekil 5.9). Bu savakların kret yüksekliği  $p = 0.102$  m dir. Akım kanalının uzunluğu 50 m dir ve nihayetinde debi kontrolü için bir kapak bulunmaktadır.



Şekil 5.8 Deneysel düzeninin plan ve kesitleri (Hager, 1982)

1. Giriş, 2. Giriş yapısı ve debi ölçeri, 3. Ana akım kanalı, 4. Dağıtım bölgesi,
5. Kapak, 6. Toplama kanalı, 7. Çıkış, 8. Debi ölçme kanalı, 9. Toplama kutusu.

Bu şekliyle deney düzenine, çökeltme havuzu gibi bir proses ünitesinin debi dağıtım kanalı gözüyle bakılabilir. Her yan savaktan çıkan debi, istenilen konuma getirilebilen bir toplama kutusu (9) ile alınıp bir ölçme kanalına sevkedilebilir. Bu kanal Şekil 5.8'de (8) Numara ile gösterilmiştir. Ölçme kanalının sonunda bir üçgen savak mevcuttur. Böylece herbir savaktan çıkan debinin ayrı ayrı tayini mümkün olmaktadır. Debisi ölçülmeyen diğer savaklardan çıkan sular (6) No'lu toplama kanalına dökülmektedir. (8) No'lu ölçme kanalı da üçgen savaktan geçen suları bu kanala verir.



Şekil 5.9 Deneylerde kullanılan debi dağıtım kanalının planı (Hager,1982)

Böylece bütün sular (7) No'lu çıkış noktasında tekrar baş tarafa yani 1 No'lu giriş borusuna geri döndürülür. Ana kanal boyunca su yükseklikleri ve ortalama hızlar her 20 cm'de bir ölçülmüştür. Su yükseklikleri bu kesitlerde ana akım doğrultusuna dik olarak bulunmuş ve bunların ortalaması alınmıştır. Bu değerler yardımıyla da kesitlerdeki debiler hesaplanmıştır. Giriş borusunda toplam debi bir orifismetre ile ayrıca ölçülmüş ve savaklanan debilere ait ölçme neticeleri de kullanılarak her 20 cm'de alınan kesitlerden geçen debiler kontrol edilmiştir. Bu deney sonuçlarını geliştirilen teoriden elde edilecek sayısal sonuçlarla karşılaştırmak için 20 cm uzunluklu her bir yan savak 16 eşit kısma bölünmüş ve Ek D'deki bilgisayar programı

her bir savak parçasına tatbik edilmiştir. Nümerik hesapta, 8 savaklı bu dağıtım kanalı için programın giriş dataları olarak,

$$Q = 0.0297 \text{ m}^3 / \text{s}, \Delta L / b = \frac{20/16}{30} = 0.04166667 \text{ ve } p = 0.102 \text{ m}$$

değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada Hager (1982)'in 20 No'lu deney sonucu değerlendirilmiştir. Bu deneyde giriş debisi  $Q = 0.0297 \text{ m}^3 / \text{s}$  olup, bu debinin 8 savak tarafından dağıtıldıktan sonra 8. savağın sonunda 0 olması gerekir. Nümerik hesapta dağıtılan debi için maksimum mutlak hata  $0.00008 \text{ m}^3 / \text{s}$  olarak alınmıştır. Debinin istenilen hata sınırını sağlayacak şekilde dağıtılabilmesi için başlangıçtaki  $z_A$  boyutsuz su yüksekliğinin, iterasyonla belirlenmesi gerekir. Bu amaçla Ek D'de verilen bilgisayar programının çalıştırılması sonucunda  $z_A = 0.8406$  değeri bulunmuş ve iterasyon adımlarına ait sonuçlar Tablo 5.5'de gösterilmiştir. İterasyon sırasında savaklar arasında su yüzeyi kanal tabanına paralel kabul edilmiştir. Bu sebeple savaklar birleşmiş gibi düşünülmüş ve tek bir savak olarak idealleştirilmiştir.

Savağın memba ucu için  $\frac{\Sigma \Delta L}{b} = \frac{(8)(20)}{30} = 5.333333$  değeri kullanılmıştır.

Deney sonuçlarına ait debi ve su yükseklikleri ile Ek D'de verilen bilgisayar programı ile hesaplanan debi ve su yükseklikleri Tablo 5.6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ek D'de verilen bilgisayar programı ile hesaplanan aynı debi ve su yüksekliklerini Chao -Trussell tarafından önerilen yolla elde edilecek sayısal sonuçlarla karşılaştırmak amacıyla da Bölüm 4'de açıklanan bilgisayar programı çalıştırılmış ve Tablo 5.7'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Deney sonuçlarıyla , Ek D'de verilen bilgisayar programı ve Chao-Trussell tarafından önerilen yolla elde edilen su yüzü profilleri Şekil 5.10'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Şekil 5.10'dan da görüldüğü gibi, bu çalışmada geliştirilen ve Ek D'de verilen bilgisayar programı ile elde edilen sayısal sonuçlar, deney sonuçlarına oldukça yakındır. Chao-Trussell tarafından geliştirilen bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar ise deney sonuçlarından daha uzaktır.

Tablo 5.5 Ek D'de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$   
ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.8406 \quad ; \quad p = 0.102 \text{ m} \quad ; \quad \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giriş} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad b = 0.3 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 \cdot Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)
0.8406000	0.8422012	0.6158351	0.9778299	0.0416667	0.1381097	0.0297000
0.8422012	0.8438081	0.6121515	0.9779625	0.0833333	0.1386368	0.0295118
0.8438081	0.8454206	0.6084465	0.9780959	0.1250000	0.1389017	0.0294152
0.8454206	0.8470385	0.6047201	0.9782301	0.1666667	0.1391675	0.0293168
0.8470385	0.8486616	0.6009724	0.9783650	0.2083333	0.1394342	0.0292168
0.8486616	0.8502898	0.5972035	0.9785007	0.2500000	0.1397017	0.0291149
0.8502898	0.8519228	0.5934133	0.9786371	0.2916667	0.1399700	0.0290113
0.8519228	0.8535606	0.5896020	0.9787743	0.3333333	0.1402391	0.0289059
0.8535606	0.8552029	0.5857695	0.9789123	0.3750000	0.1405089	0.0287986
0.8552029	0.8568496	0.5819160	0.9790510	0.4166667	0.1407795	0.0286896
0.8568496	0.8585005	0.5780414	0.9791905	0.4583333	0.1410507	0.0285786
0.8585005	0.8601553	0.5741458	0.9793308	0.5000000	0.1413226	0.0284658
0.8601553	0.8618139	0.5702293	0.9794717	0.5416667	0.1415951	0.0283510
0.8618139	0.8634761	0.5662920	0.9796135	0.5833333	0.1418682	0.0282343
0.8634761	0.8651416	0.5623339	0.9797560	0.6250000	0.1421418	0.0281157
0.8651416	0.8668103	0.5583550	0.9798992	0.6666667	0.1424160	0.0279951
0.8668103	0.8684819	0.5543554	0.9800432	0.7083333	0.1426907	0.0278725
0.8684819	0.8701563	0.5503353	0.9801879	0.7500000	0.1429658	0.0277479
0.8701563	0.8718331	0.5462945	0.9803334	0.7916667	0.1432413	0.0276213
0.8718331	0.8735122	0.5422333	0.9804796	0.8333333	0.1435171	0.0274926
0.8735122	0.8751934	0.5381517	0.9806265	0.8750000	0.1437933	0.0273619
0.8751934	0.8768764	0.5340498	0.9807742	0.9166667	0.1440699	0.0272290
0.8768764	0.8785609	0.5299276	0.9809226	0.9583333	0.1443466	0.0270941
0.8785609	0.8802467	0.5257852	0.9810717	1.0000000	0.1446236	0.0269570
0.8802467	0.8819336	0.5216227	0.9812216	1.0416667	0.1449008	0.0268177
0.8819336	0.8836214	0.5174402	0.9813722	1.0833333	0.1451781	0.0266763
0.8836214	0.8853096	0.5132377	0.9815234	1.1250000	0.1454554	0.0265327
0.8853096	0.8869982	0.5090154	0.9816754	1.1666667	0.1457329	0.0263869
0.8869982	0.8886868	0.5047732	0.9818282	1.2083333	0.1460103	0.0262389
0.8886868	0.8903752	0.5005114	0.9819816	1.2500000	0.1462877	0.0260886
0.8903752	0.8920630	0.4962300	0.9821357	1.2916667	0.1465650	0.0259360
0.8920630	0.8937500	0.4919290	0.9822906	1.3333333	0.1468422	0.0257812
0.8937500	0.8954360	0.4876086	0.9824461	1.3750000	0.1471192	0.0256241
0.8954360	0.8971206	0.4832689	0.9826023	1.4166667	0.1473960	0.0254647
0.8971206	0.8988035	0.4789099	0.9827592	1.4583333	0.1476725	0.0253029
0.8988035	0.9004845	0.4745318	0.9829169	1.5000000	0.1479486	0.0251388
0.9004845	0.9021632	0.4701347	0.9830752	1.5416667	0.1482245	0.0249723
0.9021632	0.9038394	0.4657185	0.9832341	1.5833333	0.1484999	0.0248035

Tablo 5.5 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h	Q
0.9038394	0.9055127	0.4612836	0.9833938	1.6250000	0.1487748	0.0246323
0.9055127	0.9071828	0.4568299	0.9835541	1.6666667	0.1490492	0.0244586
0.9071828	0.9088495	0.4523575	0.9837151	1.7083333	0.1493230	0.0242826
0.9088495	0.9105123	0.4478666	0.9838768	1.7500000	0.1495962	0.0241041
0.9105123	0.9121710	0.4433572	0.9840391	1.7916667	0.1498687	0.0239231
0.9121710	0.9138252	0.4388296	0.9842021	1.8333333	0.1501405	0.0237397
0.9138252	0.9154747	0.4342837	0.9843658	1.8750000	0.1504115	0.0235539
0.9154747	0.9171190	0.4297197	0.9845301	1.9166667	0.1506817	0.0233656
0.9171190	0.9187579	0.4251377	0.9846950	1.9583333	0.1509510	0.0231747
0.9187579	0.9203910	0.4205378	0.9848606	2.0000000	0.1512193	0.0229814
0.9203910	0.9220180	0.4159201	0.9850269	2.0416667	0.1514866	0.0227856
0.9220180	0.9236384	0.4112848	0.9851937	2.0833333	0.1517528	0.0225872
0.9236384	0.9252521	0.4066319	0.9853613	2.1250000	0.1520179	0.0223863
0.9252521	0.9268585	0.4019616	0.9855294	2.1666667	0.1522819	0.0221829
0.9268585	0.9284574	0.3972740	0.9856981	2.2083333	0.1525446	0.0219769
0.9284574	0.9300485	0.3925692	0.9858675	2.2500000	0.1528060	0.0217684
0.9300485	0.9316312	0.3878474	0.9860375	2.2916667	0.1530660	0.0215574
0.9316312	0.9332054	0.3831086	0.9862081	2.3333333	0.1533247	0.0213438
0.9332054	0.9347705	0.3783530	0.9863793	2.3750000	0.1535818	0.0211276
0.9347705	0.9363263	0.3735807	0.9865511	2.4166667	0.1538374	0.0209088
0.9363263	0.9378724	0.3687918	0.9867235	2.4583333	0.1540914	0.0206875
0.9378724	0.9394084	0.3639865	0.9868965	2.5000000	0.1543438	0.0204637
0.9394084	0.9409340	0.3591648	0.9870701	2.5416667	0.1545945	0.0202372
0.9409340	0.9424487	0.3543270	0.9872442	2.5833333	0.1548433	0.0200082
0.9424487	0.9439522	0.3494731	0.9874190	2.6250000	0.1550903	0.0197766
0.9439522	0.9454440	0.3446033	0.9875943	2.6666667	0.1553355	0.0195425
0.9454440	0.9469239	0.3397177	0.9877702	2.7083333	0.1555786	0.0193058
0.9469239	0.9483915	0.3348164	0.9879466	2.7500000	0.1558197	0.0190665
0.9483915	0.9498463	0.3298996	0.9881236	2.7916667	0.1560587	0.0188247
0.9498463	0.9512880	0.3249674	0.9883012	2.8333333	0.1562956	0.0185803
0.9512880	0.9527162	0.3200199	0.9884793	2.8750000	0.1565303	0.0183334
0.9527162	0.9541304	0.3150573	0.9886579	2.9166667	0.1567626	0.0180839
0.9541304	0.9555304	0.3100797	0.9888371	2.9583333	0.1569926	0.0178319
0.9555304	0.9569158	0.3050873	0.9890169	3.0000000	0.1572203	0.0175774
0.9569158	0.9582861	0.3000801	0.9891971	3.0416667	0.1574454	0.0173204
0.9582861	0.9596409	0.2950584	0.9893779	3.0833333	0.1576680	0.0170609
0.9596409	0.9609800	0.2900222	0.9895592	3.1250000	0.1578880	0.0167989
0.9609800	0.9623028	0.2849717	0.9897410	3.1666667	0.1581053	0.0165344
0.9623028	0.9636090	0.2799070	0.9899233	3.2083333	0.1583199	0.0162675
0.9636090	0.9648983	0.2748283	0.9901062	3.2500000	0.1585318	0.0159981
0.9648983	0.9661702	0.2697357	0.9902895	3.2916667	0.1587407	0.0157263
0.9661702	0.9674243	0.2646294	0.9904733	3.3333333	0.1589468	0.0154521
0.9674243	0.9686603	0.2595095	0.9906577	3.3750000	0.1591499	0.0151754
0.9686603	0.9698779	0.2543761	0.9908425	3.4166667	0.1593499	0.0148965
0.9698779	0.9710765	0.2492295	0.9910277	3.4583333	0.1595468	0.0146151

Tablo 5.5 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h	Q
0.9710765	0.9722559	0.2440696	0.9912135	3.5000000	0.1597406	0.0143314
0.9722559	0.9734156	0.2388968	0.9913997	3.5416667	0.1599312	0.0140454
0.9734156	0.9745553	0.2337110	0.9915864	3.5833333	0.1601184	0.0137571
0.9745553	0.9756747	0.2285125	0.9917735	3.6250000	0.1603023	0.0134666
0.9756747	0.9767733	0.2233015	0.9919611	3.6666667	0.1604828	0.0131738
0.9767733	0.9778508	0.2180780	0.9921492	3.7083333	0.1606599	0.0128788
0.9778508	0.9789068	0.2128422	0.9923377	3.7500000	0.1608334	0.0125816
0.9789068	0.9799410	0.2075942	0.9925266	3.7916667	0.1610033	0.0122822
0.9799410	0.9809530	0.2023343	0.9927160	3.8333333	0.1611695	0.0119808
0.9809530	0.9819425	0.1970625	0.9929057	3.8750000	0.1613321	0.0116772
0.9819425	0.9829090	0.1917790	0.9930960	3.9166667	0.1614909	0.0113715
0.9829090	0.9838524	0.1864840	0.9932866	3.9583333	0.1616459	0.0110639
0.9838524	0.9847721	0.1811775	0.9934776	4.0000000	0.1617970	0.0107542
0.9847721	0.9856680	0.1758598	0.9936690	4.0416667	0.1619442	0.0104426
0.9856680	0.9865396	0.1705310	0.9938609	4.0833333	0.1620874	0.0101290
0.9865396	0.9873866	0.1651912	0.9940531	4.1250000	0.1622266	0.0098135
0.9873866	0.9882087	0.1598407	0.9942457	4.1666667	0.1623617	0.0094962
0.9882087	0.9890057	0.1544794	0.9944387	4.2083333	0.1624926	0.0091771
0.9890057	0.9897771	0.1491077	0.9946321	4.2500000	0.1626193	0.0088562
0.9897771	0.9905226	0.1437256	0.9948259	4.2916667	0.1627418	0.0085336
0.9905226	0.9912421	0.1383333	0.9950200	4.3333333	0.1628600	0.0082093
0.9912421	0.9919351	0.1329310	0.9952145	4.3750000	0.1629739	0.0078833
0.9919351	0.9926013	0.1275188	0.9954093	4.4166667	0.1630833	0.0075557
0.9926013	0.9932406	0.1220968	0.9956045	4.4583333	0.1631884	0.0072266
0.9932406	0.9938526	0.1166652	0.9958001	4.5000000	0.1632889	0.0068959
0.9938526	0.9944371	0.1112242	0.9959959	4.5416667	0.1633850	0.0065638
0.9944371	0.9949937	0.1057739	0.9961921	4.5833333	0.1634764	0.0062302
0.9949937	0.9955223	0.1003145	0.9963887	4.6250000	0.1635633	0.0058953
0.9955223	0.9960225	0.0948461	0.9965855	4.6666667	0.1636454	0.0055590
0.9960225	0.9964942	0.0893688	0.9967827	4.7083333	0.1637229	0.0052215
0.9964942	0.9969370	0.0838829	0.9969802	4.7500000	0.1637957	0.0048827
0.9969370	0.9973509	0.0783885	0.9971780	4.7916667	0.1638637	0.0045428
0.9973509	0.9977355	0.0728857	0.9973761	4.8333333	0.1639269	0.0042017
0.9977355	0.9980906	0.0673747	0.9975745	4.8750000	0.1639852	0.0038596
0.9980906	0.9984161	0.0618556	0.9977732	4.9166667	0.1640387	0.0035165
0.9984161	0.9987116	0.0563287	0.9979722	4.9583333	0.1640873	0.0031723
0.9987116	0.9989772	0.0507940	0.9981714	5.0000000	0.1641309	0.0028273
0.9989772	0.9992125	0.0452517	0.9983709	5.0416667	0.1641696	0.0024815
0.9992125	0.9994174	0.0397020	0.9985707	5.0833333	0.1642032	0.0021348
0.9994174	0.9995917	0.0341451	0.9987708	5.1250000	0.1642319	0.0017874
0.9995917	0.9997353	0.0285812	0.9989711	5.1666667	0.1642555	0.0014393
0.9997353	0.9998481	0.0230105	0.9991716	5.2083333	0.1642740	0.0010907
0.9998481	0.9999298	0.0174338	0.9993724	5.2500000	0.1642874	0.0007417
0.9999298	0.9999802	0.0118536	0.9995733	5.2916667	0.1642957	0.0003937
0.9999802	0.9999991	0.0062920	0.9997735	5.3333333	0.1642988	0.0000845

Tablo 5.6 Deneysel sonuçları ve Ek D’de verilen programın çalıştırılması sonucu elde edilen nümerik sonuçların karşılaştırılması

Başlangıç noktasından olan uzaklık (m)	Savak başlangıcından olan uzaklık		Boyutsuz uzaklık toplamı	Hager tarafından elde edilen deneysel sonuçları		Ek D’deki programdan elde edilen nümerik sonuçlar		Savaktan geçen debi (Geliştirilen programdan) (m <sup>3</sup> /s)	Savaktan geçen debi (Hager tarafından ölçülen) (m <sup>3</sup> /s)
	s (m)	x = s / b		Q (m <sup>3</sup> /s)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	h (m)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,20	-	-	-	0.0297	0.1342	-	-		
4.35	0	0	0			0.02970	0.1381		
4.40	0.05	0.166666	0.166666	0.0292	0.1359	0.02932	0.1392	0.00171	0.00215
4.55	0.20	0.666666	0.666666	-	-	0.02799	0.1424		
4.60	-	-	-	0.0276	0.1410	0.02799	0.1424		
4.65	0	0	0.666666	-	-	0.02799	0.1424		
4.80	0.15	0.50	1.166666	0.0255	0.1408	0.02639	0.1457	0.00221	0.0026
4.85	0.20	0.666666	1.333333	-	-	0.02578	0.1468		
4.95	0	0	1.333333	-	-	0.02578	0.1468		
5.00	0.05	0.166666	1.499999	0.0243	0.1482	0.02510	0.1479	0.00280	0.0032
5.15	0.20	0.666666	1.999999	-	-	0.02298	0.1512		
5.20	-	-	-	0.0217	0.1553	0.02298	0.1512		
5.25	0	0	1.999999	-	-	0.02298	0.1512		
5.40	0.15	0.50	2.50	0.02080	0.1553	0.02046	0.1543	0.00344	0.00375
5.45	0.20	0.666666	2.666666	-	-	0.01954	0.1553		
5.55	0.0	0.0	2.666666	-	-	0.01954	0.1553		
5.60	0.05	0.166666	2.833333	0.0170	0.1558	0.01858	0.1562	0.00409	2.0042
5.75	0.20	0.666666	3.333333	-	-	0.01545	0.1589		
5.80	-	-	-	0.01380	0.1577	0.01545	0.1589		
5.85	0	0	3.333333	-	-	0.01545	0.1589		
6.00	0.15	0.50	3.833333	0.0105	0.1583	0.01198	0.1612	0.00470	0.0045
6.05	0.20	0.666666	3.999999	-	-	0.01075	0.1618		
6.15	0	0	3.999999	-	-	0.01075	0.1618		
6.20	0.05	0.166666	4.166666	0.0082	0.1591	0.00950	0.1624	0.00519	0.0046
6.35	0.02	0.666666	4.666666	-	-	0.00556	0.1636		
6.40	-	-	-	0.0047	0.1590	0.00556	0.1636		
6.45	0	0	4.666666	-	-	0.00556	0.1636		
6.60	0.15	0.50	5.166666	0.0012	0.1598	0.001439	0.1643	0.0054755	0.0047
6.65	0.20	0.666666	5.333333	-	-	0.00008450	0.1643		
6.80	-	-	-	0	0.1598	0.00008450	0.1643		

### 5.5 Savaklanan Debilerin Birbirine Çok Yakın Olacak Şekilde Kanal Genişliği Değiştirilerek Ayarlanması

Bu bölümde kanal genişliğinin debi dağılımına etkisini araştırmak üzere yapılan bir çalışmanın sonuçları değerlendirilecektir.

Bu amaçla beş ayrı savak genişliği için debi dağılımları, Ek E’de verilen bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen sayısal sonuçlar Tablo 5.8 , 5.9, 5.10, 5.11, 5.12’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, savak genişliği arttıkça savaklanan debiler arasındaki mutlak farkın azaldığı gözlenmektedir.

Tablo 5.7 Ek D’de verilen program ile Chao-Trussell tarafından önerilen programdan elde edilen sonuçların karşılaştırılması

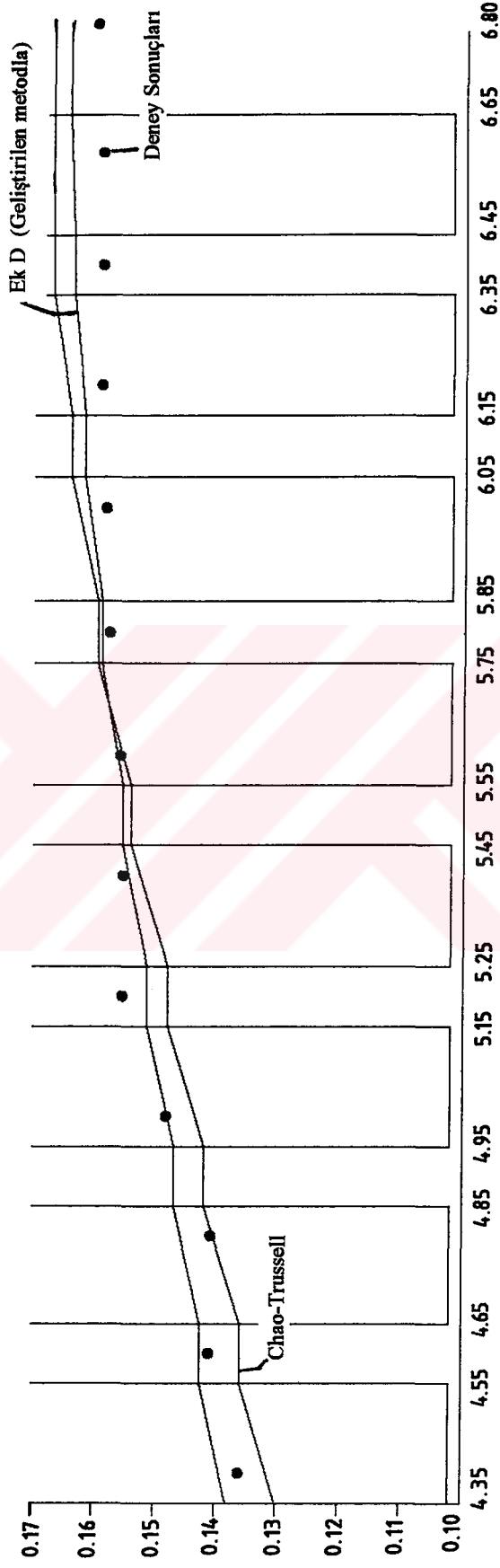
Başlangıç noktasından olan uzaklık (m)	Savak başlangıcından olan uzaklık		Boyutsuz uzaklık toplamı	Chao-Trussell tarafından önerilen yolla elde edilen değerler	Ek D’deki programdan elde edilen nümerik sonuçlar		Savaktan geçen debi (Hesaplanan) (m <sup>3</sup> /s)	Savaktan geçen debi (Chao-Trussell tarafından önerilen yolla) (m <sup>3</sup> /s)
	s (m)	x = s / b		h (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	h (m)		
1	2	3	4	6	7	8	9	10
4.20	-	-	-	-	-	-	-	-
4.35	0	0	0	0.1303	0.02970	0.1381	-	-
4.40	0.05	0.166666	0.166666	-	0.02932	0.1392	0.00171	0.001334
4.55	0.20	0.666666	0.666666	-	0.02799	0.1424	-	-
4.60	-	-	-	-	0.02799	0.1424	-	-
4.65	0	0	0.666666	0.1360	0.02799	0.1424	-	-
4.80	0.15	0.50	1.166666	-	0.02639	0.1457	0.00221	0.001884
4.85	0.20	0.666666	1.333333	-	0.02578	0.1468	-	-
4.95	0	0	1.333333	0.1420	0.02578	0.1468	-	-
5.00	0.05	0.166666	1.499999	-	0.02510	0.1479	0.00280	0.002555
5.15	0.20	0.666666	1.999999	-	0.02298	0.1512	-	-
5.20	-	-	-	-	0.02298	0.1512	-	-
5.25	0	0	1.999999	0.1480	0.02298	0.1512	-	-
5.40	0.15	0.50	2.500000	-	0.02046	0.1543	0.00344	0.003336
5.45	0.20	0.666666	2.666666	-	0.01954	0.1553	-	-
5.55	0	0	2.666666	0.1540	0.01954	0.1553	-	-
5.60	0.05	0.166666	2.833333	-	0.01858	0.1562	0.00409	0.004168
5.75	0.20	0.666666	3.333333	-	0.01545	0.1589	-	-
5.80	-	-	-	-	0.01545	0.1589	-	-
5.85	0	0	3.333333	0.1590	0.01545	0.1589	-	-
6.00	0.15	0.50	3.833333	-	0.01198	0.1612	0.00470	0.004967
6.05	0.20	0.666666	3.999999	-	0.01075	0.1618	-	-
6.15	0	0	3.999999	0.1640	0.01075	0.1618	-	-
6.20	0.05	0.166666	4.166666	-	0.00950	0.1624	0.00519	0.005616
6.35	0.02	0.666666	4.666666	-	0.00556	0.1636	-	-
6.40	-	-	-	-	0.00556	0.1636	-	-
6.45	0	0	4.666666	0.1670	0.00556	0.1636	-	-
6.60	0.15	0.50	5.166666	-	0.001439	0.1643	0.0054755	0.005918
6.65	0.20	0.666666	5.333333	-	0.00008450	0.1643	-	-
6.80	-	-	-	-	0.00008450	0.1643	0.0296155	0.029778

Tablo 5.8 Ek E’de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$  ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.8408 \quad ; \quad p = 0.102 \text{ m} \quad ; \quad \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giriş} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad b = 0.3 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)	Savaklanan debi
0.84080000	0.84240384	0.61537547	0.97784648	0.04166667	0.13817846	0.02970000	0.001711
0.86537849	0.86704938	0.55778802	0.97991963	0.66666667	0.14249232	0.02798860	0.002222
0.89232982	0.89401830	0.49124712	0.98231510	1.33333333	0.14692444	0.02576642	0.002810
0.91904000	0.92067344	0.41974259	0.98488927	2.00000000	0.15130499	0.02295658	0.003450
0.94422974	0.94572058	0.34369838	0.98762686	2.66666667	0.15542128	0.01950620	-



Şekil 5.10 Deneysel sonuçları, Ek D'de verilen bilgisayar programı ve Chao-Trussell tarafından önerilen yolla elde edilen su yüzü profilleri

Tablo 5.8 (Devam)

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)	Savaklanan debi
0.96641917	0.96767066	0.26361976	0.99050969	3.33333333	0.15902859	0.01540346	0.004103
0.98404617	0.98496157	0.18006935	0.99351750	4.00000000	0.16187021	0.01069332	0.004710
0.99563433	0.99612864	0.09364630	0.99662873	4.66666667	0.16370542	0.00548706	0.005206
0.99998733	0.99999974	0.00503455	0.99981876	5.33333333	0.16434161	0.00004484	0.005442

Tablo 5.9 Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$  ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giriş}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.89626389 ; p = 0.102 \text{ m} ; \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giriş} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} ; b = 0.4 \text{ m} ; \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma\Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)	Savaklanan debi
0.89626389	0.89740651	0.48112955	0.98267934	0.04166667	0.13440021	0.02970000	0.002209
0.91351324	0.91466650	0.43514338	0.98433484	0.66666667	0.13715979	0.02749021	0.002638
0.93183864	0.93296787	0.38248442	0.98623056	1.33333333	0.13990420	0.02485214	0.003099
0.94946013	0.95052154	0.32628245	0.98825383	2.00000000	0.14253648	0.02175332	0.003572
0.96563251	0.96657683	0.26679826	0.99039526	2.66666667	0.14494406	0.01818092	0.004032
0.97954490	0.98032054	0.20436366	0.99264291	3.33333333	0.14700502	0.01414915	0.004444
0.99038110	0.99093856	0.13937228	0.99498260	4.00000000	0.14859725	0.00970512	0.004774
0.99739534	0.99769219	0.07226986	0.99739829	4.66666667	0.14961000	0.00493119	0.004899
0.99999351	0.99999990	0.00360315	0.99987029	5.33333333	0.14995606	0.00003253	

Tablo 5.10 Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$   
ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.92623809 \quad ; \quad p = 0.102 \text{ m} \quad ; \quad \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giris} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad b = 0.5 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 \cdot Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)	Savaklanan debi
0.92623809	0.92709928	0.39908900	0.98563280	0.04166667	0.13119626	0.02970000	0.0025070
0.93910763	0.93995834	0.36011297	0.98703593	0.66666667	0.13313965	0.02719272	0.0028715
0.95248963	0.95330502	0.31584869	0.98862945	1.33333333	0.13503013	0.02432118	0.0032483
0.96509815	0.96584991	0.26893882	0.99031820	2.00000000	0.13680705	0.02107285	0.0036226
0.97646151	0.97711913	0.21957187	0.99209541	2.66666667	0.13840327	0.01745024	0.0039756
0.98608611	0.98661872	0.16798942	0.99395238	3.33333333	0.13974883	0.01347460	0.0042863
0.99348960	0.99386831	0.11448199	0.99587865	4.00000000	0.14077569	0.00918834	0.0045329
0.99823990	0.99844029	0.05938357	0.99786219	4.66666667	0.14142328	0.00465545	0.0046202
0.99999517	0.99999991	0.00310752	0.99988813	5.33333333	0.14164420	0.00003522	

Tablo 5.11 Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$   
ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.94454697 \quad ; \quad p = 0.102 \text{ m} \quad ; \quad \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giris} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad b = 0.6 \text{ m} \quad ; \quad \psi = 1 - 0.036 \cdot Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /sn)	Savaklanan debi
0.94454697	0.94522143	0.34266193	0.98766417	0.04166667	0.12860856	0.02970000	0.002706
0.95455313	0.95520918	0.30857939	0.98889114	0.66666667	0.13006032	0.02699375	0.003021
0.96479889	0.96541817	0.27013124	0.99027528	1.33333333	0.13145037	0.02397230	0.003339
0.97431288	0.97487602	0.22962728	0.99173342	2.00000000	0.13273814	0.02063307	0.003647
0.98277713	0.98326387	0.18721483	0.99326027	2.66666667	0.13388022	0.01698509	0.003934
0.98986768	0.99025800	0.14308064	0.99484910	3.33333333	0.13483253	0.01305096	0.004183
0.99527433	0.99554980	0.09744858	0.99649185	4.00000000	0.13555306	0.00886795	0.004380
0.99872266	0.99886784	0.05057612	0.99817926	4.66666667	0.13600484	0.00448778	0.004448
0.99999613	0.99999991	0.00278140	0.99989987	5.33333333	0.13615898	0.00003917	

Tablo 5.12 Ek E'de verilen program yardımıyla hesaplanan  $Q_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$   
ve  $h_2 = F(z_1, \Delta L/b, p, Q_{giris}, b)$  fonksiyonları

$$z_1 = 0.95663339 ; p = 0.102 \text{ m} ; \Delta L/b = 0.0416667$$

$$Q_{giris} = 0.0297 \text{ m}^3/\text{s} ; b = 0.7 \text{ m} ; \psi = 1 - 0.036 * Fr$$

$z_1$	$z_2$	Fr	$\psi$	$\Sigma \Delta L/b$	h (m)	Q ( $\text{m}^3/\text{sn}$ )	Savaklanan debi
0.95663339	0.95717690	0.30110639	0.98916017	0.04166667	0.12649382	0.02970000	0.002847
0.96465320	0.96517579	0.27071010	0.99025444	0.66666667	0.12762336	0.02685222	0.003125
0.97277097	0.97325868	0.23660600	0.99148218	1.33333333	0.12869215	0.02372755	0.003399
0.98022760	0.98066657	0.20085436	0.99276924	2.00000000	0.12967168	0.02032867	0.003661
0.98679821	0.98717429	0.16357509	0.99411130	2.66666667	0.13053218	0.01666739	0.003912
0.99225816	0.99255758	0.12491789	0.99550296	3.33333333	0.13124400	0.01276574	0.004110
0.99639538	0.99660561	0.08506067	0.99693782	4.00000000	0.13177927	0.00865640	0.004274
0.99902382	0.99913440	0.04420715	0.99840854	4.66666667	0.13211364	0.00438244	0.004335
0.99999660	0.99999990	0.00260642	0.99990617	5.33333333	0.13222809	0.00004692	

## SONUÇLAR

Arıtma tesislerinde debi dağıtım kanallarının hesabı amacıyla geliştirilen bir iterasyon yönteminin ve nümerik uygulamalarının verildiği bu çalışmada, elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Savaklar arasındaki geçişte su yüzü profilinin kanal tabanına paralel olduğu düşünülerek tüm savaklar tek bir savaklar tek bir savak olarak idealleştirilmiştir.
2. Su yüzeyinin enine doğrultuda alçalmasını ifade eden oranın,  $\psi = 1 - 0.036Fr$  olarak alınması halinde sonuçların gerçeğe yakın olarak dağıldığı gösterilmiştir.
3. Tek bir savak olarak idealleştirilen savakların küçük parçalara bölünmesi suretiyle Froude sayısı ve debi dağıtım katsayısı daha hassas olarak hesaplanmış, böylece su yüzü profilinin deney sonuçlarına yakın olması sağlanmıştır.
4. Debi dağıtım kanallarında çeşitli başlangıç şartları için su yüksekliklerini ve dağıtılan debileri hesaplayan beş ayrı bilgisayar programı hazırlanmıştır.
5. Kısım 5.3.5.'te verilen bilgisayar programında kanal sonunda debinin sıfır olması koşulundan yola çıkılarak başlangıçtaki enerji yüksekliği ve boyutsuz su yüksekliği bulunabilmektedir.
6. Kanal genişliğinin debi dağılımına etkisini belirlemek üzere, değişik kanal genişlikleri için nümerik hesaplar yapılmış ve kanal genişliği arttıkça savaklanan debiler arasındaki farkın küçüldüğü görülmüştür.
7. Hager (1982) tarafından yapılan deney sonuçlarıyla karşılaştırma yapmak amacıyla problem, Kısım 5.3.5'te verilen bilgisayar programı ile nümerik olarak çözülmüş ve elde edilen nümerik sonuçların deney sonuçlarına oldukça yakın olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Ackers, P., (1957),** A Theoretical Consideration of Side Weirs as Stormwater Overflows, Proceedings, Institution of Civil Engineers, Vol. 6, No.2, London.
- Benfield, L.D., Judkins, J.F., Parr, A.D., (1984),** Treatment Plant Hydraulics For Environmental Engineers, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- Burden, R.L., Faires, J.D.,(1985),** Numerical Analysis, Prindle, Weber & Schmidt, Boston.
- Camp, T. R., (1961),** Applied Hydraulic Design of Treatment Plants, (Part I), In Seminar Papers on Wastewater Treatment and Disposal, Edited by G. M. Reece, Boston Society of Civil Engineers, 231, Boston, Massachusetts.
- Chao, J.L., and Trussell, R. R., (1980),** Hydraulic Design of Flow Distribution Channels, Journal Environmental Engineering Division, ASCE, 106, 321.
- Collinge, V. D., (1957),** The Discharge Capacity of Side Weirs, Proceedings, Institution of Civil Engineers, Vol. 6, No. 2, London.
- De Marchi, G., (1937),** Essay on The Performance of Lateral Weirs, L' Energia Elettrica, Vol.11, No. 11, Milan, Italy.
- Fair, G. M., Geyer, J. C., Muslu, Y., (1980),** Su Getirme ve Kullanılmış Suların Uzaklaştırılma Esasları, Bayındır Kağıtçılık, İstanbul.
- Hager, W. H., (1982),** Die Hydraulik von Verteilkanalen, Teil 1:Theorie der Verteilkanalen, Teil 2: Experimente in Verteilkanalen, Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zurich.
- Imhoff, K., (1969),** Taschenbuch der Stadtentwässerung, R. Oldenbourg Verlag.
- Muslu, Y., (1985),** Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt II, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu.
- Muslu, Y., Tozluk, H., (1994),** Yan Savaklarda Akımın Su Yüzünü Etkileyen Parametrelerle Hesabı İçin Nümerik Bir Yaklaşım, 8. Mühendislik Haftası Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Muslu, Y., (1995),** Generalized Hydraulic Characteristics of Storm Water Overflows, Henüz Yayınlanmamış Çalışma.

**Subramanya, K., Awasthy, S. C., (1972), Spatially Varied Flow Over Side Weirs, J. Hydraulic Div., ASCE, Vol. 98. No. HY1.**

**Tchobanoglous, G., (1981), Wastewater Engineering : Collection and Pumping of Wastewater, Metcalf & Eddy Inc., New York.**

**Tozluk, H., (1994), Yan Savak Akımının Hesabı İçin Nümerik Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Osman Gazi Üniversitesi, Eskişehir.**



**Ek A.  $\Sigma\Delta L / b = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}\right)$  Fonksiyonunu Veren Bilgisayar Programı**

DEFDBL A-H: DEFDBL O-Z: DEFINT I-K: DEFDBL L: DEFINT M-N  
 DEF FNF1 (z, PSI) = (3 \* z - 2) / SQR((3 \* PSI \* z - 2) \* (1 - z) \* (z \* PSI - PO) ^ 3)

```

CLS : L = 15
ss = 0
EPS = 0.000000001#
POL = 0.701058201#
OPEN "o", #1, "scrn:"
OPEN "o", #6, "cikti.sss"
lbo = 0.04
z1 = 0.81611
PRINT #6, " EK-A.  $\Sigma\Delta L / b = F ( z_1, \Delta L / b, p / E$  fonksiyonunu hesaplayan"
PRINT #6, " program "
PRINT #6,
PRINT #6, USING " z1=##### p/E=#####  $\Delta L/b=#####$ ";
z1; POL; lbo
PRINT #6, "  $\varphi = 1-0.036*Fr$  "
PRINT #6,
PRINT #6, " z1 z2 Fr  $\varphi$   $\Sigma\Delta L / b$  "
PRINT #6, " ----- "

FOR K% = 10 TO L * 100 STEP 10
Fr = SQR(2 * (1 / z1 - 1))
PSI = 1 - 0.036 * Fr
ZALT = z1: ZUST = 1
7 z2 = (ZALT + ZUST) / 2
GOSUB 10
lbb = AA * 3 / 2.444
PRINT lbo - lbb
IF ZALT = ZUST THEN PRINT #1, "cozum yok": GOTO 9
IF lbo > lbb AND z2 > .999999999# THEN PRINT #1, " *LBO>LBB ve z2 >
0.999999999#; ": GOTO 9
IF ABS(lbo - lbb) < .000000001# THEN 8
IF lbo < lbb THEN ZUST = z2 ELSE ZALT = z2
GOTO 7
8 PRINT #1, USING "#####"; z2;
ss = ss + 1
PRINT #6, USING "##### "; z1; z2; Fr; PSI; lbo * ss;
z1 = z2
NEXT K%
9 PRINT #1,
STOP

10 AO = z1: BO = z2: PO = POL

```

```

A9(1) = .5 * (FNF1(AO, PSI) + FNF1(BO, PSI))
H9 = BO - AO: D9 = 2: N9 = 1: M9 = 1
11 X9 = AO + .5 * H9
    Z9 = 0
    FOR I9 = 1 TO M9
      Z9 = Z9 + FNF1(X9, PSI)
      X9 = X9 + H9
    NEXT I9
    B9 = .5 * A9(1) + Z9 / D9
    FOR I9 = 1 TO N9
      C9 = B9 + (B9 - A9(I9)) / (4 ^ I9 - 1)
      A9(I9) = B9
      B9 = C9
    NEXT I9
    A9(N9 + 1) = B9: AA = B9 * (BO - AO)
    IF ABS(AA - ASK) <= ABS(EPS * AA) GOTO 13
    N9 = N9 + 1
    IF N9 >= MAXA THEN 12
    D9 = D9 * 2: H9 = .5 * H9: M9 = M9 * 2
    ASK = B9 * (BO - AO)
    GOTO 11
12 PRINT "NOT REACHED REQUIRED SENSITIVITY"
13 AA = B9 * (BO - AO)
    RETURN

```

$$\text{Ek B. } Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, E, b\right)$$

**Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programı**

DEFDBL A-H: DEFDBL O-Z: DEFINT I-K: DEFDBL L: DEFINT M-N  
 DEF FNF1 (z, PSI) = (3 \* z - 2) / SQR((3 \* PSI \* z - 2) \* (1 - z) \* (z \* PSI - PO) ^ 3)

```

CLS : L = 15
ss = 0
pol = 0.7
OPEN "o", #1, "scrn:"
OPEN "o", #6, "cikti.sss"
lbo = 0.04
z1 = 0.87
E = 0.8
b = 1.2192
PRINT #6, "EK-B. Q2 = F(z1, ΔL/b, p/E, E, b) ve h2 = F(z1, ΔL/b, p/E, E, b) "
PRINT #6, " fonksiyonlarını hesaplayan program "

PRINT #6, USING " z1= ##.##### "; z1
PRINT #6, USING " ΔL/b= ##.#####"; lbo
PRINT #6, USING " p/E= #.#####"; pol
PRINT #6, USING " E= ##.#####(m) "; E
PRINT #6, " φ = 1- 0.036*Fr"
PRINT #6, USING "b=#.#####";b
PRINT #6, " z1 z2 Fr φ ΣΔL/b h Q "
PRINT #6, " -----"

FOR K% = 10 TO L * 100 STEP 10
Fr = SQR(2 * (1 / z1 - 1))
PSI = 1 - .036 * Fr
ZALT = z1: ZUST = 1
7 z2 = (ZALT + ZUST) / 2
GOSUB 10
lbb = AA * 3 / 2.444
PRINT lbo - lbb
IF ABS(ZALT - ZUST) < .0000000000001# THEN PRINT #1, "cozum yok"
GOTO 9
IF lbo > lbb AND z2 > .9999999999# THEN PRINT #1, " *LBO>LBB ve
z2 > .9999999999": GOTO 9
IF ABS(lbo - lbb) < .0000000001# THEN 8
IF lbo < lbb THEN ZUST = z2 ELSE ZALT = z2
GOTO 7
8 PRINT #1, USING "##.#####"; z2;
IF K% = 10 THEN h = z1 * E ELSE h = z2 * E
Q = b * h * (19.62 * (E - h) ^ .5

```

```

ss = ss + 1
PRINT #6, USING "##.##### "; z1; z2;
PRINT #6, USING "##.#####"; Fr; PSI; lbo * ss; h; Q
z1 = z2
NEXT K%
9 PRINT #1,
CLOSE #6
STOP

10 AO = z1: BO = z2: PO = pol
A9(1) = .5 * (FNF1(AO, PSI) + FNF1(BO, PSI))
H9 = BO - AO: D9 = 2: N9 = 1: M9 = 1
11 X9 = AO + .5 * H9
Z9 = 0
FOR I9 = 1 TO M9
Z9 = Z9 + FNF1(X9, PSI)
X9 = X9 + H9
NEXT I9
B9 = .5 * A9(1) + Z9 / D9
FOR I9 = 1 TO N9
C9 = B9 + (B9 - A9(I9)) / (4 ^ I9 - 1)
A9(I9) = B9
B9 = C9
NEXT I9
A9(N9 + 1) = B9: AA = B9 * (BO - AO)
IF ABS(AA - ASK) <= ABS(EPS * AA) GOTO 13
N9 = N9 + 1
IF N9 >= MAXA THEN 12
D9 = D9 * 2: H9 = .5 * H9: M9 = M9 * 2
ASK = B9 * (BO - AO)
GOTO 11
12 PRINT "NOT REACHED REQUIRED SENSITIVITY"
13 AA = B9 * (BO - AO)
RETURN

```

$$\text{Ek C. } Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{\text{giriş}}, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, \frac{p}{E}, Q_{\text{giriş}}, b\right)$$

### Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programı

DEFDBL A-H: DEFDBL O-Z: DEFINT I-K: DEFDBL L: DEFINT M-N  
 DEF FNF1 (z, PSI) = (3 \* z - 2) / SQR((3 \* PSI \* z - 2) \* (1 - z) \* (z \* PSI - PO) ^ 3)

```

CLS : L = 15
ss = 0
EPS = 0.000000001#
POL = 0.8008353429#
OPEN "o", #1, "scrn:"
OPEN "o", #6, "cikti.sss"
lbo = 0.04
z1 = 0.9638542#
Q = 0.65723
b = 1.2192
E = (Q ^ 2 / (19.62 * b ^ 2 * (z1) ^ 2 * (1 - z1))) ^ (1 / 3)
PRINT #6, "EK-C. Q2 =F(z1, ΔL/b, p/E, Qgiriş, b) ve h2 =F(z1, ΔL/b, p/E, Qgiriş, b)"
PRINT #6, " fonksiyonlarını hesaplayan program"
PRINT #6,
PRINT #6, USING " z1 =#.##### p/E =#.##### "; z1; POL
PRINT #6, USING " Q=#.##### (m³ /s) b=##.##### (m) "; Q; b
PRINT #6, USING " ΔL/b=##.##### "; lbo
PRINT #6, " φ = 1-0.036*Fr"
PRINT #6,
PRINT #6, " z1 z2 Fr φ ΣΔL/b h Q "
PRINT #6, " ----- "

FOR K% = 10 TO L * 100 STEP 10
Fr = SQR(2 * (1 / z1 - 1))
PSI = 1 - .036 * Fr
ZALT = z1: ZUST = 1

7 z2 = (ZALT + ZUST) / 2
GOSUB 10
lbb = AA * 3 / 2.444
PRINT lbo - lbb
IF ZALT = ZUST THEN PRINT #1, "cozum yok": GOTO 9
IF lbo > lbb AND z2 > 0.9999999999# THEN PRINT #1, " *LBO>LBB ve
z2 >0.9999999999" : GOTO 9
IF ABS(lbo - lbb) < 0.000000001# THEN 8
IF lbo < lbb THEN ZUST = z2 ELSE ZALT = z2
GOTO 7

8 PRINT #1, USING "##.#####"; z2;
IF K% = 10 THEN h = z1 * E ELSE h = z2 * E

```

```

Q = b * h * (19.62 * (E - h)) ^ .5
ss = ss + 1
PRINT #6, USING "##.##### "; z1; z2; Fr; PSI; lbo * ss; h; Q
z1 = z2
NEXT K%
9 PRINT #1,
CLOSE #6
STOP

10 AO = z1: BO = z2: PO = POL
A9(1) = .5 * (FNF1(AO, PSI) + FNF1(BO, PSI))
H9 = BO - AO: D9 = 2: N9 = 1: M9 = 1
11 X9 = AO + .5 * H9
Z9 = 0
FOR I9 = 1 TO M9
Z9 = Z9 + FNF1(X9, PSI)
X9 = X9 + H9
NEXT I9
B9 = .5 * A9(1) + Z9 / D9
FOR I9 = 1 TO N9
C9 = B9 + (B9 - A9(I9)) / (4 ^ I9 - 1)
A9(I9) = B9
B9 = C9
NEXT I9
A9(N9 + 1) = B9: AA = B9 * (BO - AO)
IF ABS(AA - ASK) <= ABS(EPS * AA) GOTO 13
N9 = N9 + 1
IF N9 >= MAXA THEN 12
D9 = D9 * 2: H9 = .5 * H9: M9 = M9 * 2
ASK = B9 * (BO - AO)
GOTO 11
12 PRINT "NOT REACHED REQUIRED SENSITIVITY"
13 AA = B9 * (BO - AO)
RETURN

```

$$\text{Ek D. } Q_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{\text{giriş}}, b\right) \quad \text{ve} \quad h_2 = F\left(z_1, \frac{\Delta L}{b}, p, Q_{\text{giriş}}, b\right)$$

### Fonksiyonlarını Veren Bilgisayar Programı

```
DEFDBL A-H: DEFDBL O-Z: DEFINT I-K: DEFDBL L: DEFINT M-N
DEF FNF1 (z, PSI) = (3 * z - 2) / SQR((3 * PSI * z - 2) * (1 - z) * (z * PSI - PO) ^ 3)
```

```
CLS : L = 12.8
```

```
ss = 0
```

```
EPS = 0.00000000001#
```

```
p = 0.102
```

```
OPEN "o", #1, "scrn."
```

```
OPEN "o", #6, "cikti.sss"
```

```
lbo = 0.04166666667#
```

```
z1 = 0.840521#
```

```
Q = 0.0297
```

```
b = 0.3
```

```
E = (Q ^ 2 / (19.62 * b ^ 2 * (z1) ^ 2 * (1 - z1))) ^ (1 / 3)
```

```
POL = p / E
```

```
PRINT #6, " Q2 =F(z1, ΔL/b, p, Qgiriş,b) ve h2 =F(z1, ΔL/b, p, Qgiriş,b) "
```

```
PRINT #6, " fonksiyonlarını hesaplayan program"
```

```
PRINT #6,
```

```
PRINT #6, USING " z1 =#.##### p/E =#.##### "; z1; POL
```

```
PRINT #6, USING " Q=#.##### (m³ /s) b=##.##### (m) "; Q; b
```

```
PRINT #6, USING " ΔL/b=##.##### " ; lbo
```

```
PRINT #6, " φ = 1-0.036*Fr"
```

```
PRINT #6,
```

```
PRINT #6, " z1 z2 Fr φ ΣΔL/b h Q "
```

```
PRINT #6, " _____ "
```

```
FOR K% = 10 TO L * 100 STEP 10
```

```
Fr = SQR(2 * (1 / z1 - 1))
```

```
PSI = 1 - 0.036 * Fr
```

```
ZALT = z1: ZUST = 1
```

```
7 z2 = (ZALT + ZUST) / 2
```

```
GOSUB 10
```

```
lbb = AA * 3 / 2.444
```

```
PRINT lbo - lbb
```

```
IF ZALT = ZUST THEN PRINT #1, "cozum yok": GOTO 9
```

```
IF lbo > lbb AND z2 > 0.9999999999# THEN PRINT #1, " *LBO>LBB ve z2< 0.9999999999": GOTO 9
```

```
IF ABS(lbo - lbb) < .000000001# THEN 8
```

```
IF lbo < lbb THEN ZUST = z2 ELSE ZALT = z2
```

```

GOTO 7
8 PRINT #1, USING "##.#####"; z2;
  IF K% = 10 THEN h = z1 * E ELSE h = z2 * E
  Q = b * h * (19.62 * (E - h)) ^ .5
  ss = ss + 1
  PRINT #6, USING "##.##### "; z1; z2; Fr; PSI; lbo * ss; h; Q
  z1 = z2
  NEXT K%
9 PRINT #1,
  CLOSE #6
  STOP

10 AO = z1: BO = z2: PO = POL
  A9(1) = .5 * (FNF1(AO, PSI) + FNF1(BO, PSI))
  H9 = BO - AO: D9 = 2: N9 = 1: M9 = 1
11 X9 = AO + .5 * H9
  Z9 = 0
  FOR I9 = 1 TO M9
    Z9 = Z9 + FNF1(X9, PSI)
    X9 = X9 + H9
  NEXT I9
  B9 = .5 * A9(1) + Z9 / D9
  FOR I9 = 1 TO N9
    C9 = B9 + (B9 - A9(I9)) / (4 ^ I9 - 1)
    A9(I9) = B9
    B9 = C9
  NEXT I9
  A9(N9 + 1) = B9: AA = B9 * (BO - AO)
  IF ABS(AA - ASK) <= ABS(EPS * AA) GOTO 13
  N9 = N9 + 1
  IF N9 >= MAXA THEN 12
  D9 = D9 * 2: H9 = .5 * H9: M9 = M9 * 2
  ASK = B9 * (BO - AO)
  GOTO 11
12 PRINT "NOT REACHED REQUIRED SENSITIVITY"
13 AA = B9 * (BO - AO)
  RETURN

```

**Ek E. Giriş Debininin Tamamının Dağıtılması Halinde ( $z_1$ )'i İterasyonla Bulan Programı**

```
DEFDBL A-H: DEFDBL O-Z: DEFINT I-K: DEFDBL L: DEFINT M-N
DEF FNF1 (z, PSI) = (3 * z - 2) / SQR((3 * PSI * z - 2) * (1 - z) * (z * PSI - PO) ^ 3)
DIM DIZ1(250), DIZ2(250), DIZ3(250), DIZ4(250), DIZ5(250), DIZ6(250),
DIZ7(250)
```

```
CLS : L = 15
ss = 0
eps = .000000001#
OPEN "o", #1, "scrn:"
OPEN "o", #6, "cikti.sss"
h1 = 0.7
HALT = h1: HUST = .8
```

```
32 h2 = (HALT + HUST) / 2
```

```
ss = 0 : n = 16
p = 0.6096
DQ = .65723
lbo = 0.04#
z2 = 0.999999999#
Q = 0
b = 1.2192
```

```
E = h2 + (Q / (b * h2)) ^ 2 / 19.62
pol = p / E
```

```
PRINT #6, "EK-E.Giriş debisinin tamamının dağıtılması halinde  $z_1$ ,  $Q_1$ ,  $h_1$ ' i "
```

```
PRINT #6, " iterasyonla hesaplayan program "
```

```
PRINT #6,
```

```
PRINT #6, USING " z2=##### p =##### (m)"; z2; p
```

```
PRINT #6, USING " ΔL/b=##### "; lbo
```

```
PRINT #6, USING " DQ=##### (m3/s) b=##### (m) "; DQ; b
```

```
PRINT #6, USING " E=##### m "; E
```

```
PRINT #6, " φ = 1-0.036*Fr"
```

```
PRINT #6,
```

```
PRINT #6, " z1 z2 Fr φ ΣΔL/b h Q "
```

```
PRINT #6, "-----"
```

```
FOR K% = 10 TO L * 100 STEP 10
```

```
ZALT = 0.8 : ZUST = z2
```

```
7 z1 = (ZALT + ZUST) / 2
```

```
Fr = SQR(2 * (1 / z1 - 1))
```

```
PSI = 1 - 0.036 * Fr
```

```
GOSUB 10
```

```
lbb = AA * 3 / 2.444
```

```

PRINT lbo - lbb
IF ZALT = ZUST THEN PRINT #1, "cozum yok": GOTO 9
IF ABS(lbo - lbb) < 0.0000000001# THEN 8
IF lbo < lbb THEN ZALT = z1 ELSE ZUST = z1
GOTO 7
8 PRINT #1, USING "##.#####"; z1;
IF K% = 10 THEN h = z2 * E ELSE h = z1 * E
Q(i) = b * h * (19.62 * (E - h)) ^ .5
ss = ss + 1
DIZ1(ss) = Z1
DIZ2(ss) = Z2
DIZ3(ss) = Fr
DIZ4(ss) = PSI
DIZ5(ss) = lbo * ss
DIZ6(ss) = h
DIZ7(ss) = Q(i)

Z2 = Z1

NEXT K%
9 PRINT #1,
FOR ss = L * 10 TO 0 STEP -2
PRINT #6, USING "##.##### "; DIZ1(ss); DIZ2(ss); DIZ3(ss); DIZ4(ss);
DIZ5(ss); DIZ6(ss); DIZ7(ss)
NEXT ss

IF ABS(DQ - Q(i)) < .00000001# THEN 71
IF DQ < Q(i) THEN HUST = h2 ELSE HALT = h2
GOTO 32

71 STOP

10 AO = z1: BO = z2: PO = pol
A9(1) = .5 * (FNF1(AO, PSI) + FNF1(BO, PSI))
H9 = BO - AO: D9 = 2: N9 = 1: M9 = 1
11 X9 = AO + .5 * H9
Z9 = 0
FOR I9 = 1 TO M9
Z9 = Z9 + FNF1(X9, PSI)
X9 = X9 + H9
NEXT I9
B9 = .5 * A9(1) + Z9 / D9
FOR I9 = 1 TO N9
C9 = B9 + (B9 - A9(I9)) / (4 ^ I9 - 1)
A9(I9) = B9
B9 = C9
NEXT I9
A9(N9 + 1) = B9: AA = B9 * (BO - AO)
IF ABS(AA - ASK) <= ABS(eps * AA) GOTO 13

```

```
N9 = N9 + 1
IF N9 >= MAXA THEN 12
D9 = D9 * 2: H9 = .5 * H9: M9 = M9 * 2
ASK = B9 * (BO - AO)
GOTO 11
12 PRINT "NOT REACHED REQUIRED SENSITIVITY"
13 AA = B9 * (BO - AO)
RETURN
```



## ÖZGEÇMİŞ

Ebubekir YÜKSEL, 1969 yılında İstanbul'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Erenköy Zihnipaşa İlkokulu ve 50. Yıl Tahran Lisesi'nde tamamlamıştır. 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girmiş ve 1992 yılında lisans öğrenimini tamamlayarak mezun olmuştur. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nün Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı'nda açılan sınavı kazanan Ebubekir Yüksel, halen aynı anabilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

