

55087

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

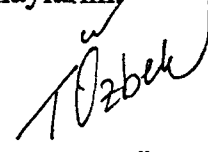
GEOMETRİK İÇERİKLİ BİLEŞİK KESİTLERİN DEBİ
HESABI İLE İLGİLİ YAKLAŞIMLARIN SERC DENEY
SONUÇLARINA GÖRE İRDELENMESİ

Müsteyde BADUNA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI)

1996
ANKARA

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç.Dr. Tülay ÖZBEK

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

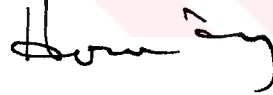
Başkan : Prof.Dr. İbrahim Güner



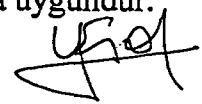
Üye : Doç.Dr. Tülay Özbeke



Üye : Doç.Dr. Hürir Önsöz



Bu tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**GEOMETRİK İÇERİKLİ BİLEŞİK KESİTLERİN DEBİ
HESABI İLE İLGİLİ YAKLAŞIMLARIN SERC DENEY
SONUÇLARINA GÖRE İRDELENMESİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Müsteyde BADUNA

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 1995**

ÖZET

Taşkın hesaplarında önemli bir konu olan debi hesabı için SERC-FCF deney sonuçları ile ayırık kanal, alan ve girişim alanları yöntemleri (DVWK Merkblätter 220 ve Prinos-Townsend doğrultusunda) sonuçları karşılaştırılmış ve geometrik içerikli bileşik kesitlerin debi hesabı için öneriler getirilmiştir.

Bilim Kodu : 624 02 02

Anahtar Kelimeler :Bileşik kesit, taşkın yatağı, ana yatak, girişim alanı, Einstein-Horton yaklaşımı, pürüzlülük içerikli bileşik kesitler, geometrik içerikli bileşik kesitler, ayırık alan, alan yöntemi, SERC-FCF, girişim alanları yöntemi, V yöntemi, D yöntemi, H yöntemi, fiktif kayma gerilmesi

Sayfa Adedi :129

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Tülay ÖZBEK

**THE EXAMINATION OF DISCHARGE COMPUTATION METHODS
FOR GEOMETRICAL COMPOUND CHANNELS WITH SERC
EXPERIMENT RESULTS
(Master Thesis)**

Müsteyde BADUNA

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
June, 1996**

ABSTRACT

For prediction of discharge which is an important subject in flood calculations, SERC-FCF experiment results are compared with those of separate channel, area and inclined interface methods and some suggestions are made for the computation of discharge of geometrical compound channels.

Science code : 624 02 02

Key words : Compound channel, flood plain, main channel, interface plane, Einstein - Horton approach, compound channel with different boundary roughness, geometrical compound channel, separate channel, area method, V method, D method, H method, apparent shear stress

Total number of pages : 129

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Tülay ÖZBEK

TEŞEKKÜR

Tez konumu veren ve çalışmalarımın başladığı günden sonuçlanmasına kadar yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç.Dr. Tülay ÖZBEK'e en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. KOMPAK VE BİLEŞİK KESİTLERDE DEBİ HESABI.....	10
2.1. Kompak Kesitlerde Debi Formülleri.....	10
2.1.1. Serbest yüzeyli düzlemsel akım ve Darcy-Weissbach eşitliği.....	11
2.1.2. Kesit şeklinin etkisi.....	17
2.2. Bileşik Kesitlerde Debi Hesabı.....	20
2.2.1. Pürüzlülük içerikli bileşik kesitler.....	20
2.2.1.1. Bitki örtüsü içermeyen pürüzlülük içerikli bileşik kesitler.....	21
2.2.2. Geometrik içerikli bileşik kesitler.....	23
2.2.3. Bileşik kesitin niteliksel ve niceliksel davranışı.....	23
2.2.3.1. Girişim alanındaki momentum transferi ve mekanizması.....	24
2.2.3.2. Girişim alanındaki fiktif kayma gerilmesi.....	29
2.2.3.3. Girişim alanındaki direnç katsayısı.....	30
2.2.4. Bileşik kesitler için debi hesabı modelleri.....	31

2.2.4.1. Ayrık kanal yöntemi.....	31
2.2.4.2. Alan yöntemi.....	31
2.2.4.3. Girişim alanları yöntemi.....	34
2.2.4.4. “K” yöntemi.....	36

3. GEOMETRİK İÇERİKLİ BİLEŞİK KESİTLERLE İLGİLİ

ARAŞTIRMALAR.....	37
3.1. Zheleznyakov (1966).....	37
3.2. Yen - Overton (1973).....	38
3.3. James - Brown (1977).....	39
3.4. Nicolett - Uan (1979).....	40
3.5. Könemann (1980).....	41
3.6. Wormleaton - Allen - Hadjipanos (1982).....	44
3.7. Prinos - Townsend (1984).....	45
3.8. Alman Araştırma Cemiyeti (1987).....	46
3.9. Stephenson - Kolovopoulos (1990).....	48

4. MATERYAL VE YÖNTEM.....

4.1. Giriş.....	49
4.2. SERC - FCF Deneyleri.....	50
4.2.1. Deney programı.....	50
4.2.2. Modelin tanıtılması.....	53
4.2.3. Ölçüm tekniği.....	56
4.3. Farklı Hesap Yöntemlerinin Kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar.....	57
4.3.1. Ayrık kanal yönteminin bileşik kesitlere uygulanması.....	58
4.3.2. Alan yönteminin bileşik kesitlere uygulanması.....	58

4.3.3. Girişim alanları yönteminin bileşik kesitlere uygulanması.....	59
4.3.3.1. DVWK yaklaşımı ile girişim alanları yönteminin bileşik kesitlere uygulanması.....	60
4.3.3.2. Prinos-Townsend yaklaşımı ile girişim alanları yönteminin bileşik kesitlere uygulanması.....	62
5. FARKLI YÖNTEMLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE YÖNTEMLERİN MUKAYESELİ ANALİZİ.....	64
5.1. Farklı Yöntemlerle Elde Edilmiş Debi Değerleri İle SERC-FCF Deneylerinde Ölçülen Debilerin Mukayesesi.....	64
5.1.1. Ayırık kanal yöntemi ile hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayesesi.....	64
5.1.2. Alan yöntemi ile hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayesesi.....	66
5.1.3. Girişim alanları yöntemiyle hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayasesi.....	68
5.1.3.1. DVWK yöntemi.....	69
5.1.3.2. Prinos-Townsend yöntemi.....	71
5.2. Bileşik Kanal Debileri İçin Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması.....	73
5.3. Debi Hata Yüzdeleri.....	76
5.4. Girişim Alanı Direnç Katsayısı.....	91
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	97
EK-I.....	104
EK-2.....	124

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kesit ayırımı.....	3
Şekil 1.2. Bitki örtüsü içeren akarsu enkesiti.....	3
Şekil 1.3. Geometrik içerikli bileşik kesit.....	4
Şekil 1.4. Geometrik ve pürüzlülük içerikli bileşik kesit.....	6
Şekil 1.5. Etkileşimin mevcut olması ve olmaması durumlarında anahtar eğrileri.....	7
Şekil 1.6. Makro türbülans oluşumu.....	7
Şekil 2.1. Logaritmik hız dağılımı.....	14
Şekil 2.2. Dikdörtgen kanallar için şekil faktörleri.....	19
Şekil 2.3. Farklı taban ve şev pürüzlülüklerinde kesitin ayırımı.....	20
Şekil 2.4. Bileşik kanal kesiti.....	23
Şekil 2.5. Momentum transferinin şematik gösterimi.....	24
Şekil 2.6. Ana yatak ve taşkın yatağı taban ve cidarlarında oluşan kuvvetler.....	25
Şekil 2.7. Alan yönteminde Holden tarafından önerilen girişim modeli.	32
Şekil 2.8. Fiktif ayırım alanı.....	34
Şekil 3.1. Yen-Overton modeli.....	38
Şekil 3.2. Ayırım alanlarının eğimi.....	39
Şekil 3.3. Könemann laboratuvar modeli.....	42
Şekil 3.4. DFG'nin geliştirdiği relatif direnç katsayısı.....	47
Şekil 4.1. SERC-FCF araştırma çalışmalarının iş programı.....	51
Şekil 4.2. Wallingford'taki SERC-FCF düzeneğinin şematik gösterimi..	53
Şekil 4.3. Wallingford'taki SRC-FCF düzeneğinden görünüş.....	54
Şekil 4.4. SRC-FCF düzeneğinde kullanılan bileşik kanal kesiti.....	54

Şekil 5.1.	Ayrık kanal yöntemiyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması.....	66
Şekil 5.2.	Alan yöntemiyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması.....	68
Şekil 5.3.	DVWK yöntemiyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması.....	70
Şekil 5.4.	Prinos-Townsend yaklaşımıyla elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması.....	73
Şekil 5.5.	1, 2 ve 3 no'lu SERC-FCF serileri için ayrık kanal, alan, DVWK ve Prinos-Townsend yöntemleri ile elde edilmiş bileşik kanal debilerinin mukayesesi.....	75
Şekil 5.6.	$f_{gir}/f_{tab,A} = f(h_A/h_T)$ bağıntısının DVWK ve DFG yaklaşımları ile SERC 01, 02, 03 deneylerindeki ölçümlere göre değişimini gösteren grafik.....	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Dikdörtgen kesitler için c_1 ve c_2 katsayıları.....	19
Çizelge 3.1. K ve $hT,O / hA$ parametreleri.....	43
Çizelge 4.1. SERC-FCF araştırma programı kapsamındaki araştırma faaliyetleri.....	52
Çizelge 4.2. SERC -FCF seri deneylerinin özellikleri.....	55
Çizelge 4.3. SERC model deneylerinin araştırılmış akım derinlikler ve akım oranları.....	56
Çizelge 5.1. Ayırık kanal yaklaşımına göre Seri 01'in hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	77
Çizelge 5.2. Ayırık kanal yaklaşımına göre Seri 02'nin hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	78
Çizelge 5.3. Ayırık kanal yaklaşımına göre Seri 03'ün hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	79
Çizelge 5.4. Alan yaklaşımına göre Seri 01'in hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	81
Çizelge 5.5. Alan yaklaşımına göre Seri 02'nin hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	82
Çizelge 5.6. Alan yaklaşımına göre Seri 03'ün hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	83
Çizelge 5.7. DVWK yaklaşımına göre Seri 01'in hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	85
Çizelge 5.8. DVWK yaklaşımına göre Seri 02'nin hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	86

Çizelge 5.9. DVWK yaklaşımına göre Seri 03'ün hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	87
Çizelge 5.10.Prinos-Townsend yaklaşımına göre Seri 01'in hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	88
Çizelge 5.11.Prinos-Townsend yaklaşımına göre Seri 02'nin hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	89
Çizelge 5.12.Prinos-Townsend yaklaşımına göre Seri 03'ün hesaplanmış debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri.....	90



SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Q	Debi (m^3/s)
v	Hız (m/s)
h	Su derinliği (m)
n	Manning-Strickler direnç katsayısı ($\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}^1$)
R	Hidrolik yarıçap (m)
I_0	Kanal taban eğimi (-)
g	Yerçekimi ivmesi (ms^{-2})
f	Darcy-Weissbach direnç katsayısı (-)
C	Chezy direnç katsayısı ($\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$)
Ş.F.	Şekil faktörü (-)
Re	Reynolds sayısı (-)
d	Çap (m)
v_*	Sürtünme hızı (m/s)
τ	Kayma gerilmesi (N/m^2)
μ	Dinamik viskozite ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$)
ν	Kinematik viskozite ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
ρ	Özgül kütle (kgm^{-3})
κ	Karman sabiti (-)
γ	Birim ağırlık ($\text{kgm}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$)
L	Karışım mesafesi (m)
ε	Çevrinti viskozitesi ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
τ_0	Cidar kayma gerilmesi (Nm^{-2})

k_s	Kumul pürüzlülüğü (m)
δ	Sınır tabakası kalınlığı (m)
b	Tapez kanal taban genişliği (m)
T	Su üst yüzü genişliği (m)
B	Dikdörtgen kanal taban genişliği (m)
U	Islak çevre (m)
B_T	Taşkın yatağı genişliği (m)
B_A	Ana yatak genişliği (m)
$b_{A,G}$	Ana yatak su üst yüzü genişliği (m)
m_A	Ana yatak şev eğimi (-)
m_T	Taşkın yatağı şev eğimi (-)
h_T	Taşkın yatağı su derinliği (m)
h_A	Ana yatak su derinliği (m)
$F_{tab,A}$	Ana yataktaki taban direnç kuvveti (kgms ⁻²)
F_{gir}	Girişim alanındaki direnç kuvveti (kgms ⁻²)
$F_{G,A}$	Ana yataktaki suyun ağırlığı (kgms ⁻²)
$F_{tab,T}$	Taşkın yatağı tabanı direnç kuvveti (kgms ⁻²)
$f_{tab,A}$	Ana yatak tabanındaki direnç katsayısı (-)
$f_{tab,T}$	Taşkın yatağı tabanındaki direnç katsayısı (-)
A_A	Ana yatak alanı (m ²)
A_T	Taşkın yatağı alanı (m ²)
I_E	Enerji hattı eğimi (-)
τ_T	Taşkın yatağındaki kayma gerilmesi (Nm ⁻²)
R_A	Ana yatak hidrolik yarıçapı (m)
R_T	Taşkın yatağı hidrolik yarıçapı (m)
$R_{tab,A}$	Ana yatak tabanına ait hidrolik yarıçap (m)
v_A	Ana yatak hızı (m/s)

v_T	Taşkın yatağı hızı (m/s)
$U_{tab,A}$	Ana yatak tabanı ıslak çevresi (m)
U_T	Taşkın yatağı ıslak çevresi (m)
$I_{E,A}$	Ana yatak enerji hattı eğimi (-)
$I_{E,T}$	Taşkın yatağı enerji hattı eğimi (-)
ϕ_A	Ana yataktaki hız için düzeltme katsayısı (-)
ϕ_T	Taşkın yatağındaki hız için düzeltme katsayısı (-)
τ_{gir}	Girişim alanındaki kayma gerilmesi (Nm ⁻²)
$\tau_{tab,A}$	Ana yatak tabanındaki kayma gerilmesi (Nm ⁻²)
τ_r	Relatif kayma gerilmesi (Nm ⁻²)
A_A'	Modifiye edilmiş ana yatak alanı (m ²)
A_T'	Modifiye edilmiş taşkın yatağı alanı (m ²)
Cr	Düzeltilmiş Chezy katsayısı (m ^{1/2} s ⁻¹)
θ	Kanalın yatayla yaptığı açı (°)
R_{etk}	Etkili hidrolik yarıçap (m)
$v_{A,O}$	Düzeltilmemiş ana yatak ortalama hızı (m/s)
$v_{T,O}$	Düzeltilmemiş taşkın yatak ortalama hızı (m/s)

1. GİRİŞ

Özellikle Avrupa ülkelerinde ve A.B.D.'de son derece güncel olan ekolojik dengenin kurulması ve çevre etki değerlendirmesine verilen önem sonucunda akarsu düzenlemelerinin doğaya uygun bir biçimde yapılması konusu gündeme gelmiştir.

Doğaya uygun bir düzenleme ise akarsu enkesitinin geometrik olarak değişkenlik göstermesi, taşkın yataklarının ve şevlerin homojenlik göstermeyecek biçimde farklı pürüzlülükte düzenlenmesi ve bitki örtüsüyle tahkim edilmesi ile yapılabilir.

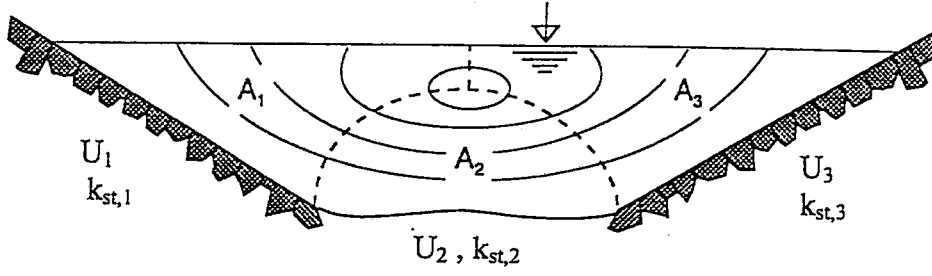
Bu tür düzenlemeler ise, akarsu hidroliğinin en temel konusu olan ve tüm diğer hesaplara baz teşkil eden debi ile su seviyesi arasındaki ilişkinin sağlıklı olarak bulunmasında bir takım zorlukları beraberinde getirmektedir. Doğaya uygunluğu nedeniyle bu tür düzenlemelerin süreklilik göstermediği, kısmen seddeli veya üzerinde ağaç, çalı çırpı bulunduran taşkın yataklı akarsularda, akımın son derece kompleks bir yapı gösterdiği bilinen bir gerçektir.

Kullanımı son derece kolay olan günümüze kadar çok sayıda yapılan araştırmaların da sonuçlarına bağlı olarak Manning - Strickler eşitliği kompakt, kısmen de sadece pürüzlülük içerikli bileşik özellik gösteren kesitler için nispeten sağlıklı sonuçlar verirken, aynı eşitliğin taşkın yataklı bitki örtüsü içeren veya içermeyen bileşik kesitlerde kullanılması, söz konusu etkileşimin yanında “n” Manning pürüzlülük değerinin boyut içermesi nedeniyle de uygun olmamaktadır.

Yatak genişliği boyunca su derinliğinin ve bitki örtüsünün değişiklik gösterdiği kesitte, debi ile su seviyesi arasındaki ilişkiden dolayı ana yatak ve taşkın yatağı tabanları akıma karşı farklı direnç göstermektedirler. Bu nedenle ana yataktaki hızlı akım ile taşkın yatağındaki yavaş akım arasındaki momentum ve impuls transferinden ana yatak ile taşkın yatağını ayıran fiktif alanda bir etkileşim, bir girişim söz konusu olmaktadır.

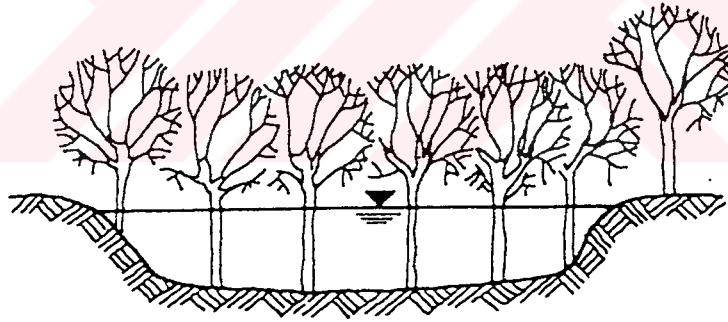
Kesit sınıflamaları kapsamında kompak kesit denilince yanında taşkın yatağı bulundurmeyen, doğal veya yapay (prizmatik) kesit anlaşılmaktadır. Kompak kesitlerde iki durum ile karşılaşmak söz konusudur. İlk durum pürüzlülüğün sabit olduğu kanal tipi olup doğal kesit olarak nadiren karşılaşılan durumdur. Pürüzlülüğün tüm ıslak çevre boyunca sabit kaldığı kompak kesitlere örnek olarak sulama kanalları yani pürüzlülüğü değişken özellik göstermeyen malzemeye kaplanmış yapay kanallar verilebilir. Bu kanalların hesaplanmasında günümüzde de Manning - Strickler eşitliğinin kullanılması, bu eşitlikle ilgili deneyim birikimi gerekçesiyle uygun olmaktadır.

Kompak kesitlerin bir diğer şekli ise pürüzlülüğün ıslak çevre boyunca farklılık gösterdiği enkesitlerdir. Bunlara örnek olarak doğada düzenlenmiş veya düzenlenmemiş olan, yanında taşkın yatağı bulundurmeyen akarsu kesitlerini verebiliriz. Bu tür kesitlerde Şekil 1.1'de görüldüğü gibi ıslak alanın kısmi alanlardan oluştuğu varsayılp Einstein-Horton yaklaşımı (Schröder,1994) ile hesap yapmak gerekmektedir. Daha ilerki bölümde hesap şekli verilecek olan bu yaklaşımda Manning-Strickler eşitliği kullanılması halinde de sağlıklı sonuçlar alınabilmektedir.



Şekil 1.1. Kesit ayırımı

Farklı pürüzlülük gösteren kompakt kesitlerin bir diğer türü ise bitki örtüsü içeren akarsu enkesitleridir (Şekil 1.2). Bu kesitlere doğal olarak rastlamak mümkün olduğu gibi çevre etki değerlendirmesinin önem kazandığı günümüzde yapay olarak da oluşturmak mümkündür. Sözü edilen bitki örtüsü içeren bu kesitlerde Manning - Strickler eşitliği ile çalışılmakta, Darcy-Weisbach eşitliğinin modifiye edilmiş şekilleri kullanılmaktadır (Schröder, 1994).

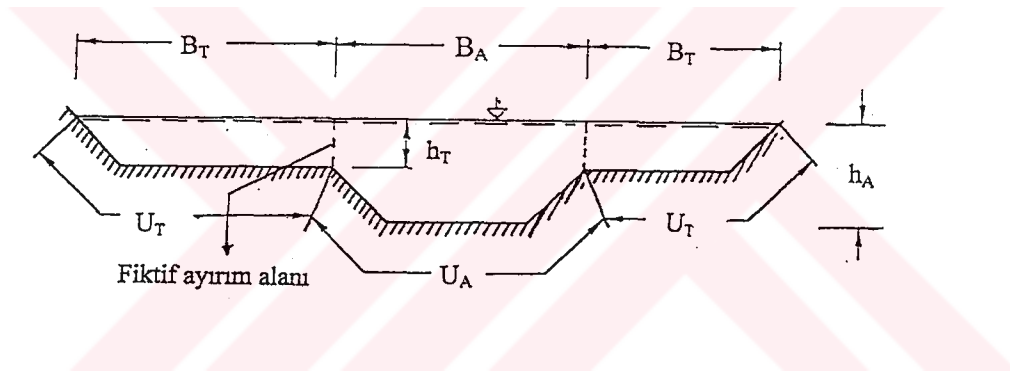


Şekil 1.2. Bitki örtüsü içeren akarsu enkesiti

Özellikle 1980'li yıllardan sonra bitki örtüsü içeren kesitler ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Halen bu konu ile ilgili çalışmalar yapanlar arasında Felkel (1960), Petryk (1975), İndlekofer (1981), Lindner (1982), Kaiser (1984),

Pasche (1984), Kaneman (1987), Mertens (1989), Nuding (1991), Evers (1993) gibi araştırmacılar sayılabilir.

Şekil 1.3'te görülen bileşik kesitler ise derin bir ana yatak ve ana yatağa göre daha sığ, ana yatağın bir veya iki tarafında yer alan taşkın yataklarından oluşmaktadır. Bileşik kesitlerde tüm kesiti temsil eden ortalama hız kabulü gerçekçi olmamaktadır. Kısmi kesitler olarak adlandırılan ana yatak ve taşkın yataklarında oluşan farklı hızlar nedeniyle her iki kesim arasında kütle ve impuls değişiminden kaynaklanan çevrintiler şeklinde kendini gösteren süreksizlik kısımları oluşmaktadır.

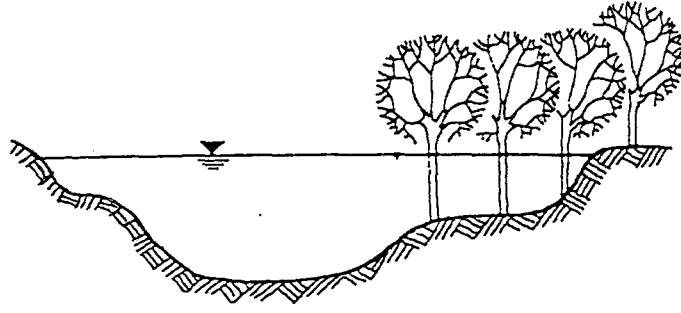


Şekil 1.3. Geometrik içerikli bileşik kesit

Tüm bileşik kesitleri karakterize eden bir debi formülü vermek söz konusu değildir. Ayrıca bileşik kesit ve kompakt kesit arasında ayrımı da tam olarak belirlemek mümkün olamamaktadır (DVWK Merkblätter 220, 1991). Bu kesitlerde kısmi alanlarda debi hesaplanmakta, ancak ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki alandaki fiktif pürüzlülük değerinin de hesaba dahil edilmesi gerekmektedir.

Bileşik kesitler geometrik içerikli bileşik kesitler (Şekil 1.3) ve pürüzlülük içerikli bileşik kesitler (Şekil 1.1) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Geometrik içerikli bileşik kesitler doğada pek karşılaşılan bir durum değildir. Ancak kaplama cinsi olarak aynı malzemenin kullanılması durumunda oluşabilirler. Bu tür kesitlerin hidrolik hesabında az önce sözü edilen girişim nedeniyle Manning - Strickler eşitliğinin kullanılmasının uygun olmadığı ve Darcy-Weissbach eşitliğinin kullanıldığı görülmektedir (Schumacher, 1994). Burada hesap yaklaşımı olarak fiktif ayırım alanında küçümsenmeyecek büyüklükte kayma kuvvetlerinin dikkate alınması, buna bağlı olarak ta bu fiktif alanı örnekleyecek olan pürüzlülük değerinin (k_{gir}) ve/veya aynı yaklaşım çerçevesinde fiktif alan direnç katsayısının (f_{gir}) belirlenmesi gerekmektedir.

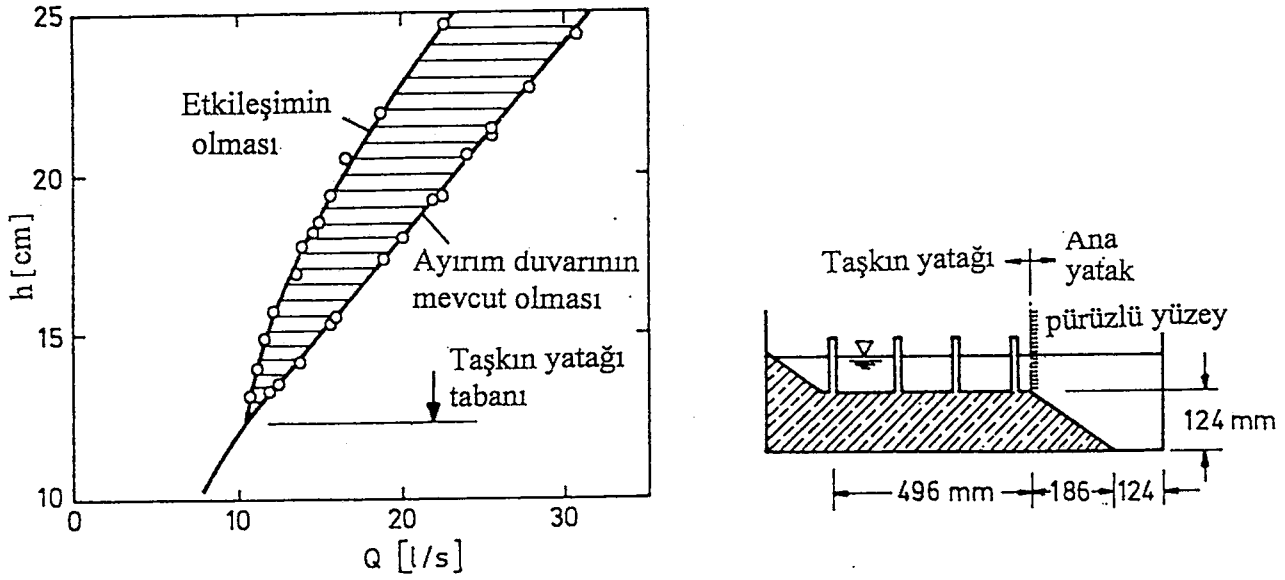
Doğada karşılaşılan durum ise geometrik ve pürüzlülük içerikli bileşik kesitin süperpoze durumu olan taşkın yatağında ve ana yatakta pürüzlülüğün farklı olmasıdır. Taşkın yatağındaki ve ana yataktaki pürüzlülük iki nedenden dolayı farklılık gösterebilmektedir. Bunlardan birincisi kesit düzenlemesi esnasında veya düzenlenmemiş kesitlerde, ana yatak ve taşkın yatağı tabanındaki sürtünme (direnç) kuvvetinin farklı olması nedeniyle taşınan sedimentin dane çapının değişmesine bağlı olarak ana yatak ve taşkın yatağında farklı pürüzlülükler oluşabilmektedir. Özellikle taşkın olaylarına bağlı olarak pürüzlülükler farklı değerler gösterebilmektedir (Şekil 1.4). Dolayısıyla bu tür kesitlerde de söz konusu girişim nedeniyle Manning-Strickler eşitliğinin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermemekte ve Darcy-Weissbach eşitliği ile çalışılmaktadır (DVWK Merkblätter 220, 1991).



Şekil 1.4. Geometrik ve pürüzlülük içerikli bileşik kesit

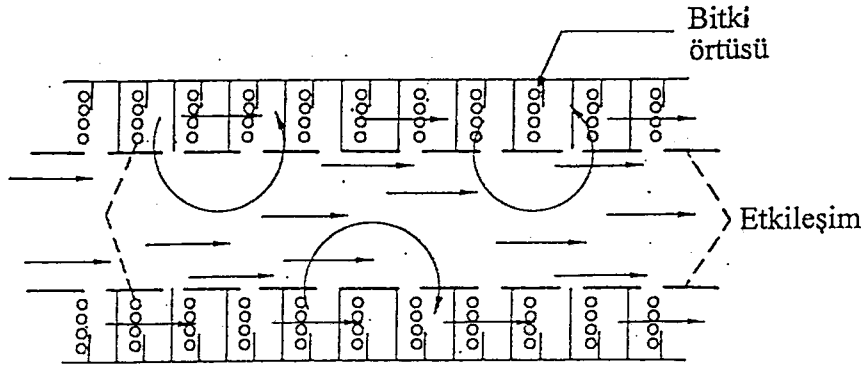
Ana yatak ve taşkın yatağındaki pürüzlülüğün farklı olmasının bir diğer nedeni ise ana yatağın bir veya iki tarafında birden oluşabilecek taşkın yatağının bitki örtüsü, çalı çırpı içermesidir (Şekil 1.4). Burada da özellikle taşkın zamanında debiyi azaltıcı anlamda kısmi alanlar arasında bir girişim söz konusu olmaktadır. Bu da kesiti karakterize eden f direnç katsayısında bir artışı beraberinde getirmektedir. Hız farklılığından kaynaklanan ana yatak ve taşkın yatağı arasında oluşan girişimlerden dolayı debi değişimi (Şekil 1.5) bariz bir şekilde görülmektedir.

Evers (1983) tarafından ana yatak ve taşkın yatağı arasında ayırım duvarlı ve duvarsız olmak üzere araştırmalar yapılmıştır. Diğer parametrelerin aynı kalması durumunda kısmi alanların ayrılmasında çok pürüzlü bir yüzeye sahip ayırım duvarı seçilmesine rağmen ayırım duvarsız duruma göre debinin büyük olduğu Şekil 1.5'te bulunan diyagramdan görülmektedir.



Şekil 1.5. Etkileşimin mevcut olması ve olmaması durumlarında anahtar eğrileri (Evers and Pasche, 1983)

Alman Araştırma Cemiyeti DFG (1987) bu konuyla ilgili olmak üzere çeşitli araştırmalar yapmış ve doğada çalı çırpı veya ağaç şeklinde bitki örtüsü içeren akarsu kesitlerinde yaptığı ölçümlerden geometrik içerikli bileşik kesitlerin fiktif ayırım alanlarında olduğu gibi yoğun bir şekilde kütle ve impuls değişimine bağlı olarak makro türbülansın oluştuğunu göstermiştir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6. Makro türbülans oluşumu

Makro türbülansa bağılı olarak bitki örtüsü içeren kesimlerdeki yavaş hız, bitki örtüsü içermeyen ana yataktaki akımı önemli miktarda engellemektedir. Buna karşın süreklilik nedeniyle taşkın yatağına doğru olan akım taşkın yatağındaki hızı çok az etkilemektedir.

Debi hesaplarında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise tabanı hareketli olan başka bir deyişle taban şekillerinin oluştuğu akarsu yataklarıdır. Bu, sediment taşınımının söz konusu olduğu zamanlarda karşılaşılan bir durum olup, bu zamanlarda Manning-Strickler, Darcy-Weissbach eşitlikleri kullanılmamakta, Chezy'nin Engelund-Hansen (1967) tarafından modifiye edilmiş şekli veya Einstein - Barbarossa (1952), White-Paris-Bettes (1980), Paris (1980) yöntemleri kullanılmaktadır.

Görüldüğü üzere debi hesabı kesitlerin özelliğine bağılı olarak çok farklılık göstermektedir. Dolayısıyla da konu çok kapsamlıdır. Bu araştırma kapsamında, bitki örtüsü içermeyen geometrik içerikli bileşik kesitlerin hidrolik hesabı incelenecektir.

Kaynak araştırması yapıldığında pürüzlülük içerikli, pürüzlülük ve geometrik içerikli bileşik kesitlerle ilgili oldukça fazla çalışmanın yapıldığı gözlenmektedir. 1980'li yıllardan geriye gidildiğinde taban şeklini dikkate alan araştırmalar yoğunluk kazanırken, 1980'li yıllardan günümüze kadar uzanan süreçte ise özellikle bitki örtüsü içeren pürüzlü ve geometrik içerikli bileşik kesitlere yönelik araştırmaların ağırlıklı olduğu saptanmıştır.

Geometrik içerikli bileşik kesitler konusunda daha az araştırma yapılmış ve oldukça az sayıda formül ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Konu ile ilgili

araştırmacılar arasında Zeheleznyakov (1966), Yen-Overton (1973), James-Brown (1977), Nicolet-Uan (1979), Könnemann (1980), Wormleaton-Allen-Hadjipanos (1982), DFG (1987) (Deutsche Forschung Gesellschaft; Alman Araştırma Cemiyeti), DVWK (1991) (Deutscher Verband für Wasser- und Kulturbau; Alman Su ve Ziraat Yapıları Birliği) ve SERC-FCF (Science and Engineering Research Council Flood Channel Facility; Bilim ve Mühendislik Araştırma Konseyi Taşkın Kanal Düzeneg'i) sayılabilir.

Özbek (1995) girişim alanları yöntemini esas alan DVWK Merkblätter 220'de (1991) yer alan hesap önerisini, farklı taşkın yatağı genişlikleri ve farklı su derinlikleri yanında farklı şev değerlerinin ve asimetric kanalları da içerecek şekilde İngiltere'de Wallingford Enstitü'sünde büyük ölçekteki model deneylerinden (SERC-FCF) elde edilen sonuçlara göre, Darcy-Weissbach eşitliği ve Einstein-Horton yaklaşımı doğrultusunda geometrik içerikli bileşik kanallar için irdelenmiştir.

Bu çalışmada ise geometrik içerikli bileşik kanallarda farklı kanal genişlikleri ve su derinliklerinde, ayrı kanal, alan ve girişim alanları yöntemleri (DVWK ve Prinos-Townsend) SERC-FCF'den elde edilen sonuçlara göre irdelenmiş, her yöntemin uygulanabilirlik sınırları tesbit edilmiş ve en uygun hesap yöntemi belirlenmiştir.

2. KOMPAK VE BİLEŞİK KESİTLERDE DEBİ HESABI

2.1. Kompak Kesitlerde Debi Formülleri

Kompak kesit tanımından anlaşılması gereken, kesitin pürüzlülük özelliklerinin tüm ıslak çevre boyunca değişmemesi ve geometrik bileşik kesit özelliği göstermemesidir. Yani kesitin yanında taşkın yatağı olmayan bir yataktan oluşması ve tüm ıslak çevre boyunca aynı pürüzlülüğe sahip olması gerekir.

Açık kanal hidroliğinde, debi hesabı için geçerli olan çok sayıda formül geliştirilmiştir. Bunların içinde günümüzde en çok kullanılanlar Manning-Strickler, Chezy ve Darcy-Weissbach eşitlikleridir. Bunlardan, Manning-Strickler olarak bilinen eşitlik:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (2.1)$$

şeklinde olup basit kullanımı ve uygulamadan elde edilmiş geniş kapsamlı direnç katsayılarıyla en çok kullanılanıdır. Burada unutulmaması gereken önemli bir husus “n” direnç katsayısının boyutlu bir büyüklük olduğudur. Buna bağlı olarak debi kapasitesi su derinliğine bağlı olmaktadır. n’in boyutu $[m^{-1/3} \cdot s^1]$ şeklindedir.

Chezy formülü :

$$v = C\sqrt{R \cdot I} \quad (2.2)$$

ise genellikle katı madde taşınımı söz konusu olduğu zaman uygulanmaktadır. “C” katsayısı da boyutlu bir büyüklük olup, boyutu $[m^{1/2} s^{-1}]$ şeklinde ifade edilir.

$$v = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{f}} \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad (2.3)$$

formülü ile verilen Darcy - Weissbach eşitliğindeki f direnç katsayısı boyutsuz bir büyüklüktür. Bu nedenle bu formül en sağlıklı formüllerden biridir (Özbek, 1991). Ancak söz konusu formülün kullanılmasında f değerinin tespiti için kullanılan Prandtl - Colebrook eşitliği boru akımları için geliştirilmiş olduğundan, ilgili eşitliğin sağlıklı sonuç verebilmesi için şekil faktörü (Ş.F.) katsayısıyla düzeltilmesi gerekmektedir. Ş.F. enkesit şeklinin etkisini dikkate alan boyutsuz bir büyüklüktür.

Daha sonraki bölümde türetilmesi gösterilecek olan Prandtl - Colebrook eşitliğinin genel ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \sqrt{f}} + \frac{k/d}{3.71} \right) \quad (2.4)$$

2.1.1. Serbest yüzeyli düzlemsel akım ve Darcy-Weissbach eşitliği

Darcy-Weissbach eşitliği olarak bilinen (2.3) no’lu bağıntıda verilen $\sqrt{gRI}$ bağıntısı yerine sürtünme gerilmesi hızı (v_*) tanımı konursa aşağıdaki eşitlik elde edilir :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{v}{\sqrt{8v_*}} \quad (2.5)$$

Ancak türbülanslı akımlarda hız dağılımı ifadesi, mevcut olan türbülans intensitesinden dolayı $\tau_{xz} = -\rho \overline{v_*'v_z'}$ şeklinde bilinen Reynolds gerilmesi nedeni ile pek kolay olmamaktadır.

Düzlemsel akımlarda Prandtl karışım hipotezinden yola çıkıldığında kinematik viskozite değeri türbülansa bağlı olarak ε çevrinti viskozitesi kadar bir artış göstermektedir. Dolayısı ile laminar akımlarda kayma gerilmesi $\tau(z) = \mu \cdot dv/dz$ bağıntısı ile ifade edilirken, türbülanslı akımlarda çevrinti vizkozitesi “ ε ” değerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Böylece $\nu = \mu/\rho$ şeklinde tanımlanan kinematik viskozite de dikkate alınmak sureti ile türbülanslı akımlar için kayma gerilmesi $\tau(z)$ için aşağıdaki bağıntı yazılabilir :

$$\tau(z) = \rho \left[\nu + \varepsilon(z) \right] \frac{dv(z)}{dz} \quad (2.6)$$

Kayma gerilmesinde olduğu gibi çevrinti viskozitesi $\varepsilon(z)$ de sabit bir değer olmayıp konuma bağımlı olduğundan Prandtl’ın tanımladığı karışım hipotezi gereğince aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

$$\varepsilon(z) = L^2 \left[\frac{dv(z)}{dz} \right] \quad (2.7)$$

Yukarıdaki formüldeki karışım mesafesi $L = \kappa \cdot z$ şeklinde ifade edilmektedir. κ , Karman sabiti olup temiz sular için 0.4 alınmaktadır. (2.6) no’lu eşitliğin sağ

tarafındaki ilk ifade çevrinti viskozitesine göre göreceli olarak küçük olduğundan ihmal edilir. Bu yaklaşımların yapılmasıyla aşağıdaki eşitlikler elde edilir :

$$\tau(z) = \rho \cdot \kappa^2 \cdot z^2 \cdot \left[\frac{dv(z)}{dz} \right]^2 \quad (2.8)$$

$$v_*(z) = \kappa(z) \cdot \frac{dv}{dz} \quad (2.9)$$

$\tau(z) = \tau_o(1-z/h)$ bağıntısı ile (2.9) no'lu eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilebilir :

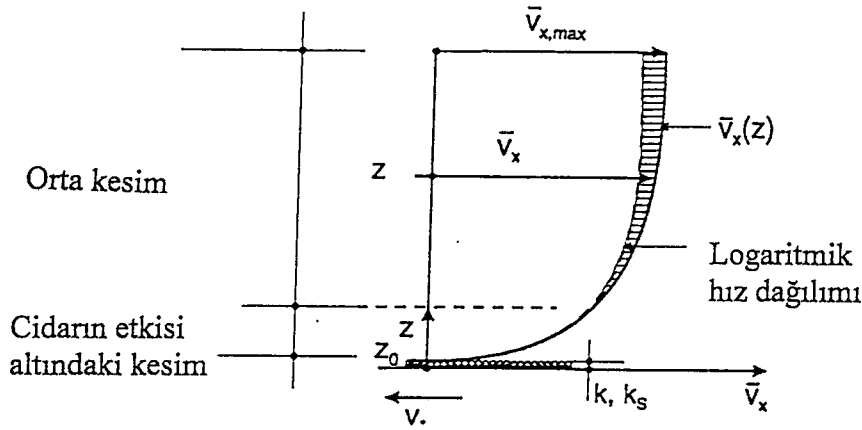
$$\frac{dv(z)}{dz} = \frac{v_*}{\kappa z} \cdot \sqrt{1 - \frac{z}{h}} \cong \frac{v_*}{\kappa \cdot z} \quad (2.10)$$

Bu eşitliğin integrali alındığı zaman logaritmik hız dağılımı olarak bilinen eşitlik elde edilir :

$$\frac{v(z)}{v_*} = \frac{1}{\kappa} \cdot \ln \frac{z}{z_0} \quad (2.11)$$

z_0 , $v_*(z)$ 'ın sıfır olduğu durumdaki tabandan olan mesafedir. Bunun için Colebrook ve White aşağıdaki amprik eşitliği vermektedir :

$$z_0 = \xi_{\text{hidr.cilalı}} \left(\frac{v}{v_*} \right) + \xi_{\text{hidr.pürüzlü}} \cdot k \quad (2.12)$$



Şekil 2.1. Logaritmik hız dağılımı

(2.11) numaralı eşitlikteki κ sabiti ve (2.12) numaralı eşitlikteki ξ değerleri deneysel olarak tesbit edilmektedirler. (2.12) numaralı eşitlikteki z_0 (2.11) no'lu bağıntıda yerine konduğu zaman, borular için f Darcy-Weissbach direnç katsayısı formülünü veren (2.13) no'lu ifade belirlenmiş olur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{boru}}} = -\frac{\ln 10}{\kappa \sqrt{8}} \cdot \log \left(\frac{25.35 \xi_{hidr.cilalı}}{Re \cdot \sqrt{f_{boru}}} + \frac{\xi_{hidr.pürüzlü} \cdot k/d}{0.111} \right) \quad (2.13)$$

$\kappa = 0.407$, $\xi_{hidr.cilalı} = 0,099$, $\xi_{hidr.pürüzlü} = 0.030$ ve $k = k_s$ kum pürüzlülüğü değeri alındığı zaman Prandtl - Colebrook diye adlandırılan türbülanslı akım eşitliği elde edilir.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} + \frac{k_s / d}{3.71} \right) \quad (2.14)$$

(2.14) no'lu eşitlikte $d=4R$ alınıp hesap yapıldığında eşitlik, kanal geometrisinin de dikkate alındığı şekil faktörü katsayısı Ş.F. ile hidrolik cilalı ve hidrolik pürüzlü durumlar için sırası ile aşağıdaki biçimleri alır :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f} \text{Ş.F.}} \right) \quad (2.15)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k_s}{14.84 \text{Ş.F.}} \right) \quad (2.16)$$

Sınır tabakası kalınlığı $\delta = 11.6(\nu / v_*)$ bağıntısı ile gösterildiğinde (2.12) no'lu eşitlikten hidrolik cilalı durum için z_0 parametresi $z_0 = 0.099(\nu / v_*) \cong 0.01\delta$ şeklinde de tanımlanabilmektedir. Böylece $k_s < 0.1\delta$ şeklinde tanımlanan hidrolik cilalı bölge için (2.11) no'lu bağıntıdan aşağıdaki bağıntı elde edilir :

$$v(z) = \frac{1}{\kappa} \cdot v_* \ln \frac{100z}{\delta} \quad (2.17)$$

$k_s > 6\delta$ olduğu zaman söz konusu olan hidrolik pürüzlü durum için ise (2.12) no'lu eşitlikte $\xi_{\text{hidr.pürüzlü}} = 0.030$ alınarak bulunan z_0 değeri (2.11)'de yerine konduğunda (2.18) no'lu ifade elde edilir.

$$v(z) = \frac{1}{\kappa} \cdot v_* \ln \frac{33z}{k} \quad (2.18)$$

$0.1\delta < k_s < 6\delta$ olarak tanımlanan geçiş bölgesi için de aynı şekilde (2.12) ve (2.11) no'lu eşitlikler kullanılarak aşağıdaki ifade elde edilir.

$$v(z) = \frac{1}{\kappa} \cdot v_* \ln \frac{z}{0.018 + 0.3k_s} \quad (2.19)$$

Ortalama hızlarla bulunmak istendiğinde $\kappa=0.4$ ve $z=0.368h$ alınarak (2.17), (2.18) ve (2.19) no'lu eşitliklerde veriler yerine konduğunda ve h için logaritmik hız ifadesi kullanıldığında, hidrolik cilalı, hidrolik pürüzlü ve geçiş bölgesi için aşağıdaki bağıntılar bulunur.

$$\bar{v} = 5.75v_* \log \frac{40h}{\delta} \quad (2.20)$$

$$\bar{v} = 5.75v_* \log \frac{12h}{k_s} \quad (2.21)$$

$$\bar{v} = 5.75v_* \log \frac{12h}{k_s + 0.3\delta} \quad (2.22)$$

Geniş kanallar için $v_* = \sqrt{gRI} \cong \sqrt{ghI}$ bağıntısı ile yukarıdaki ifadeler sırasıyla

$$\bar{v} = 18 \log \frac{40h}{\delta} \cdot \sqrt{hI} \quad (2.23)$$

$$\bar{v} = 18 \log \frac{12h}{k_s} \cdot \sqrt{hI} \quad (2.24)$$

$$\bar{v} = 18 \log \frac{12h}{k_s + 0.3\delta} \cdot \sqrt{hI} \quad (2.25)$$

White-Colebrook eşitliği olarak bilinen bu eşitliklerde, (2.2) no'lu bağıntıda yer alan C Chezy katsayıları sırasıyla hidrolik cilalı, hidrolik pürüzlü ve geçiş bölgesi için aşağıdaki şekli almaktadır .

$$C = 18 \cdot \log \frac{40h}{\delta} \quad (2.26)$$

$$C = 18 \cdot \log \frac{12h}{k_s} \quad (2.27)$$

$$C = 18 \cdot \log \frac{12h}{k_s + 0.3\delta} \quad (2.28)$$

2.1.2. Kesit şeklinin etkisi

Hız dağılımlarının kompakt kesitler için integrasyonu, kesit şekline bağlı olan bir düzeltme katsayısını da beraberinde getirmektedir. Marchi (1961) , bu nedenle Prandtl - Colebrook eşitliğini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{c_1}{\text{Re} \cdot \sqrt{f}} + \frac{k/4R}{c_2} \right] \quad (2.29)$$

Bu eşitlikte görüldüğü üzere şekil etkisi (2.14) numaralı eşitlikteki 2,51 ve 3,71 sayılarını etkilemektedir. Başka bir deyişle; açık kanal akımlarda c_1 ve c_2 katsayıları aşağıdaki şekilde tanımlanabilmektedir :

$$c_1 = \frac{2.51}{\text{Ş.F.}} \quad \text{ve} \quad c_2 = 3.71 \text{Ş.F.} \quad (2.30)$$

Farklı kesitler için “ Ş.F. ” değerleri Bock (1966) tarafından verilmiştir. T ile su üst yüzü genişliği, B ile taban genişliği ifade edilirse, dikdörtgen, trapez ve üçgen kanallar için Ş.F. değerleri aşağıdaki şekilde elde edilebilir :

$$\text{Ş.F.} = 1.130 \left(\frac{h}{B} \right)^{1/4} \left(1 + 2 \frac{h}{B} \right)^{-1/4} \quad (\text{dikdörtgen için}) \quad (2.31)$$

$$\text{Ş.F.} = 1.130 \left(\frac{R}{B} \right)^{1/4}, \quad h/B < 1 \quad (\text{trapez için}) \quad (2.32)$$

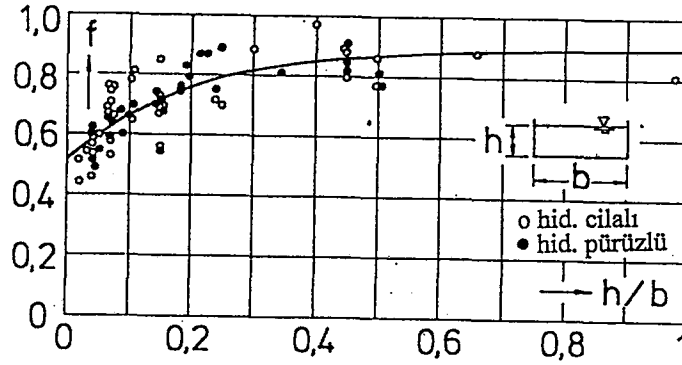
$$\text{Ş.F.} = 1.276 \left(\frac{h}{T} \right)^{3/20}, \quad h/T < 2 \quad (\text{üçgen için}) \quad (2.33)$$

Schröder (1994) yukarıda verilen formüllerin h/T ve h/B nin büyük değerleri için yeterli olmadıkları kritiğini yapmıştır. Ayrıca trapez kesitler için verilmiş olan (2.32) numaralı eşitlikte B’nin sıfıra yaklaşmasının trapezden üçgen kesite olan geçişi sağlamadığını belirtmiştir.

Söhngen (1987), dikdörtgen kesitler için yaptığı deneysel çalışmada (Şekil 2.2) şekil katsayılarının kesit şeklinden etkilendiğini, pürüzlülükten etkilenmediğini göstermiştir.

Bu araştırmalardan, $h/B \rightarrow 0$ durumu için $\text{Ş.F.} = 0.52$, $h/B \rightarrow \infty$ durumu için ise $\text{Ş.F.} = 0.90$ olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle Schröder (1990) tarafından yeni

bir formül geliştirilmiş olup bu formül DVWK-Schiffen 92'de (1990) yer almaktadır.



Şekil 2.2. Dikdörtgen kanallar için şekil faktörleri (Ş.F.)

$$\text{Ş.F.} = 0.90 - 0.38e^{-5h/B}, \quad h/B > 1 \quad (2.34)$$

Ş.F.(h/b → ∞) = 0,74 olmaktadır. Farklı h/B oranları için alınacak Ş.F. değerleri ve (2.29) numaralı eşitlikteki c_1 ve c_2 değerleri dikdörtgen kesitler için Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dikdörtgen kesitler için c_1 ve c_2 katsayıları

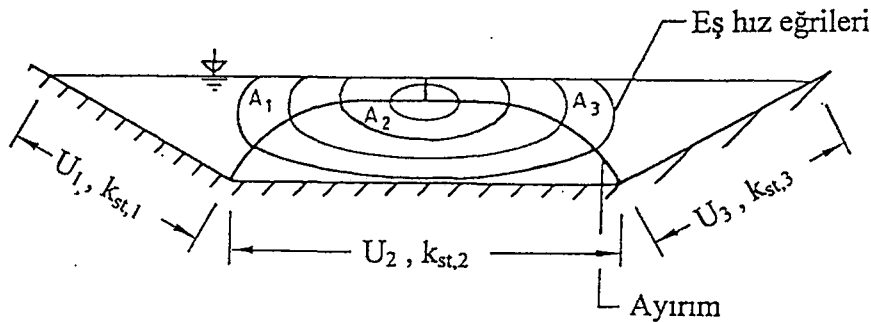
h/b	f	c_1	c_2
0.00	0.520	4.83	1.93
0.25	0.791	3.17	2.93
0.50	0.869	2.89	3.22
1.00	0.897	2.80	3.33
Dikdörtgen	1.000	2.51	3.71

2.2. Bileşik Kesitlerde Debi Hesabı

Giriş bölümünde de belirtildiği gibi bileşik kesitler geometrik içerikli bileşik kesitler ve pürüzlülük içerikli bileşik kesitler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bileşik kesitlerde en çok karşılaşılan durum ise geometrik ve pürüzlülük içerikli bileşik kesitlerdir.

2.2.1. Pürüzlülük içerikli bileşik kesitler

Islak çevresi boyunca farklı pürüzlülük değerlerine sahip kesitlerde, kesitin Şekil 2.3'te görüldüğü üzere kısmi kesitlere ayrılması gerekmektedir. Bu ayırım izlenen yol kayma gerilmelerine sahip olmayan ayırım hatlarının geçirilmesidir. Böyle bir durumda ayırım hatlarının hız trajektörlerini dik olarak kesmesi söz konusudur. Ancak bu şekilde düzenlenmiş olan ayırım hatlarında kayma gerilmesi oluşumu söz konusu olmamaktadır. Bu şekilde bir yaklaşım ayırım hatlarının ıslak çevreye dahil edilmemesi hususunu beraberinde getirmektedir. Einstein - Horton (1950) yaklaşımı olarak bilinen bu yaklaşımdaki ana kabul kompakt kesitin tüm kısmi alanlarının aynı hıza $v=v_i$ 'e sahip olmasıdır.



Şekil 2.3. Farklı taban ve şev pürüzlülüklerinde kesitin ayırımı

2.2.1.1. Bitki örtüsü içermeyen pürüzlülük içerikli bileşik kesitler

(2.3) numara ile verilen Darcy-Weissbach eşitliği kısmi alanlara uygulandığında aşağıdaki eşitlik yazılabilir :

$$v_i = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{f_i}} \sqrt{R_i I} \quad (2.35)$$

(2.3) ve (2.35) numaralı eşitliklerden yararlanarak $v_i / v = 1$ alındığında (2.36) no'lu bağıntı elde edilmektedir.

$$\frac{R}{R_i} = \frac{f}{f_i} \quad (2.36)$$

(2.36) no'lu bağıntıda hidrolik yarıçap yerine $R=A/U$ alındığında sırasıyla aşağıdaki aşamalardan sonra (2.37) ve (2.38) no'lu bağıntılarla ifade edilen Einstein-Horton bağıntıları Darcy-Weissbach eşitliği için elde edilmiş olur .

$$\frac{f}{\sum f_i} = \frac{A}{U} \cdot \frac{1}{\sum R_i} = \frac{A}{U} \cdot \frac{\sum U_i}{\sum A_i} \quad (A=\sum A_i \text{ olduğundan})$$

$$f \cdot U = \sum f_i \cdot U_i \quad (2.37)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[\frac{U}{\sum f_i \cdot U_i} \right]^{1/2} \quad (2.38)$$

Hidrolik pürüzlü durum için geçerli olan (2.16) no'lu eşitlik dikkate alındığında (2.38) no'lu bağıntı aşağıdaki şekilde de tanımlanabilir.

$$-2\log\left[\frac{k_s}{14.84\zeta.F.}\right] = \left[\frac{U_i \left[-2\log\left(\frac{k_s}{14.84\zeta.F.}\right) \right]^2}{\sum U_i} \right]^{1/2} \quad (2.39)$$

Darcy - Weissbach eşitliğinin kullanılmasında ortaya çıkan sorun “ f_i ” değerinin bulunmasında “ R_i ” değerinin tahminini beraberinde getirmesi ile iterasyonu gerektirmesidir. Ancak f direnç katsayısının boyutsuz olmasının daha sağlıklı sonuçlar verdiği unutulmamalıdır.

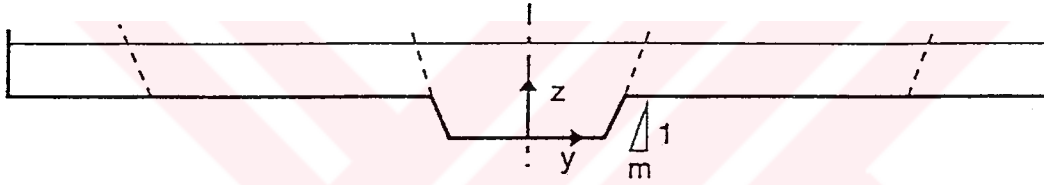
$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = -2\log\left(\frac{k_i / R_i}{\zeta.F. \times 14.84}\right) \quad (2.40)$$

Darcy-Weissbach eşitliği yerine Manning-Strickler eşitliğinin kullanılması durumunda ise Einstein-Horton yaklaşımı $v=v_i$ alınarak kesiti karakterize eden “ n ” pürüzlülük değeri için (2.41) no'lu bağıntı esas olur. Bu eşitliğin kullanılması halinde Darcy-Weissbach eşitliğindeki gibi iterasyona gerek olmamaktadır. Ancak “ n ” boyutlu bir büyüklük olduğu için hesaplarda bir miktar hata payı söz konusu olmaktadır.

$$n = \frac{\left(\sum n_i^{3/2} U_i \right)^{2/3}}{U} \quad (2.41)$$

2.2.2. Geometrik içerikli bileşik kesitler

Geometrik içerikli bileşik kesitlerde tüm kesit için aynı hızın olduğu kabulü gerçekçi değildir. Ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki momentum transferinden dolayı bir girişim söz konusu olmaktadır. Bu girişime bağlı olarak ana yatak ve taşkın kanalı arasında bir fiktif ayırım alanı oluşmakta, bu fiktif ayırım alanı boyunca oluşan makro türbülans nedeni ile ana yatakta hız azalmakta, taşkın yatağındaki debide ise az da olsa bir artış söz konusu olmaktadır.



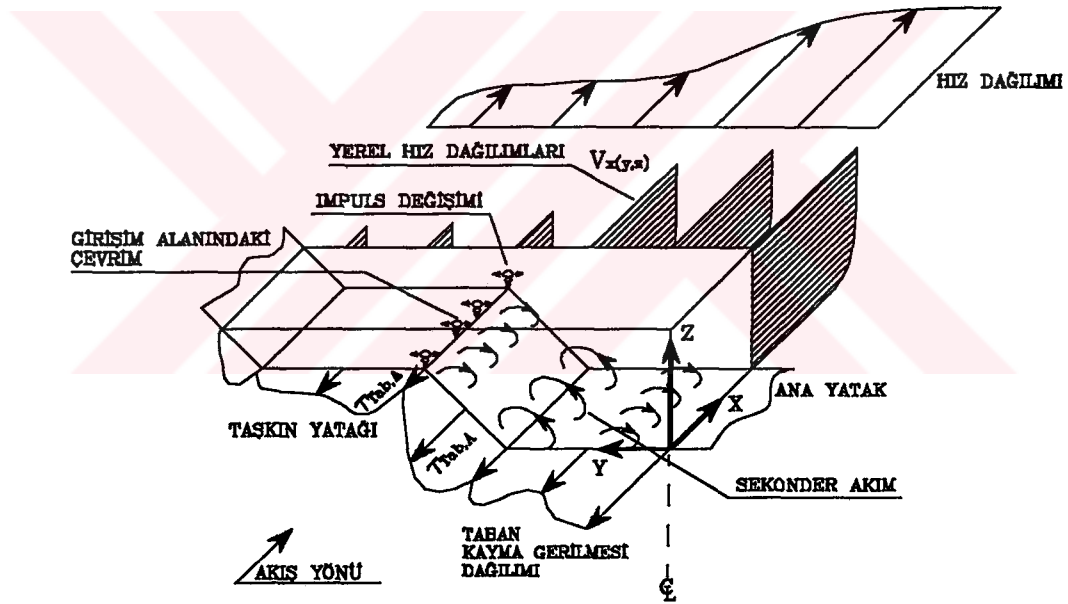
Şekil 2.4. Bileşik kanal kesiti

2.2.3. Bileşik kesitin niteliksel ve niceliksel davranışı

Bu bölümde bileşik kesitlerde girişim alanı diye adlandırılan fiktif alanda ana yatak ve taşkın yatağındaki hızların farklılığından kaynaklanan momentum transferi anlatılacaktır.

2.2.3.1. Girişim alanındaki momentum transferi ve mekanizması

Yavaş akan taşkın yatağı ve hızlı akan ana yatak arasındaki kütle ve impuls değişiminin oluşturduğu makro türbülansa bağlı olarak akım istikametine dik yönde bir hız gradyanı oluşumu söz konusudur (Şekil 2.5). Bu oluşum, debi hesabı yanında konu ile ilgili deneylerde olayın modellenmesini zorlaştırmaktadır. Son derece karmaşık olan bu 3 boyutlu akım oluşumu ilerleyen ölçüm tekniklerine uygun olarak geliştirilmiş Laser Doppler Aneometresiyle detaylarına kadar ölçülmüş ve söz konusu olan üç boyutlu türbülans yapısı belirlenmiştir.

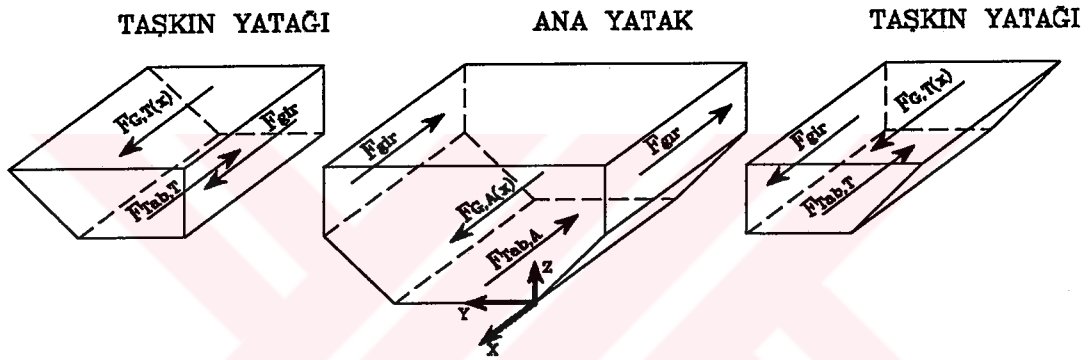


Şekil 2.5. Momentum transferinin şematik gösterimi

Sellin (1964), Knight-Shiono (1990), Tominaga-Nezu (1991), Shiono-Knight (1991) aynı pürüzlülüğe sahip bileşik kesitlerde eksenî akım yönünde

oluşan türbülans oluşumu yanında ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki girişim alanında etkileşime bağlı olarak düşey eksenli türbülansın varlığını göstermişlerdir. Söz konusu türbülans ve sekonder akımın oluşturduğu impuls taşınımı ana yatak ve taşkın yatağı arasında maksimum değerine ulaşmaktadır.

Ana yatak için kuvvet dengesi aşağıdaki şekilde tanımlanabilir (Şekil 2.6.);



Şekil 2.6. Ana yatak ve taşkın yatağı taban ve cidarlarında oluşan kuvvetler

$$F_{G,A} \sin \phi - F_{tab,A} - 2F_{gir} = 0 \quad (2.42)$$

Bu eşitlikte ;

$F_{G,A}$: Ana yataktaki suyun ağırlığı,

$F_{tab,A}$: Ana yataktaki taban direnç kuvveti,

F_{gir} : Girişim alanındaki direnç kuvveti,

ϕ : Kanal tabanının yatay ile yaptığı açıdır.

Ana yatağın farklı pürüzlülük değerlerini içermesi halinde Einstein-Horton yaklaşımı ile aşağıdaki ifade yazılabilir :

$$F_{tab,A} = \int_{U_{tab,A}} \tau_{0,A} \cdot du = \bar{\tau}_{tab,A} \cdot U_{tab,A} \quad (2.43)$$

Burada :

$F_{tab,A}$: Ana yatak tabanındaki direnç kuvveti,

$\tau_{0,A}$: Ana yatak tabanındaki kayma gerilmesi,

$\bar{\tau}_{tab,A}$: Ana yatak tabanındaki ortalama kayma gerilmesi,

$U_{tab,A}$: Ana yatak tabanı ıslak çevresidir.

Girişim hattında oluşan kayma kuvveti için analog olarak aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$F_{gir} = \int_{U_{gir}} \tau_{gir} du = \tau_{gir} \cdot h_T \quad (2.44)$$

F_{gir} : Taşkın yatağı tabanındaki direnç kuvveti,

τ_{gir} : Taşkın yatağı tabanındaki kayma gerilmesi,

h_T : Taşkın yatağındaki su derinliğidir.

(2.43), (2.44) numaralı eşitlikler (2.42) no'lu eşitlikte yerine konursa denge denklemi aşağıdaki hali alır :

$$\rho \cdot g \cdot A_A \cdot I_E - U_{tab,A} \cdot \bar{\tau}_{tab,A} = 2h_T \tau_{gir} \quad (2.45)$$

Diğer taraftan (2.5) no'lu ifadede $v_* = \sqrt{\tau_{tab,A} / \rho}$ alınıp eşitlik $\bar{\tau}_{tab,A}$ 'ya göre çözüldüğünde ana yatağın tabanındaki kayma gerilmesi için

$$\bar{\tau}_{tab,A} = f_{tab,A} \cdot \frac{\rho}{8} \cdot v_A^2 \quad (2.46)$$

yazılabileceğinden (2.45) ve (2.46) numaralı bağıntılardan yararlanılarak, ana yataktaki hız için (2.47) numaralı elde edilir.

$$v_A = \sqrt{\frac{8g}{f_{tab,A}} R_A I_E} \cdot \sqrt{1 - \frac{2h_T \tau_{gir}}{\rho g A_A I_E}} \quad (2.47)$$

Ana yatak için fiktif bir enerji hattı eğimi ($I_{E,A}$) tanımı

$$I_{E,A} = I_E - \frac{2h_T \tau_{gir}}{\rho g A_A} \quad (2.48)$$

ile (2.47) no'lu ifade aşağıdaki hale dönüşür :

$$v_A = \sqrt{\frac{8g}{f_{tab,A}} R_A I_{E,A}} \quad (2.49)$$

Benzer şekilde taşkın yatağındaki hız da taşkın yatağındaki kuvvetlerin dengesinden yararlanarak, yukarıda belirtilen aşamalardan geçerek aşağıdaki şekilde bulunur ;

$$\rho g A_T I_E + h_T \tau_{gir} = U_T \bar{\tau}_{tab,T} \quad (2.50)$$

Burada ;

$\bar{\tau}_{tab,A}$: Taşkın yatağı tabanındaki ortalama kayma gerilmesi

U_T : Taşkın yatağı ıslak çevresidir.

$$v_T = \sqrt{\frac{8g}{f_{tab,T}} R_T I_E} \sqrt{1 + \frac{h_T \tau_{gir}}{\rho g A_T I_E}} \quad (2.51)$$

Taşkın yatağı için fiktif enerji hattı eğimi ($I_{E,T}$) tanımı ile

$$I_{E,T} = I_E + \frac{h_T \tau_{gir}}{\rho g A_T} \quad (2.52)$$

ve taşkın yatağındaki hız v_T için

$$v_T = \sqrt{\frac{8g}{f_{tab,T}} R_T I_{E,T}} \quad (2.53)$$

elde edilir.

Girişimi dikkate almadan ayırık kanal olarak hesaplanarak bulunan ana yatak ve taşkın yatağındaki ortalama hız ifadeleri ($\bar{v}_{A,O}$ ve $\bar{v}_{T,O}$) ve ϕ_A ve ϕ_T düzeltme faktörleri ile (2.47) ve (2.51) no'lu ifadeler yerine aşağıdaki eşitlikler de yazılabilir.

$$v_A = \bar{v}_{A,O} \cdot \phi_A \quad (2.54)$$

$$v_T = \bar{v}_{T,O} \cdot \phi_T \quad (2.55)$$

(2.54) ve (2.55) no'lu bağıntılardaki ϕ_A ve ϕ_T düzeltme faktörleri (2.47) ve (2.51) numaralı eşitliklerden kolayca görüleceği üzere

$$\phi_A = \sqrt{1 - \frac{2\tau_{gir} h_T}{\rho g A_A I_E}} \quad (2.56)$$

$$\phi_T = \sqrt{1 + \frac{2\tau_{gir} h_T}{\rho g A_T I_E}} \quad (2.57)$$

şeklinde ifade edilebilirler.

2.2.3.2. Girişim alanındaki fiktif kayma gerilmesi

Bileşik kesitlerin niceliksel davranışını belirleyen (2.45) no'lu eşitlik τ_{gir} 'e göre çözüldüğünde ana yatağın her iki tarafında taşkın yatağı bulunması halinde uniform akım durumu ($I_E=I_0$) için

$$\tau_{gir} = \frac{1}{2 \cdot h_T} (\gamma A_A I_0 - \bar{\tau}_{tab,A} \cdot U_{tab,A}) \quad (2.58)$$

bağıntısı elde edilmektedir.

Tek tarafında taşkın yatağına sahip bileşik kesitler için ise yukarıdaki eşitlik

$$\tau_{gir} = \frac{1}{h_T} (\gamma A_A I_0 - \bar{\tau}_{tab,A} \cdot U_{tab,A}) \quad (2.59)$$

şeklini almaktadır.

2.2.3.3. Girişim alanındaki direnç katsayısı

Debi hesabında ayırım alanındaki τ_{gir} değeri, başka bir deyişle girişim alanındaki f_{gir} dikkate alınmalıdır. Bu değerlerin hesabı için tam bir fiziksel yaklaşım mevcut olmamakla birlikte τ_{gir} ve f_{gir} ilgili olarak bazı araştırmacıların ve bazı kuruluşların önerdikleri hesap esasları 3.bölümde verilmiştir.

(2.5) no'lu ifadede $v_* = \sqrt{\tau_{gir} / \rho}$ alındığında fiktif ayırım alanındaki direnç katsayısı ayırım alanındaki kayma gerilmesi (τ_{gir}) cinsinden ifade edilmiş olur. Araştırmacılar bileşik kesitlerde yaptıkları deneylerle τ_{gir} gerilmesini amprik olarak belirlemeye çalışmışlardır.

$$f_{gir} = 8 \frac{\tau_{gir}}{\rho v_A^2} \quad (2.60)$$

2.2.4. Bileşik kesitler için debi hesap modelleri

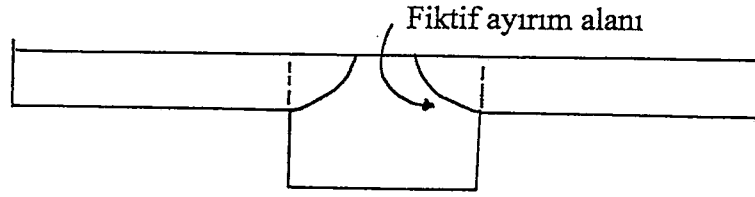
Bitki örtüsü içermeyen bileşik kesitlerde debi hesabı ayırık kanal, alan, girişim alanları ve girişim alanları yönteminin modifiye edilmiş şekli olan “K” yöntemi ile yapılmaktadır. Ayırık kanal yönteminde fiktif ayırım hattındaki etkileşim dikkate alınmazken, girişim alanları ve “K” yönteminde bu etkileşim göz önünde bulundurulmaktadır.

2.2.4.1. Ayırık kanal yöntemi

Bu yaklaşımda, ana yatak, tek veya iki taraflı taşkın yatağındaki akımların bağımsız oldukları kabul edilerek, ana yatak ve taşkın yatağındaki debi birbirinden bağımsız olarak bulunan $\bar{v}_{A,O}$ ve $\bar{v}_{T,O}$ hızları ile (Manning-Strickler, Darcy-Weissbach veya Chezy gibi bağıntılar kullanılarak) hesaplanmaktadır. Başka bir deyişle düzeltme fakörleri $\phi_A=\phi_T=1$ alınarak hesap yapılmaktadır. Ancak ana yatak taşkın yatağı fiktif ayırım alanındaki kayma gerilmelerinin ihmal edilmesi nedeniyle, sağlıklı neticeler elde edilememektedir.

2.2.4.2. Alan yöntemi

Holden (1986), kayma gerilmelerinin sıfır olarak alındığı bir girişim alanı yaklaşımı ile alan yöntemi diye adlandırılan metodu geliştirdi (Şekil 2.7). Momentum prensipleri uygulanarak bulunan taşkın yataklarına dahil edilecek veya ana yatak akımından çıkartılacak ek alanlar aşağıdaki bağıntılarla verilmektedir (Holden, 1986).



Şekil 2.7. Alan yönteminde Holden tarafından önerilen girişim modeli

$$A'_A = A_A - 2(\Delta A) \quad (2.61)$$

$$A'_T = A_T + 2(\Delta A) \quad (2.62)$$

Burada :

A'_A : Ana yatak modifiye edilmiş alanı

A'_T : Taşkın yatağı modifiye edilmiş alanı

ΔA : Alan düzeltme değeri

anlamında kullanılmıştır.

Taşkın yatağındaki direnç kuvveti için kuvvetlerin dengesinden giderek 2.2.3.1. no'lu bölümde anlatıldığı üzere (2.63) no'lu bağıntı yazılabilir.

$$\sum F_T - \tau_{gir} \cdot h_T = \gamma \cdot A_T \cdot I_0 \quad (2.63)$$

Burada :

$\sum F_T$: Taşkın yatağı ıslak çevresi U_T boyunca oluşan direnç kuvveti

τ_{gir} : Düşey girişim alanındaki kayma gerilmesi

anlamındadır.

Sıfır kayma gerilmesi yaratacak eğimli bir ayırım yüzeyi ile çalışıldığında τ_{gir} sıfır olacağından taşkın yatağındaki direnç kuvveti (2.63 no'lu eşitlik) aşağıdaki hale dönüşecektir.

$$\sum F_T = \gamma (A_T + \Delta A) \cdot I_0 \quad (2.64)$$

ΔA , alan düzeltmesi düşey bir ortak yüzeyin ana kanalı taşkın yatağından ayırdığı durum için taşkın yatağı bölgesindeki kuvvetlerin dengesinden teorik olarak türetilmiştir.

Söz konusu ΔA değeri,

$$\Delta A = \tau_r h_T^2 \quad (2.65)$$

bağıntısından bulunmaktadır. Bu eşitlikte

$$\tau_r = \frac{\tau_{gir}}{\tau_{T,o}} \quad (2.66)$$

olup τ_r girişim alanındaki relatif kayma gerilmesidir. $\tau_{T,o}$ taşkın yatağı çevresinde oluşan kayma gerilmesi olup

$$\tau_{T,o} = \gamma h_T I_0 \quad (2.67)$$

eşitliğinden bulunmaktadır.

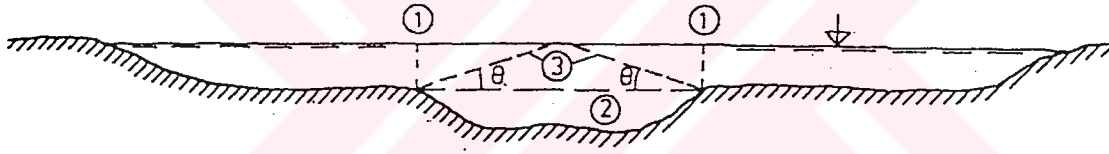
2.2.4.3. Girişim alanları yöntemi

Girişim alanları yönteminde yaklaşım, kesiti düşey (V Yöntemi), yatay (H yöntemi) ve diagonal (D yöntemi) yönde ayırmaktadır. Bu durumda debi ;

$$Q = \sum Q_i \quad (2.68)$$

$$Q_i = V_i A_i \quad (2.69)$$

eşitliği ile hesaplanır. Türbülans ve sekonder akımın oluşturduğu impuls taşınımı taşkın yatağı ve ana yatak arasında maksimum değerinde olduğu için genelde V yöntemi uygulanmaktadır.



Şekil 2.8. Fiktif ayırım alanı

Kısmi debi hesabında ana yatakta etkileşimin doğurduğu girişim nedeni ile Darcy-Weissbach ve Manning-Strickler formülleri kullanılabilir. Bu yöntemde hidrolik yarıçap hesabında fiktif ayırım alanı ana yatak için ıslak çevreye dahil edilmekte, taşkın yatağı için ise dahil edilmemektedir. Darcy- Weissbach eşitliği

kullanılmasında $v_i = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{f_i}} \sqrt{R_i I_E}$, $R_i = \frac{A_i}{U_i}$ ve üniform akım için $I_0 = I_E$ olduğundan

debi bağıntısı

$$Q = \sqrt{8gI_o} \sum \frac{A_i \sqrt{R_i}}{\sqrt{f_i}} = \sqrt{8gI_o} \frac{1}{\sqrt{f_i}} \sqrt{\frac{A_i^3}{U_i}} \quad (2.70)$$

şeklini alır.

Bu eşitlik için geçerli olan f_i değerleri Prandtl-Colebrook bağıntısından bulunacaktır. Genellikle çok geniş kesitler söz konusu olduğundan daha önce bahsedildiği üzere şekil faktörünün dikkate alınması gerekirken ana yatak ve taşkın yatağındaki v_i hızlarının çok farklı olması nedeni ile şekil faktörünün gerçek değerleri örnekleyemeyeceği hususundan hareketle Ş.F.'süz hesap yapılması önerilmektedir (Schröder, 1994). Böylece ;

Hidrolik pürüzlü cidarda

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = -2 \log \frac{k_i/R_i}{14.84} \quad (2.71)$$

Geçiş bölgesinde

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f_i}} + \frac{k_i/R_i}{14.84} \right) \quad (2.72)$$

Hidrolik cilalı cidarda

$$\frac{1}{\sqrt{f_i}} = -2 \log \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f_i}} \quad (2.73)$$

eşitlikleri geçerli olmaktadır.

Şayet tüm kısmi kesitlerde pürüzlülük söz konusu ise Manning - Strickler eşitliği de kullanılabilir. Ancak pürüzsüz cidarlar için bu formülün kullanılması mümkün olmadığı gibi “n” pürüzlülük sayısının boyut içermesi nedeniyle de sağlıklı sonuçlar elde edilemeyecektir.

$$v_i = \frac{1}{n_i} R_i^{2/3} I_E^{1/2} \quad \text{ve} \quad R_i = \frac{A_i}{U_i} \quad \text{eşitliklerinden yararlanarak üniform akım}$$

durumunda tüm debi için (Şekil 2.8) aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$Q = I_o \sum \frac{A_i R_i^{2/3}}{n_i} = I_o \sum \frac{1}{n_i} \frac{A_i^{5/3}}{U_i^{2/3}} \quad (2.74)$$

2.2.4.4. “K” yöntemi

K - yöntemi, girişim alanları yönteminin modifiye edilmiş bir şeklidir. Bu yöntemde, ana yatağın ıslak çevresi $2K_C d$ oranında artırılır ;

$$U'_A = U_A + 2K_C d \quad (2.75)$$

Burada K_C , ortak yüzeydeki fiktif kayma gerilmesi nedeni ile oluşan dirençteki artışı içermekte olup K_C her zaman pozitif bir değerdir. Benzer şekilde, ortak yüzeyin itici etkisi ve taşkın yatağı tabanındaki kayma gerilmelerinin çarpıklığı tek bir taşkın yatağı faktörü K_T 'de bir araya toplanmıştır. Ancak bu yöntem ayırık kanal yöntemi gibi sağlıklı sonuçlar vermemektedir (Stephenson, Kolovopoulos, 1990). Dolayısıyla bu araştırma kapsamına alınmamıştır.

3. GEOMETRİK İÇERİKLİ BİLEŞİK KESİTLERLE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.Bölümde niteliksel ve niceliksel davranışı yanında girişim alanı, fiktif kayma gerilmesi ile ilgili modellemeler anlatılmıştı. Bu bölümde konu ile ilgili araştırmalar yer almaktadır.

3.1. Zheleznyakov (1966)

Zheleznyakov, ana yatak ile taşkın yatağı arasındaki momentum transferini inceleyen ilk araştırmacıdır. Bu transfere “kinematik etki” adını vermiş ve laboratuvar koşulları altında, akım karakteristiklerinin momentum değişiminden etkilendiğini ve bu momentum transferinin taşkın yatağının daha büyük bir debi geçirmesine neden olduğunu ilk kez ortaya koyan bilim adamı olmuştur. Ayrıca taşkın yatağı derinliği arttıkça olayın öneminin azaldığını göstermiştir.

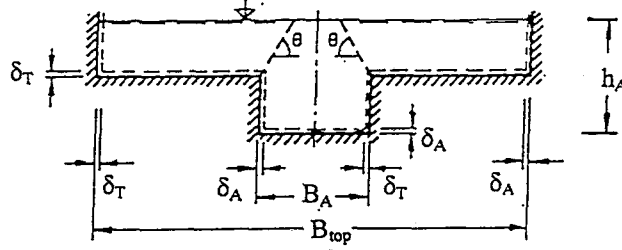
Zheleznyakov, söz konusu girişimi dikkate almak için düzeltilmiş Chezy “ C_r ” katsayılarıyla çalışılmasını önermektedir.

$$C_r = C(1 + \frac{1.15}{1 + \eta}) \quad \eta \geq 1.8 \quad (3.1)$$

$$C_r = C(0.42 + \frac{0.45}{1 + \eta}) \quad \eta < 1.8 \quad (3.2)$$

Bu denklemlerde $\eta = h_A / h_T$, h_A ve h_T ’de sırasıyla ana yatak ve taşkın yatağındaki su derinlikleridir.

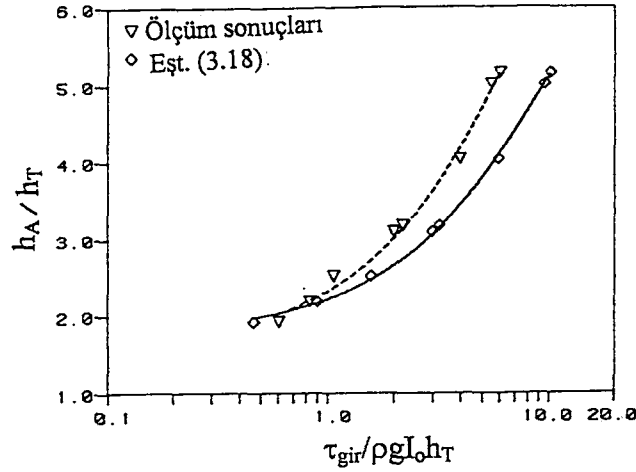
3.2.Yen / Overton (1973)



Şekil 3.1. Yen/Overton modeli

Araştırmacılar, bileşik kesitlerde girişim alanında hız dağılımının süreklilik göstermediğini saptamışlardır. Uyguladıkları yöntemlerde ayırım alanları $\tau_{gir}=0$ olacak şekilde belirlenen alan yöntemi ile çalışmışlardır. Ayırım alanlarının konumu üzerine detaylı bilgi mevcut olmadığı için ilk yaklaşım olarak problemi laminar akım şartları için çözmekte ve analogundan yararlanarak aynı yöntemi türbülanslı akımlara uygulamaktadırlar.

Ayırım alanlarının yatayla yapmış olduğu θ açısı ölçüm değerlerinden yararlanılarak eşdeğer hız profilleri çizilmek suretiyle oluşturulmuştur. Bilindiği üzere söz konusu ayırım alanının eşdeğer hız eğrilerini dik olarak kesmesi gerekmektedir. Pratikte " θ ", ayırım alanının yatay ile yaptığı açı olup değerleri $\theta=f(h_T / B_A)$ cinsinden Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Ayırım alanlarının eğimi (Yen ve Overton, 1973)

3.3. James - Brown (1977)

Araştırmacılar, bileşik kesitin debi hesabında “modifiye edilmiş tek kanal” yöntemini (Modified-Single-Channel) önermektedirler.

Bu yöntemde, tüm kesit bir hidrolik yarıçapla dikkate alınmaktadır. Manning formülüne göre hesaplanan debi ϕ korreksiyon katsayısıyla düzeltilmektedir.

$$Q = \phi \cdot \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} I_E^{1/2} \quad (3.3)$$

$$\phi = \left(\frac{n}{n'}\right)^{-1} = \left(\frac{R_{etik}}{R}\right)^{3/2} \quad (3.4)$$

Burada,

- n' : Taşkın yatağı seviyesinde aktığı zaman ana yatağın pürüzlülük değeri “n” ,
 R : Tüm kesitin hidrolik yarıçapı,
 R_{etk} : Kesitin etkili hidrolik yarıçapı,
 ϕ : Diyağramdan alınan bir değerdir.

3.4. Nicolett - Uan (1979)

Araştırmacılar, ana yatak genişliğinin 0.5 ve 1.5 katı olarak düzenlenen farklı genişlikler ile farklı pürüzlülük değerlerine sahip taşkın yatakları üzerinde çalıştılar. Yaptıkları deneyler “V” yönteminin daha doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir.

$$A_0 = \frac{Q_A}{q_A} \cong 0.9 \left(\frac{k_{st,A}}{k_{st,T}} \right)^{-1/6} \quad (3.5)$$

Burada ,

- Q_A : Taşkın yatağı tarafından etkilenen ana yatak debisi,
 A_0 : Düzeltme katsayısı,
 q_A : Taşkın yatağının etkisi dikkate alınmaksızın hesaplanmış ana yatak debisi,
 $k_{st,A}$: Ana yatağın k_{st} değeri,
 $k_{st,T}$: Taşkın yatağının k_{st} değeridir.

Debi, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$Q = k_{st,A} \cdot A \cdot A_A \cdot R_A^{2/3} + k_{st,T} \sqrt{A_T^2 + A_A A_T (1 - A^2)} R_T^{2/3} \quad (3.6)$$

Burada ,

A : A_0 değerinden hesaplanacak düzeltme katsayısı,

Q : Debi,

A_A : Ana yatağın ıslak alanı,

A_T : Taşkın yatağının ıslak alanı,

R_A : Ana yatağın hidrolik yarıçapı,

R_T : Taşkın yatağının hidrolik yarıçapıdır.

A , düzeltme katsayısı, taşkın yatağındaki oyulmayı karakterize eden r geometrik parametresi yardımıyla tayin edilmektedir.

Taşkın yatağı seviyesinde su olması durumunda $Q_A/q_A=1$ ve $r=0$, $Q_A/q_A=A_0$ olması durumunda $r=\rho$ 'dır. $0 < r < \rho$ için A katsayısı $\cos$ fonksiyonuna uygun bir dağılım göstermektedir.

$$A = \frac{Q_A}{q_A} = \frac{1}{2} \left[(1 - A_0) \cos \frac{\pi \cdot r}{\rho} + (1 + A_0) \right] \quad (3.7)$$

3.5. Könnemann (1980)

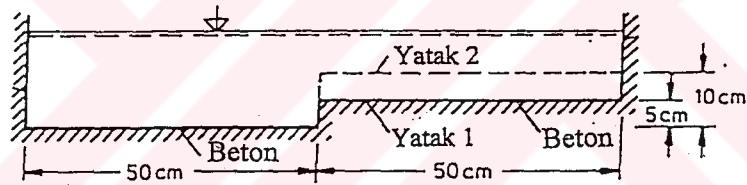
Könnemann bu çalışmasında, kesitler arasındaki karşılıklı etkileşimi dikkate alan bir yöntem önermişti. Ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki fiktif ayırım alanındaki kayma gerilmesi bu etkileşimin bir sonucudur. Könnemann yapmış olduğu boyut analizi ile

$$\frac{\tau_{gir}}{\tau_{top}} = f\left(\frac{h_T}{h_A}, \frac{b_A}{b_T}, \frac{k_{st,A}}{k_{st,T}}, Re'_T\right) \quad (3.8)$$

$$Re'_T = \frac{h_T}{\nu} \sqrt{\frac{\tau_{top}}{\rho}} \quad (3.9)$$

$$\frac{\tau_{gir}}{\tau_{top}} = \frac{K}{\frac{h_T}{h_A} - \frac{h_{T,o}}{h_A}} \quad (3.10)$$

eşitliklerini elde etmiştir.



Şekil 3.3. Könemann laboratuvar modeli

Sabit K değeri ve $h_{T,O} / h_A$ değerleri araştırılmış model için aşağıdaki çizelgeden alınacaktır. $h_{T,O}$ ile, taşkın yatağındaki akım derinliğinin etkileşime neden olan derinlik kastedilmektedir.

Çizelge 3.1. K ve $h_{T,O}/h_A$ parametreleri

Model	K	h_T/h_A
G1G*	1.009	0.074
G1R*	2.845	0.000
G2G*	1.003	0.000
G2R*	1.358	0.000

*G1, 2G : 1 ve 2 numaralı hidrolik cilalı kanallar ($k_s = 0.1$ mm)

G1, 2R : 1 ve 2 numaralı hidrolik pürüzlü kanallar ($k_s = 1.83$ mm)

Modelde kullanılan, geometrik ve pürüzlülük yönünden benzerlik gösteren durumlar için kanalda kullanılabileceği önerilen bu yöntem ile ilgili olarak aşağıdaki hususlar vurgulanmaktadır.

- Tek taraflı bileşik kesitlerde %8, simetrik bileşik kesitlerde ise maksimum %16'lık debi azalması söz konusudur.
- Düşey ayırım hattı, ana yatağın ıslak çevresinde dikkate alınmalı, buna karşılık taşkın yatağında hesaba dahil edilmemelidir.

Könemann'ın yaptığı bu çalışma DVWK önerisine baz teşkil etmiştir.

3.6. Wormleaton - Allen - Hadjipaonos (1982)

Bu araştırmacılar, düşey, yatay ve diagonal girişim alanlarıyla çalışarak τ_{gir} gerilmesi dağılımını ve taban kayma gerilmesini belirlemek suretiyle farklı debiler için ölçümler yaptılar ve farklı hesap yöntemlerine uyguladılar. Bu uygulama sonunda küçük taşkın yatağı derinlikleri için diagonal ve yatay ayırım alanlarının daha sağlıklı sonuçlar verdiklerini gösterdiler. Ancak bu hesap yöntemlerinin ölçüm değerlerinden daha büyük debi değerleri verdikleri sonucuna vardılar.

Küçük taşkın yatağı derinliklerinde düşey ayırım alanındaki fiktif kayma gerilmeleri ana yatak taban kayma gerilemelerinden çok daha büyük değerler almakta ve taşkın yatağındaki pürüzlülük arttıkça söz konusu olan τ_{gir} gerilmeleri daha da büyümektedir.

Düşey ayırım alanı ile çalışılması durumunda, girişimin tamamen ihmal edilmesi veya sadece ana yatak kesiminde dikkate alınması gerektiği görüşündedirler. Ortalama taban kayma gerilmesinin aşağıdaki ifadeyle hesaplanması önerilmektedir ;

$$\tau_{tab,A} = \frac{\rho \cdot A_A \cdot I_0}{U_{tab,A} + h_T} \quad (3.11)$$

Eğer düşey ayırım alanında relatif fiktif kayma gerilmesi (k_v) $k_v = \tau_{gir} / \tau_{tab,A}$ şeklinde ifade edilirse $k_v = f[h_A / (h_A - h_T)]$ olarak alınabileceği araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Araştırmacılar, istatistiksel bir çalışma yaparak τ_{gir} için

$$\tau_{gir} = 13.84(\Delta v)^{0.882} \left(\frac{h_A}{h_A - h_T} \right)^{-3.123} \left(\frac{b_T}{b_A} \right)^{-0.727} \quad (3.12)$$

eşitliğini geliştirdiler. Bu eşitlikte $\Delta v = \bar{v}_{A,O} - \bar{v}_{T,O}$ anlamındadır.

3.7. Prinos - Townsend (1984)

Araştırmacılar, bileşik kanallarda ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki momentum transferini göz önünde bulunduran yeni bir yöntem önerdiler. Bu yöntemde, debi hesabında fiktif kayma gerilmesini kullandılar. Elde ettikleri deney sonuçlarının regresyonu ile

$$\tau_{gir} = 0.874 \left(\frac{h_T}{h_A} \right)^{-1.129} \left(\frac{B_T}{B_A} \right)^{-0.514} \Delta v \quad (3.13)$$

eşitliğini geliştirdiler.

Burada ;

τ_{gir} : Girişim alanındaki fiktif kayma gerilmesi

h_T : Taşkın yatağındaki su derinliği,

h_A : Ana yataktaki su derinliği,

B_T : taşkın yatağı taban genişliği,

B_A : Ana yatak taban genişliği

Δv : Ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki hız farkıdır.

Araştırmacılar, ana kanaldaki hızı

$$v_A^2 = \frac{8}{\rho \cdot f_{tab,A}} \left[\gamma R_A I_0 - \frac{2\tau_{Gir} h_T}{U_A} \right] \quad (3.14)$$

taşkın yatağındaki hız da

$$v_T^2 = \frac{8}{\rho \cdot f_T} \left[\gamma R_T I_0 + \frac{\tau_{Gir} h_T}{U_T} \right] \quad (3.15)$$

eşitlikleriyle hesapladılar.

Bu çalışmaları sonucunda bileşik kanallar için daha doğru direnç katsayılarının geliştirilmesini, düzeltme katsayılarından ziyade istatistiksel hesapların doğruluğuna bağlı olduğunu vurguladılar.

3.8. Alman Araştırma Cemiyeti (DVWK) (1987)

Alman Araştırma Cemiyeti “Doğal yataklı kesitlerde taşkın yatağının bitki örtüsü içermemesi durumu için aşağıdaki yaklaşımı önermektedir.

$$f_{gir} = \tau_{gir} \frac{\rho}{8} v_A^2 \quad (3.16)$$

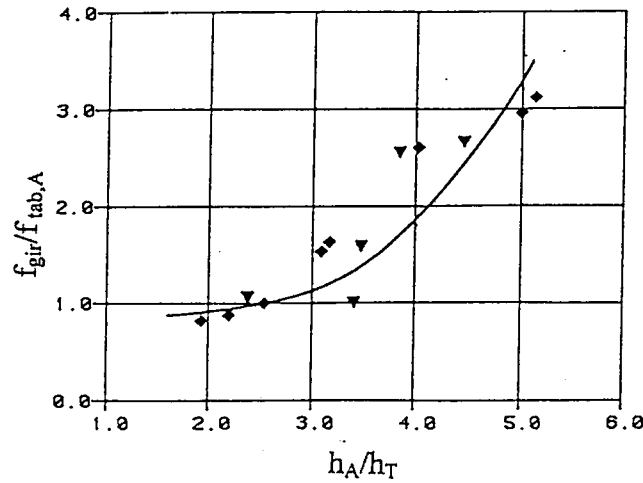
DVWK bu çalışmasında Myers (1984), Sellin (1964), Baird ve Erwin (1984) çalışmalarını dikkate alarak girişim alanındaki fiktif kayma gerilmesini aşağıdaki etkileşimle ifade etmektedir.

$$\frac{\tau_{gir}}{\rho g h_T I_0} = \left[\frac{h_A}{h_T} - \psi \right]^{1.5} \left[\frac{B_A}{h} \right]^{0.5} \left[0.5 + 0.3 \ln \left(\frac{B_T}{h} \right) \right] \quad (3.17)$$

$$\psi = 1.0 + 1.5(h / B_A)^{1.25} \quad (3.18)$$

$$h = h_A - h_T \quad (3.19)$$

Bu çalışma yeterli sayıda yapılmış ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda bulunmuştur. (3.17) no'lu eşitlikte verilmiş formülle deneyler arasındaki ilişki şekilde verilmektedir. Bu eşitlik daha çok hidrolik pürüzlü durum için geçerlidir. DFG'nin (1987) hidrolik yatak için geliştirdiği girişim alanı relatif direnç katsayısı Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. DFG'nin geliştirdiği relatif direnç katsayıları

3.9. Stephenson - Kolovopoulos (1990)

Araştırmacılar,

- Tüm hidrolik kesiti tek olarak kabul eden,
- Kesiti bağımsız parçalara ayıran,
- Ana kanal ve taşkın yatağı arasında sınır kayma gerilmeleri kabul eden,
- Sıfır kayma gerilmeli çalışan

metodlar üzerinde çalışmışlar ve aşağıda belirtilen birkaç nedenden dolayı da alan yöntemini diğer yöntemlere göre tercih edilir bulmuşlardır ;

- Hesaplaması kolaydır.
- Uygulanabilmesi için herhangi bir sınıra veya orana bağlı değildir.
- Teorik bir temeli vardır.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Giriş

Son yıllarda, hem nehir hem de şehir kanalizasyon kanallarında taşkın akımlarının matematiksel modellemesine önemli ölçüde ilgi duyulmaya başlanmıştır. Bunun birinci nedeni taşkınlar nedeniyle oluşan önemli hasarların hayati ve maddi hasarlar vermesi, ikincisi de son zamanlarda üniform ve permenan olmayan türbülanslı akımların matematiksel modellenmelerinde meydana gelen ilerlemelerdir.

Bugüne kadar yapılan çalışmaların çoğu, üniversitelerde, boyları 6 ~ 15m, genişlikleri 0.6m ~ 1.2m arasında değişen kanallarda yapılmıştır. Bu değerler, çoğunlukla, tüm taşkın yatağı genişliğinin modellenmesi için çok küçük değerlerdir. Bu nedenle taşkın yatağındaki su derinlikleri çok küçük değerlere sahip olmakta ve böylece bu bölgede tam oluşmuş türbülanslı bir akım yerel Reynolds sayısının düşük olması nedeniyle elde edilememektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak ve mevcut kaynakları tek bir merkezi düzenekte birleştirmek için Wallingford'ta "Hydraulic Research Ltd." 'te "Science and Engineering Research Council" (SERC) ve "Hydraulic Research Ltd." (HR) tarafından 1987 yılında başlayan ve 1994 yılına kadar süren çok geniş kapsamlı araştırma çalışmaları gerçekleştirerek SERC - FCF (Science and Engineering Research Council Flood Channel Facility) diye adlandırılan bir model kanalı üzerinde yapılmıştır.

4.2. SERC - FCF Deneyleri

SERC-FCF deney düzeneği aşağıdaki kuruluşlar tarafından belirtilen düzen çerçevesinde gerçekleştirilmiştir.

- Projelendirme, yapım, aletlerin yerleştirilmesi ve temel işletme maliyetleri

Bu çalışmalar, SERC tarafından HR Ltd'e 5 yıl süreli bir araştırma anlaşması çerçevesinde £607 000 yaptırılmıştır. Bu miktarın büyük bir kısmını HR olmak üzere çeşitli araştırma kuruluşları tarafından karşılanmıştır.

- Bireysel Araştırma Projeleri

Araştırma kapsamında yapılan çalışmalar, belirlenen araştırmacılar tarafından bireysel projeler şeklinde yürütüldü, yapılan çalışmalar ve alınan sonuçlar bilimsel heyetler tarafından tartışılmıştır.

4.2.1. Deney programı

Söz konusu araştırmada İngiltere'deki farklı üniversitelerin koordineli olarak çalıştığı merkezi bir model donanımı gerçekleştirildi. Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi çalışmalar 3 farklı alanda yapılmıştır :

A :Doğrusal ve doğrusal olmayan kanallar

B : Menderesli yataklar

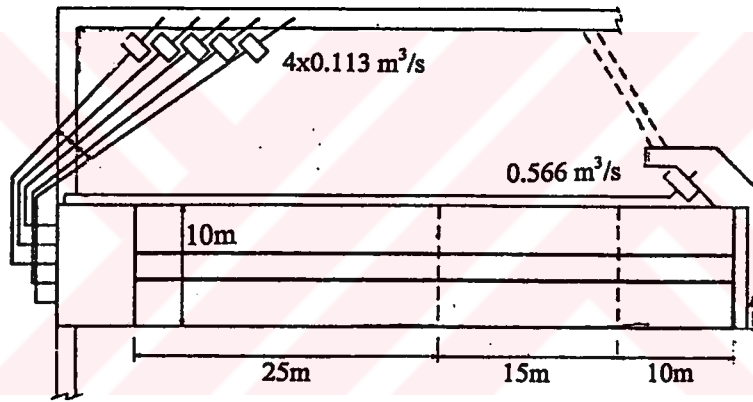
C : Tabanı hareketli yataklar

Çizelge 4.1. SERC - FCF araştırma programı kapsamındaki araştırma faaliyetleri

No	Konu	Üniversite	Proje Yürütücüsü
A : Doğrusal ve doğrusal olmayan kanal			
1	Cidar kayma gerilmesi dağılımı ve türbülans yapısı	Birmingham	Knight
2	Eğimli taşkın yataklarında debi	Bristol	Sellin
3	Şev eğimi ve ölçek etkileri	London	Wormleaton
4	Akım direnci davranışı	Ulster	Myres
B : Menderesli yataklar			
5	Geçkinin etkisi	Aberdeen	Willetts
6	Sekonder akımların mekanizması	Bristol	Sellin
7	Kurblarda akım davranışı	Glasgow	Ervine
8	Enine yayılmalar (dispersiyon)	Heriot-Watt Lancaster	Guymer Allen / Beven
9	Girişim alanındaki türbülans yapısı (doğadaki deneyler)	Birmingham	Knight
10	Türbülans ölçümleri (LDA)	Bradford	Shiono
11	Türbülanslı akımların matematiksel modellenmesi	City London	Younis Wormleaton
12			
13	Girişim kısmındaki akımın Large-Eddy simülasyonu	London	Williams
C : Tabanı hareketli yataklar			
14	- Hazırlık aşamasında	-	-
15			

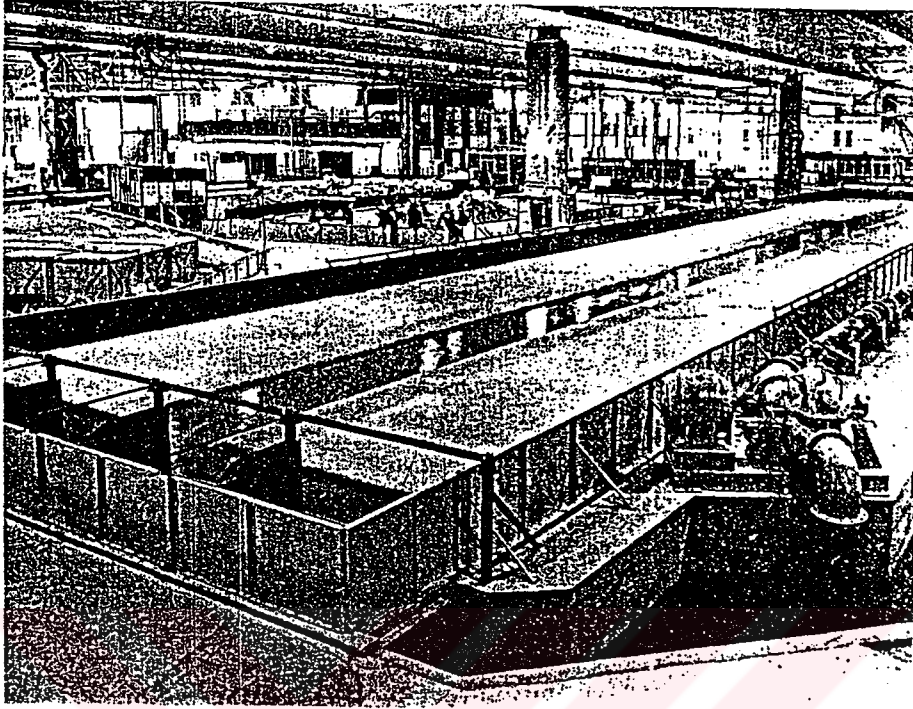
4.2.2. Modelin tanıtılması

Model deney kanalı 10m genişliğinde ve 56m uzunluğundadır. (Şekil 4.2) Maksimum debisi $1.08 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Modelin tabanı çimento - şap karışımı ile pürüzsüz olarak hazırlandı. Kanal taban eğimi sabit olup $\%1.027$ değerinde düzenlendi. Deney kanalında hareketli ayırım duvarları aracılığıyla taşkın yatağı genişliği ayarlanabilmekteydi. Taşkın yatağındaki bitki örtüsü ise ahşap silindirlerle simüle edilmiştir.

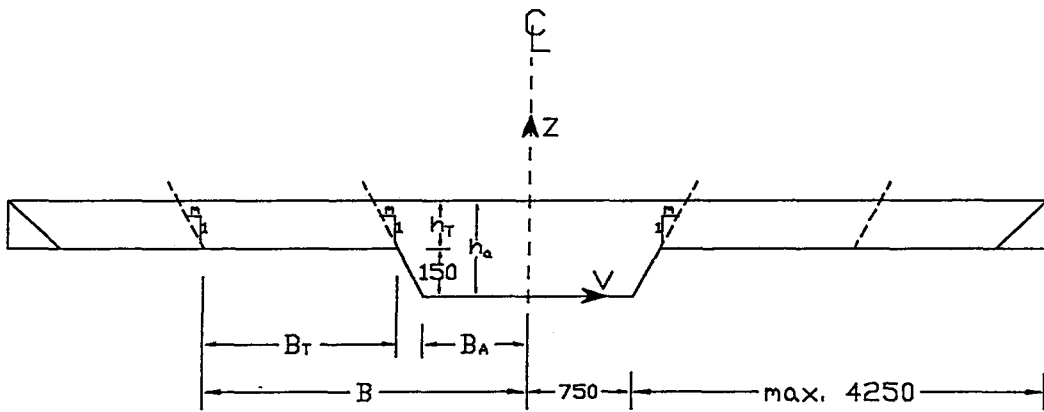


Şekil 4.2. Wallingford'taki SERC FCF'nin düzeneğinin şematik gösterimi
(ACKERS, 1993)

Ana yatağın derinliği sabit olup 0.15m, maksimum akım derinliği ise 0.30m'dir. Ana yatak genişliği 1.5m olup taşkın yatağı ve ana yatağın şev değerleri değiştirilebilmektedir. Yürütülen model deneyleri genellikle geometrik bileşik kesitler için yapılmıştır (Şekil 4.4). Çizelge 4.2'de, yapılan seri deneylerin seri numaralarına göre bazı geometrik özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.3. Wallingford'taki SERC - FCF düzeneğinden görünüş
(Knight and Sellin, 1987)



Şekil 4.4. SERC - FCF düzeneğinde kullanılan bileşik kanal kesit

Çizelge 4.2. SERC - FCF seri deneylerinin özellikleri

Seri N0	B_T	B	w	m_A	m_T	B/b	B/ B_T	B_T/B_A
01	4.10	5.00	0.90	1	0	6.67	5.56	5.47
02	2.25	3.15	0.90	1	1	4.20	3.50	3.0
03	0.75	1.65	0.90	1	1	2.20	1.83	1.0
04	-	-	0.90	1	-	-	-	0
05	0.975	1.875	0.90	1	1	2.50	2.08	1.3
06	2.25	2.025	0.90	1	1	2.70	2.25	3.0
07a	2.25	3.15	0.90	1	1	4.20	3.50	3.0
07b	2.25	3.15	0.90	1	1	4.20	3.50	3.0
08	2.25	3.00	0.75	0	1	4.00	4.00	3.0
09	2.25	3.00	0.75	0	1	4.00	4.00	3.0
10	2.25	3.30	1.05	2	1	4.40	3.14	3.0
11	2.25	3.30	1.05	2	1	4.40	3.14	3.0

Çizelge 4.2’de verilen serilerdeki ana yataklar ve 07a, 07b, 09, 11 no’lu seriler hariç olmak üzere taşkın yatakları pürüzsüzdür. 04 no’lu seri trapez ve 06 no’lu seri asimetrik kesitli olup diğer kanallar simetriktir.

Çizelge 4.3’te de 1’den 11’e kadar seri deneylerinin yapıldığı su derinlikleri ve relatif akım derinlikleri verilmiştir.

05 ve 09 no’lu serilerin ölçüm değerleri mevcut değildir. Her done numarası 6 sayıdan oluşmaktadır. Örneğin 020401.SUM. İlk iki numara seri numarasını ifade etmektedir. (02) Sonraki iki numara (04) ise su derinliğini karakterize etmektedir. Son iki numara ise run numarasını vermektedir. DAT.,

SUM., RES., SV. alfabetik ifadeleri ise sırasıyla done, özet, sonuç, kayma gerilmesi ve hız doneleri içermektedir.

Çizelge 4.3. SERC model deneylerinin araştırılmış akım derinlikleri ve akım oranları

Su Derinliği	01	02	03	04	05	06	07	08
h_A (mm)	157.9	166.7	176.5	187.5	200.0	214.3	250.0	300.0
h_T/h_A	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50
h_A/h_T	20	10	6.67	5.0	4.0	3.3	2.5	2.0

4.2.3. Ölçüm tekniği

Kapasitesi 0.057 ve 0.57 m³/s arasında değişen 6 pompa 0.01 ile 1.08 m³/s arasındaki debiyi $\pm 2\%$ 'lik hassaslıkla sağlamaktadır. Su seviyesi, üstünden suyun savaklandığı kapaklarla regüle edilmektedir. Su seviyesi yüksekliği ise ana yataktaki 1m mesafeli bir ölçüm ağı üzerindeki 6 adet basınçlı borudan ± 1 mm hassasiyetle okunabilmektedir.

Patel'e göre kalibre edilmiş 2.7mm ve 4.0mm çaplarındaki donanımla pürüzsüz cidardaki kayma gerilmeleri ölçülebilmektedir. Bu ölçüm işlemi kabarma yüksekliğinin cidardaki teorik hız dağılımı eşitliğinden (2.11) ve kalibrasyon denklemleri yardımıyla kayma gerilmesine dönüştürülmektedir.

Yayma ve algılama optiği 15 mm çap ve 100 mm uzunluğundaki silindir şeklinde olan bir donanım ile sağlanan (ki bu donanım 20m uzunluğundaki cam elyafı kablo ile LDA ile bağlantılıdır) Laser Doppler Aneometer ile 2 hız bileşeni aynı zamanda ölçülmekte ve bu hız bileşenlerinden faydalanarak Reynolds kayma gerilmeleri hesaplanabilmektedir.

Hareketli bir vagon üzerine 10mm'lik düşey ve 100 mm'lik yatay mesafelerde yerleştirilmiş mini mulinelerle 60 saniye süren ölçüm sürecinde konumsal hızlar ölçülebilmektedir.

İngiltere'de çeşitli üniversiteler tarafından gerçekleştirilen tüm ölçümler (SERC - FCF) adı altında 14 cilt ve disket halinde yayınlanmıştır.

4.3. Farklı Hesap Yöntemlerinin Kullanılmasıyla Elde Edilen Debi Değerleri

2.Bölümde bileşik kesitlerin debi hesaplarının ayrı kanal, alan ve girişim alanları yöntemleri ile hesaplandığı anlatılmıştı. Dolayısıyla bu kapsamda ayrı kanal, alan ve girişim alanları yöntemlerinin irdelenmesi için bu yöntemleri esas alan araştırmacıların veya araştırmacı kuruluşların geliştirdikleri yaklaşımlarla debi hesabı yapılacak, SERC sonuçlarıyla karşılaştırılacak ve içlerinden en uygun olan yöntem belirlenecektir.

Bu çalışmalar üç SERC serisi için irdelenmiştir. 1, 2 ve 3 no'lu seriler Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi taşkın yatağı genişliklerinin sırasıyla 4.10m, 2.25m, 0.75m, relatif genişliklerin (B_T/B_A) ise 5.47, 3.0 ve 1.0 olduğu serilerdir. Diğer taraftan bu üç seride şev eğimleri ve ana yatak değerleri de değişmemektedir.

4.3.1. Ayırık kanal yönteminin bileşik kanal kesitlerine uygulanması

Bu yöntemde, Bölüm 2.2.4.1.'de anlatıldığı gibi, ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki fiktif ayırım hattındaki kayma gerilmeleri ihmal edilmektedir. Bu yöntemle hesap yapılırken bileşik kanal kısmi alanlara ayrılmış ve herbir kısmi alana Darcy-Weissbach bağıntısı uygulanarak o kısımdaki hızlar ve debiler hesaplanmıştır. Bu yöntemin uygulanmasıyla 1, 2 ve 3 no'lu seriler için elde edilen ana yatak ve taşkın yatağı debi değerleri Ek -1'de sırayısla Çizelge 1, 2, ve 3'te, bu serilere ait bileşik kanal debi değerleri de toplu olarak Çizelge 4'te verilmiştir.

4.3.2. Alan yönteminin bileşik kesitlere uygulanması

Alan yönteminde, momentum transferi neticesinde oluşan ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki kayma gerilmelerinin sıfır kabul edildiği girişim alanları düşünülmektedir. Ana yatak ve taşkın yatağına eklenip çıkartılacak ΔA (2.65 no'lu eşitlik) değerinin elde edilmesi için girişim alanındaki kayma gerilmesi Prinos-Townsend (1984) tarafından önerilen

$$\tau_{gir} = 0.874 \left(\frac{h_T}{h_A} \right)^{-1.129} \left(\frac{B_T}{B_A} \right)^{-0.514} \Delta v^{0.92} \quad (4.1)$$

eşitliği ile bulunmuştur. Burada ;

τ_{gir} : Girişim alanındaki kayma gerilmesi,

h_T : Taşkın yatağındaki su derinliği,

h_A : Ana yataktaki su derinliği,

B_T : Taşkın yatağı genişliği,

B_A : Ana yatak genişliği,

ΔV : $\bar{v}_{A,O} - \bar{v}_{T,O}$ (Ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki ayırık kanal yönteminde bulunan hızların farkıdır.)

(4.1) no'lu eşitliğin $\gamma_{hT} I_0$ olarak ifade edilen taşkın yatağı çevresindeki sınırdaki kayma gerilmesine bölünmesiyle relatif kayma gerilmesi τ_r (2.66 no'lu eşitlik) elde edilmektedir. Verilen (2.63) no'lu bağıntı yardımı ile ΔA değeri hesaplanmıştır. Daha sonra (2.61) ve (2.62) no'lu formüllerin yardımıyla sırasıyla ana yatak ve taşkın yatağı modifiye edilmiş alanları bulunmuş ve Darcy-Weissbach eşitliğinin kullanılmasıyla elde edilen hızlarla çarpılarak debilere geçilmiştir. 1, 2 ve 3 no'lu seriler için bu yöntemin kullanılmasıyla elde edilen ana yatak ve taşkın yatağı debi değerleri Ek-1'de sırasıyla Çizelge 5, 6 ve 7'de, bu serilere ait bileşik kanal debi değerleri de toplu olarak Çizelge 8'de verilmiştir.

4.3.3. Girişim alanları yönteminin bileşik kanal kesitlerine uygulanması

Alman Araştırma Cemiyeti (DFG, 1987) ve Prinos-Townsend (1984) tarafından esas alınan bu yöntem Bölüm 2.2.4.3.'te ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Bu yöntemde ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki fiktif girişim alanındaki kayma gerilmeleri önem kazanmaktadır. Kısmi alanlara Darcy-Weissbach eşitliği uygulanmaktadır.

4.3.3.1. DVWK (1991) yaklaşımı ile girişim alanları yönteminin bileşik kesitlere uygulanması

Alman Araştırma Cemiyeti (DFG) tarafından Aachen, Braunschweig, Darmstadt ve Hannover gibi üniversitelerde 1985’li yıllarda bileşik kanallarda debi tayini için çalışmalar başlatılmıştır. h_A ile ana yataktaki su derinliği, h_T ile taşkın yatağındaki su derinliği, f_{gir} ile ayırım alanındaki fiktif direnç katsayısı, $f_{tab,A}$ ile ana yataktaki direnç katsayısı gösterilerek, bu çalışmalar neticesinde DVWK

$$\frac{h_A}{h_T} < 3 \quad \text{için} \quad f_{gir} = f_{tab,A} \quad (4.2)$$

$$\frac{h_A}{h_T} \geq 3 \quad \text{için} \quad f_{gir} = 3f_{tab,A} \quad (4.3)$$

alınmasını önermektedir.

Bu çalışmada, üzerinde bitki örtüsü bulundurmayan taşkın yatağından ibaret bileşik kesit DVWK’nın önerisi doğrultusunda kısmi alanlara ayrıldı ve kısmi alanlardaki debi toplanarak bileşik kanal debisi elde edildi.

Ana yataktaki debi belirlenirken DVWK’nın yaklaşımına bağlı kalınarak girişim alanındaki fiktif direnç dikkate alınırken taşkın yatağında dikkate alınmamıştır. Bu hesaplarda Prandtl - Colebrook yaklaşımında kesit şeklinin etkisi ana yatak ve taşkın yatağındaki hız farkının çok büyük olması nedeni ile dikkate alınmamıştır. Ana yatağın debisinde kullanılan, sırası ile (2.3), (2.36) ve (2.4) no’lu denklemler ile analogi içinde bulunan aşağıdaki denklemler kullanılmıştır.

$$v_A = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{f_{top,A}}} \cdot \sqrt{R_A I_E} \quad (4.4)$$

$$R_A = \frac{A_A}{U_A} = \frac{A_A}{U_{tab,A} + 2h_T} \quad (4.5)$$

$$R_{tab,A} = \frac{f_{tab,A} \cdot R_A}{f_{top,A}} \quad (4.6)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{tab,A}}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re_A \cdot \sqrt{f_{tab,A}}} + \frac{k_s}{14.84 R_{tab,A}} \right) \quad (4.7)$$

İterasyonu gerektiren bu hesap yönteminde, (2.45) no'lu eşitlik yerine $A_A \cdot I_E = v_A^2 \cdot f_{tab,A} \cdot U_{tab,A} / 8g$, $\tau_{gir} = f_{gir} \cdot v_A^2 \cdot \rho / 8$ ve $\bar{\tau}_{tab,A} = f_{tab,A} \cdot v_A^2 \cdot \rho / 8$ alınarak bazı düzenlemelerden sonra bulunan

$$f_{top,A} \cdot U_A = 2f_{gir} h_T + f_{tab,A} \cdot U_{tab,A} \quad (4.8)$$

eşitliği ile çalışılmıştır.

Taşkın yatağının debi hesabında ise girişim alanı dikkate alınmadan aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$v_T = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{f_T}} \cdot \sqrt{R_T I_E} \quad (4.9)$$

$$R_T = \frac{A_T}{U_T} \quad (4.10)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_T}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re_T \cdot \sqrt{f_T}} + \frac{k_s}{14.84 R_T} \right) \quad (4.11)$$

(4.11) no'lu eşitlikte “ U_T ” hesabında h_T dahil edilmemiştir.

DVWK'nın önerdiği yaklaşımın 1,2 ve 3 no'lu SERC - FCF serilerine uygulanmasıyla elde edilen ana yatak ve taşkın yatağı debi değerleri ile girişim alanı direnç katsayıları Ek - 1'de sırasıyla Çizelge 9, 10 ve 11'de, bu seriler için elde edilen bileşik kanal debileri de toplu olarak Çizelge 12'de verilmektedir.

4.3.3.2. Prinos - Townsend (1984) yaklaşımı ile girişim alanları yönteminin bileşik kanal kesitlerine uygulanması

Araştırmacılar, bileşik kanallarda debi hesabı için girişim alanları yöntemini esas alarak yeni bir yöntem geliştirdiler. Bu yöntemde, ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki girişim alanındaki fiktif kayma gerilmesini dikkate almışlar ve (4.1) no'lu eşitliği geliştirerek girişim alanındaki kayma gerilmesini elde etmişlerdir. Daha sonra ana yataktaki ortalama kayma gerilmesi (2.45) no'lu eşitlikle analog içinde yazılmış olan

$$\tau_{tab,A} = \gamma R_A I_0 - \frac{2h_T \tau_{gir}}{U_A} \quad (4.12)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Böylece ana yataktaki ortalama hız

$$v_A^2 = 8. \frac{\bar{\tau}_{tab,A}}{\rho. f_{top,A}} \quad (4.13)$$

bağıntısı ile elde edilmiştir. Benzer şekilde taşkın yatağındaki ortalama taban kayma gerilmesi

$$\tau_T = \gamma R_T I_0 + \frac{\tau_{gir} h_T}{U_T} \quad (4.14)$$

eşitliği ile hesaplanmış ve taşkın yatağındaki hız da

$$v_T^2 = 8. \frac{\tau_T}{\rho. f_T} \quad (4.15)$$

ile bulunmuştur. Böylece bileşik kanaldaki debi

$$Q = v_A . A_A + 2 v_T A_T \quad (4.16)$$

bağıntısı ile elde edilmiştir.

Bu yöntemin 1, 2 ve 3 no'lu SERC - FCF serilerine uygulanmasıyla elde edilen ana yatak ve taşkın yatağı debi değerleri Ek - 1'de sırasıyla Çizelge 13, 14 ve 15'te, bu seriler için elde edilen bileşik kanal debileri de Çizelge 16'da verilmiştir.

5. FARKLI YÖNTEMLERDEN ELDE EDİLEN BULGULAR VE YÖNTEMLERİN MUKAYESELİ ANALİZİ

5.1. Farklı Yöntemlerle Elde edilmiş Debi Değerleri İle SERC-FCF Deneylerinde Ölçülen Debilerin Mukayesesi

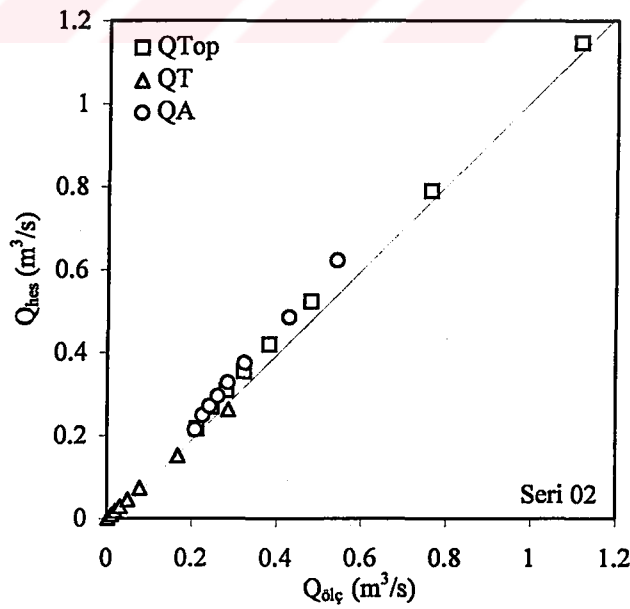
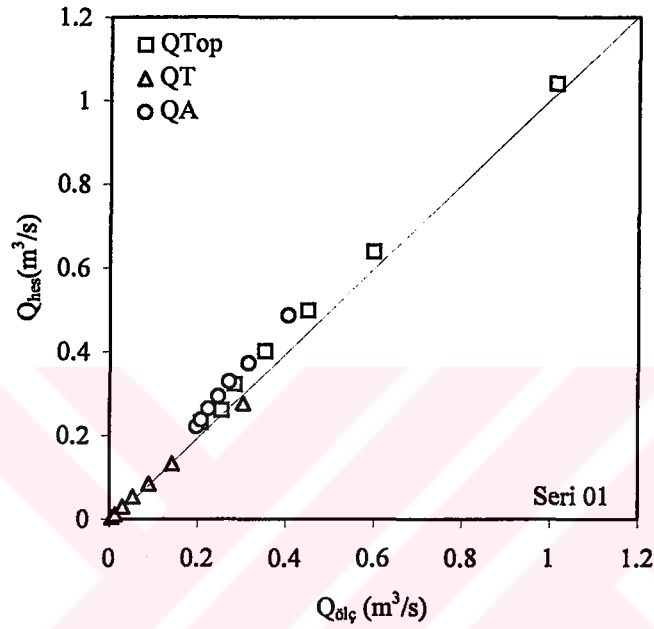
Çalışma kapsamında bulunan ayırık kanal, alan ve girişim alanları yöntemleri Bölüm 4'te ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Yöntemler 1, 2 ve 3 no'lu SERC-FCF serilerine uygulanmış ve elde edilen debi değerleri tablolar halinde Ek-1'de verilmiştir. Bu bölümde, elde edilen debi değerlerinin SERC-FCF ölçüm sonuçlarıyla kıyası yapılacak ve bileşik kanallarda debi hesabı için en uygun yöntemin belirlenmesine çalışılacaktır.

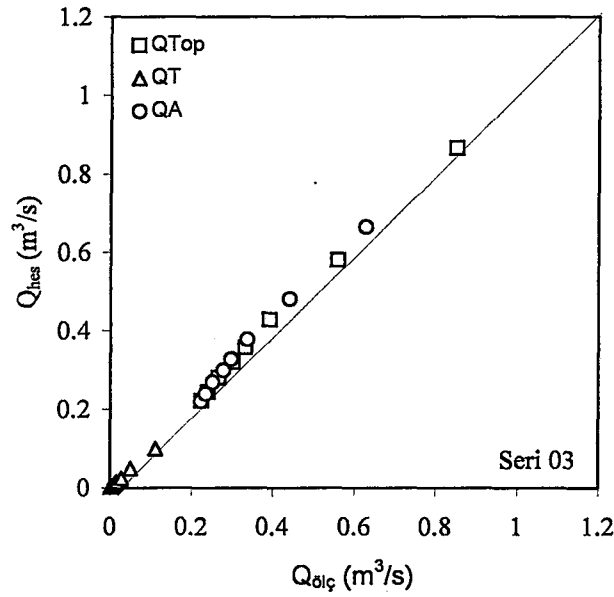
5.1.1. Ayırık kanal yöntemi ile hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayesesi

Ayrık kanal yönteminin uygulandığı SERC-FCF 1, 2 ve 3 no'lu seriler için elde edilen debi değerleri ile aynı seriler için deney neticesinde elde edilen debi değerleri Şekil 5.1'de grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafiklerde, x-ekseni deneylerle elde edilmiş debi değerleri, y-ekseni de hesapla bulunan değerler olarak alınmıştır. Her seriye ait taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin deneysel ve hesaplanmış değerleri grafiklerde görülebilmektedir.

Taşkın yatağı için her üç seri için de hesaplanan debilerle ölçüm debilerinin uyum içinde olduğu gözlenirken, ana yatak için bu uyumun

sağlanamadığı, seriler içerisinde nispeten uyumlu olanın relatif taşkın yatağı genişliğinin küçük olduğu 03 serisi olduğu gözlenmiştir. Bu durum da taşkın yatağı genişliği arttıkça girişim alanında ihmal edilen direnç kuvvetinin arttığını göstermektedir.



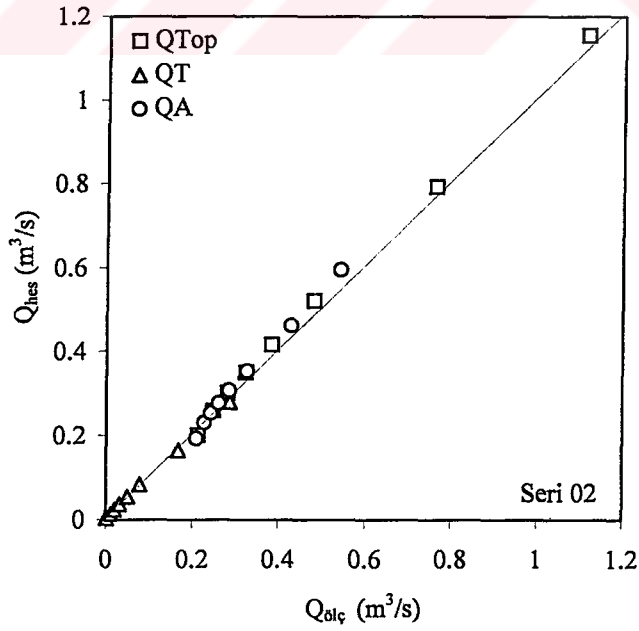
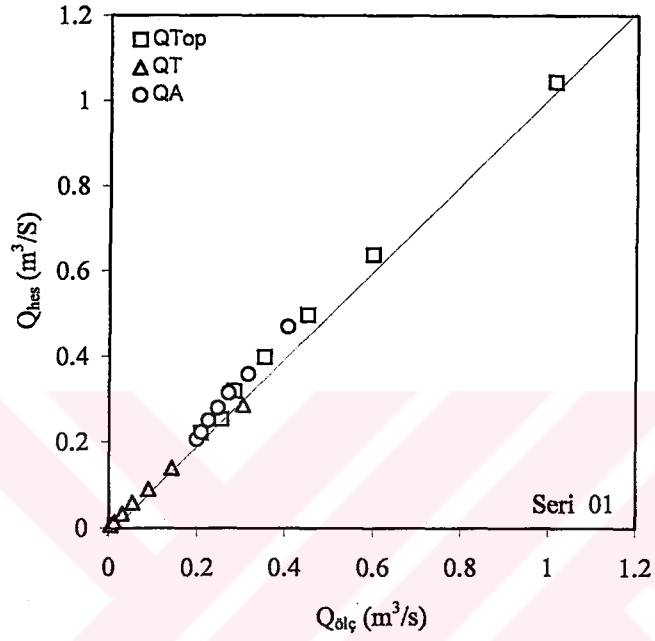


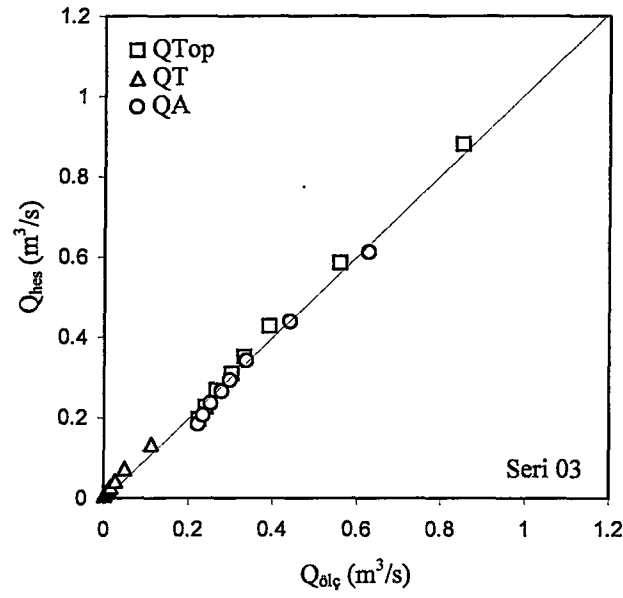
Şekil 5.1. Ayırık kanal yöntemiyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması

5.1.2. Alan yöntemi ile hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayesesi

Şekil 5.2’de x-ekseninde ölçüm değerleri, y-ekseninde alan yöntemiyle hesaplanan debi değerleri görülmektedir. 1, 2 ve 3 no’lu seriler için elde edilen grafiklerden, taşkın yatağının hesaplanan değerleriyle ölçümden elde edilen değerleri arasında ayırık kanal yönteminde olduğu gibi bir uyum görülmektedir. Ana yatak debilerinde ise ayırık kanal yönteminden nispeten daha küçük sapmalar görülmektedir. Özellikle seri 03’te ana yatak ölçülen ve hesaplanan debi değerlerindeki uyum, alan yönteminin relatif taşkın yatağı genişliğinin (B_T/B_A) küçük olduğu kanallarda daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Ayrıca 1 ve 2 no’lu serilerde taşkın yatağı su derinliğinin artmasıyla ana yatak ve bileşik

kanal debilerinde sapmaların da büyüdüğü gözlenmektedir. Bu sapmaların 3 no'lu seride bu denli gözlenmemesinin nedeni relatif taşkın yatağı genişliğinin daha küçük olmasından kaynaklanabilir.





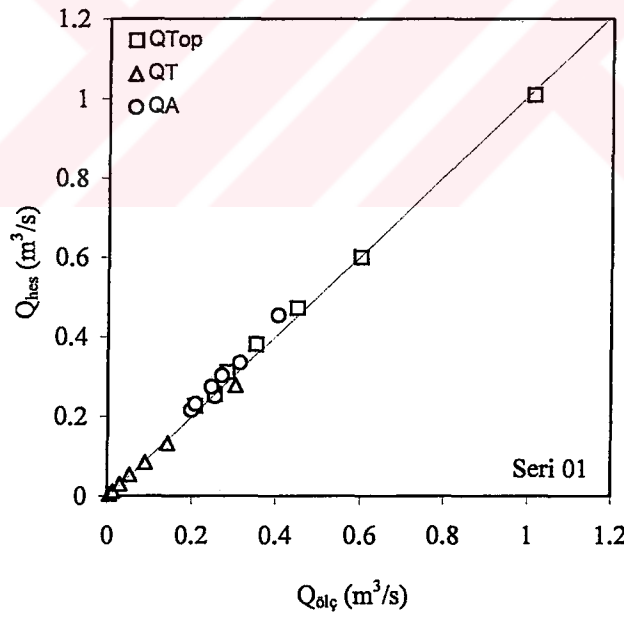
Şekil 5.2. Alan yöntemiyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle karşılaştırılması

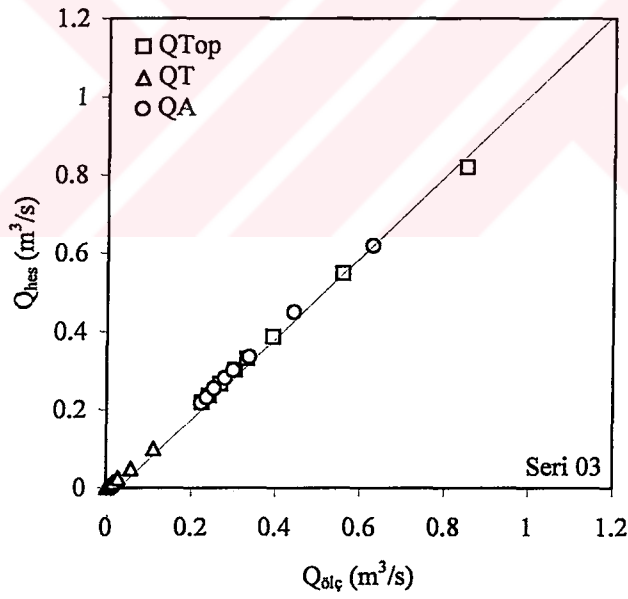
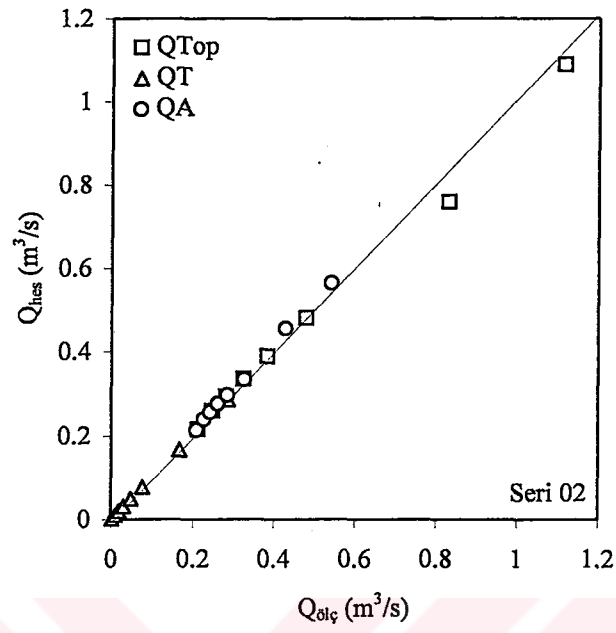
5.1.3. Girişim alanları yöntemiyle hesaplanan debilerin ölçüm değerleriyle mukayesesi

Etkileşimi dikkate alan girişim alanı yönteminde DVWK ve Prinos-Townsend yaklaşımları irdelenmiştir.

5.1.3.1. DVWK yöntemi

Ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki girişim alanındaki kayma gerilmelerini dikkate alıp girişim alanları yöntemini esas kabul ederek öneride bulunan DVWK'nın ayrık kanal ve alan yöntemlerine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği Şekil 5.3'ten görülmektedir. Ele alınan her üç seride de taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal hesaplanan debileriyle ölçülen debi değerleri arasında büyük bir uyum söz konusudur. Ayrık kanal ve alan yöntemlerinde olduğu gibi 3 no'lu seri yine en iyi sonucu vermektedir. Bunun nedeni ise küçük relatif taşkın yatağı genişliğinde hidrolik yarıçapın büyümesiyle taşkın yatağındaki hızın artması ve dolayısıyla ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki momentum transferinin etkisinin azalması olarak açıklanabilir.



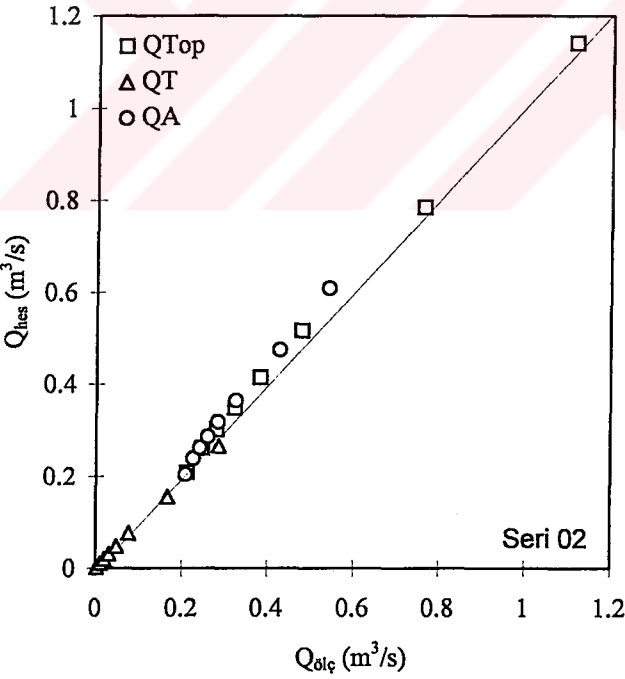
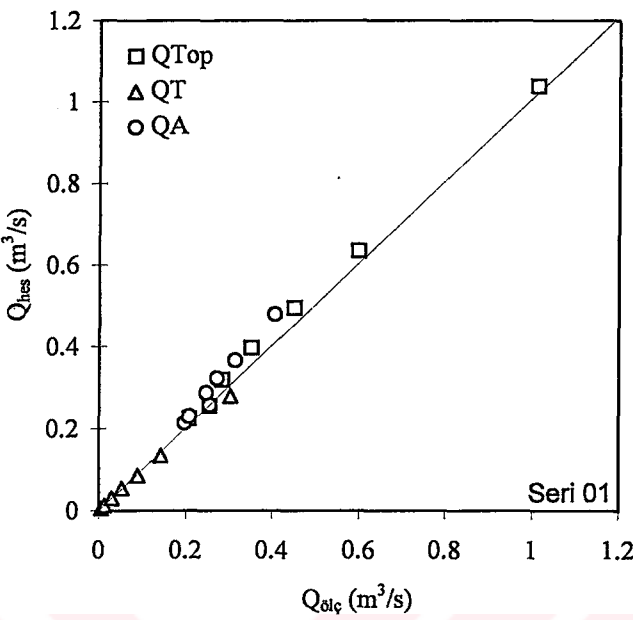


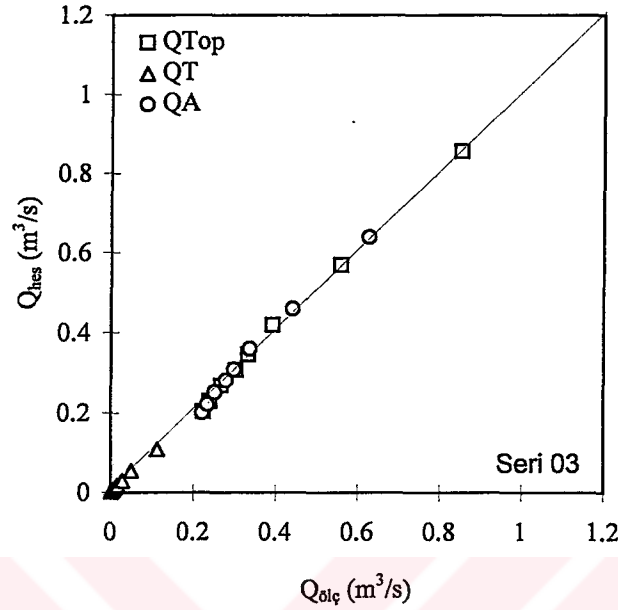
Şekil 5.3. DVWK önerisi ile elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle mukayesesi

5.1.3.2. Prinos-Townsend yöntemi

Prinos-Townsend (1984) yaptıkları çalışmalar sonucunda ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki etkileşimi göz önüne alarak fiktif kayma gerilmesi için bir bağıntı (4.1) geliştirdiler. Bu bağıntıda relatif genişliği, relatif su derinliğini ve hız farkını birer parametre olarak aldılar.

Prinos-Townsend tarafından önerilen hesap yöntemiyle taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debileri hesaplanmış ve bunların ölçüm debi değerleriyle karşılaştırması Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Her üç seride de taşkın yatağı debi değerlerinin birbirleriyle uyum içinde oldukları görülmektedir. Ancak ana yatak debilerinde bu uyum seri 01 için pek geçerli olmamaktadır. Bu seride ana yatak debi değerlerinde ayrık kanal ve alan yöntemine kıyasla daha iyi neticeler elde edilse de DVWK kadar iyi sonuçlar alınamamıştır. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki sapmanın özellikle derinlikle arttığı dikkat çekmektedir. Prinos-Townsend tarafından önerilen (4.1) no'lu bağıntıda relatif taşkın yatağı genişliğinin büyümesiyle çok iyi sonuçlar vermediği yorumunu getirir. 2 ve 3 no'lu serilerde ise görülen uyum DVWK ile elde edilenler kadar iyi değildir.



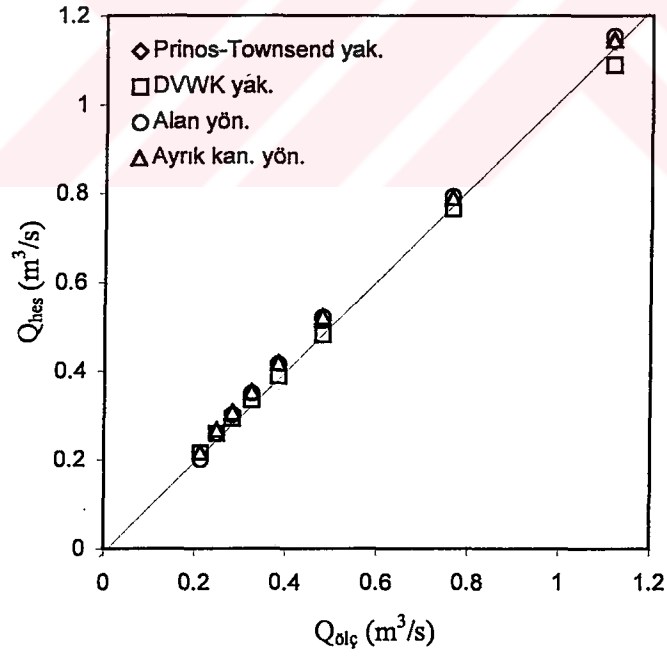
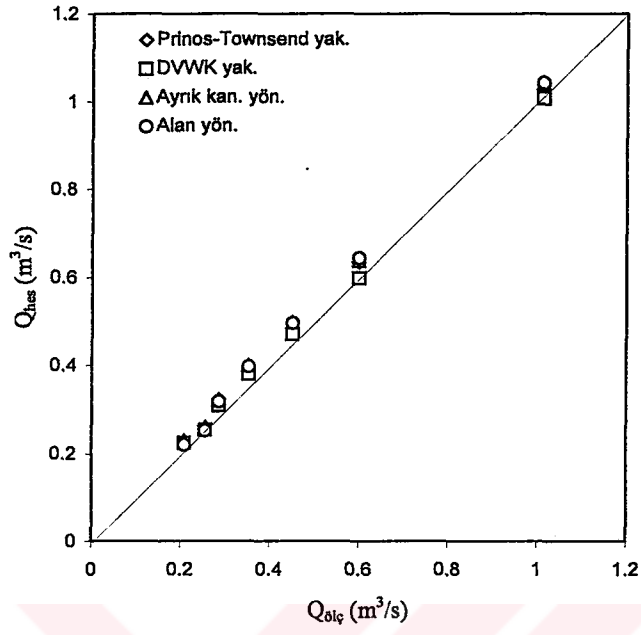


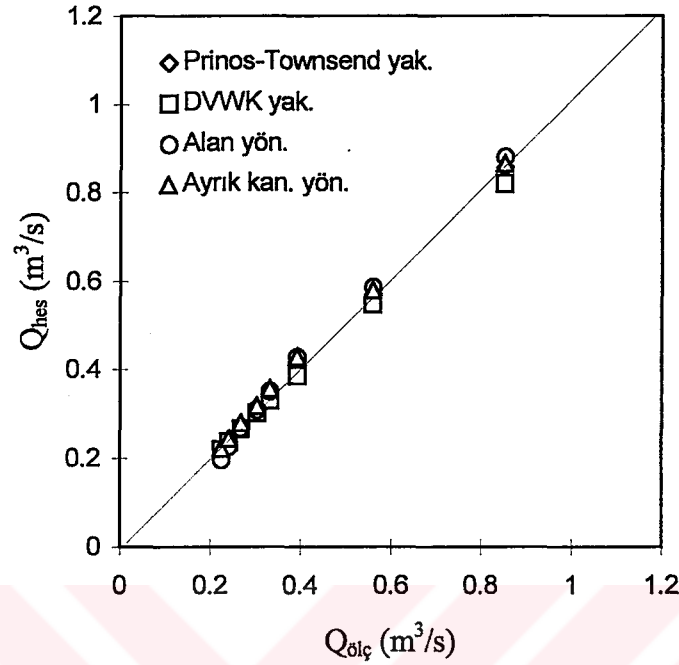
Şekil 5.4. Prinos-Townsend önerisi ile elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin ölçülmüş değerleriyle mukayesesi

5.2. Bileşik Kanal Toplam Debileri İçin Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bölüm 5.1.'de farklı hesap yöntemleriyle elde edilmiş taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debi değerleri ölçümlerden elde edilmiş değerleriyle grafik üzerinde karşılaştırıldı.

Şekil 5.5'te 1, 2 ve 3 no'lu seriler için bileşik kanal debilerinin ayrı kanal, alan ve girişim alanları yöntemini kullanan DVWK ve Prinos-Townsend yaklaşımlarıyla elde edilen değerleriyle ölçülen değerleri görülmektedir.





Şekil 5.5. 1, 2 ve 3 no'lu SERC-FCF serileri için ayırık kanal, alan, DVWK ve Prinos-Townsend yöntemleri ile elde edilmiş bileşik kanal debilerinin karşılaştırılması

Grafiklerin incelenmesinden de görüleceği gibi girişim alanları yöntemine dayanan DVWK ve Prinos-Townsend'in önerdiği yaklaşımlar ayırık kanal ve alan yöntemlerine kıyasla çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu da, ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki momentum transferinin ihmal edilemeyecek büyüklükte olduğunu ve girişim alanındaki kayma gerilmesinin en doğru şekilde tesbiti halinde bileşik kanallarda debi hesabı için uygun bir formülasyonun mümkün olacağını göstermektedir. Özellikle DVWK'nın önerdiği yöntem artan taşkın yatağı su derinliklerinde bile diğer yöntemlerin aksine iyi sonuçlar vermektedir.

5.3. Debi Hata Yüzdesi

Bölüm 5.1. ve 5.2.'de farklı yöntemlerin uygulanmasıyla elde edilmiş bileşik kanal debileriyle ölçümler sonucunda bulunmuş debi değerleri grafikler halinde karşılaştırıldı. Ancak kullanılan yöntemlerin ne kadar sağlıklı sonuçlar verdiklerini belirlemek ve daha açık yorum getirebilmek için bu yöntemlerin debi hata yüzdeleri bulundu. Hata yüzdesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunmaktadır.

$$Hata.yüzdesi = \frac{Q_{hes} - Q_{ölç}}{Q_{ölç}} \quad (5.1)$$

Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'te 01, 02, 03 serileri için ayrıık kanal yöntemiyle hesaplanan taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debileri ile ölçümler sonucunda elde edilen debi değerleri ve hata yüzdeleri görölmektedir. Örneğin seri 01 için taşkın yatağında ortalama mutlak değer %5.5'lik bir hata oluşurken bu hata ana yatak debisi için %17.3'lere çıkmaktadır. Ana yataktaki hata yüzdesinin bu denli büyük çıkması ayrıık kanal yönteminde ana yataktan taşkın yatağına olan momentum transferinin ihmal edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bileşik kanal debisi hata yüzdelerinde ise ana yatağı nazaran bir azalma olsa da %8.6 değerinde önemli bir hata meydana gelmektedir. 1, 2 ve 3 no'lu seriler kıyaslandığı zaman ise relatif taşkın yatağı genişliğinin daha küçük olduğu 3 no'lu seride ana yatak ve bileşik kanal debi hata yüzdelerinin küçölürken, taşkın yatağı debi hata yüzdesinin arttığı gözlenmektedir. Özellikle küçük relatif genişlikli taşkın yataklarında debilerin ölçülen değerlerden daha küçük hesaplanması taşkın yatağında hesaplanan hızın gerçek hızdan daha küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu ise bu hesap yönteminin özellikle etkileşimin daha büyük olduğu küçük relatif genişlikteki taşkın yataklarında hızdaki artışı dikkate almamasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.1. Ayrık kanal yaklaşımına göre Serie 01'in hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.0052	0.0048	-7.7	0.198	0.221	11.6	0.2082	0.2306	10.8
02	0.01271	0.01172	-7.8	0.208	0.237	13.9	0.2337	0.2604	11.4
03	0.02996	0.02975	-0.7	0.225	0.264	17.3	0.2852	0.3235	13.4
04	0.05287	0.05381	1.8	0.247	0.294	19.0	0.3535	0.4016	13.6
05	0.08924	0.08482	-4.9	0.272	0.329	20.9	0.4511	0.4986	10.5
06	0.14227	0.13280	-6.7	0.315	0.373	18.4	0.6001	0.6386	6.4
07	0.30385	0.27720	-8.8	0.405	0.487	20.3	1.0145	1.0414	2.7
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		1.8			17.3			9.8
	Negatif		-6.1			-			-
	Mutlak		5.5			17.3			9.8

Çizelge 5.2. Ayrık kanal yaklaşımına göre Serie 02'nin hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00210	0.00130	-38.1	0.2080	0.2134	2.6	0.2123	0.2166	2.0
02	0.01096	0.00980	-10.6	0.2264	0.2397	5.9	0.2483	0.2686	8.2
03	0.01996	0.01859	-6.9	0.2422	0.2563	5.8	0.2821	0.3082	9.3
04	0.03125	0.02957	-5.4	0.2612	0.2763	5.8	0.3237	0.3541	9.4
05	0.04907	0.04578	-6.7	0.2851	0.2973	4.3	0.3832	0.4186	9.2
06	0.07738	0.07373	-4.7	0.3252	0.3340	2.7	0.4800	0.5225	8.8
07	0.16740	0.15210	-9.1	0.4282	0.4558	6.5	0.7630	0.7895	3.5
08	0.28640	0.26210	-8.5	0.5414	0.5654	4.4	1.1142	1.1462	2.9
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		-			4.8			6.7
	Negatif		-11.3			-			-
	Mutlak		11.3			4.8			6.7

Çizelge 5.3. Ayrık kanal yaklaşımına göre Serie 03'ün hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00105	0.0007	-33.3	0.2227	0.220	-1.2	0.2251	0.2214	-1.6
02	0.00320	0.0024	-25.0	0.2349	0.239	1.8	0.2412	0.2438	1.1
03	0.00750	0.0060	-20.0	0.2527	0.268	6.0	0.2676	0.2800	4.6
04	0.01203	0.0120	-15.2	0.2790	0.298	6.8	0.3031	0.3184	5.0
05	0.01699	0.0151	-11.1	0.2983	0.327	9.6	0.3323	0.3572	7.5
06	0.02780	0.0255	-8.3	0.3366	0.378	12.3	0.3922	0.4290	9.4
07	0.05830	0.0495	-15.0	0.4415	0.482	9.2	0.5581	0.5811	4.1
08	0.11210	0.1006	-10.26	0.6271	0.666	6.2	0.8349	0.8672	3.9
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		-			7.4			5.1
	Negatif		-17.3			-1.2			-1.6
	Mutlak		17.3			6.6			4.7

Alan yönteminin kullanılmasıyla elde edilen debi değerleri, ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri Çizelge 5.4., 5.5. ve 5.6'da sırasıyla 1, 2 ve 3 no'lu seriler için verilmiştir. Bu çizelgelerin incelenmesinden ayırık kanal yönteminde olduğu gibi taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debilerinin aynı tendensi gösterdikleri, fakat hataların relatif genişlik azaldıkça özellikle taşkın yatağında çok büyük değerlere ulaştığı ve hesaplara bulunan değerlerin ölçüm sonuçlarından daha büyük değerler verdiği görülmektedir. Serilerdeki taşkın yatağı hata yüzdelerinde su derinlikleri arttıkça düşüş gözlenmektedir. Bu da, küçük relatif su derinlikleri için Prinos-Townsend tarafından önerilen kayma gerilmesi değerinin daha gerçekçi olduğunu vurgulamaktadır. Ancak ana yatak ve bileşik kanal debi hata yüzdelerinde bir düzen görülmediğinden bunlar için aynı yorum getirilemez.

İlgili çizelgeler karşılaştırıldığında küçük relatif genişlikli taşkın yataklarında relatif su derinliği azaldıkça ana yatakta da taşkın yatağında olduğu gibi hata yüzdesinin azalma tendensi gösterdiği, büyük relatif genişlikli taşkın yataklarında ise hata yüzdesinin relatif su derinliği azaldıkça arttığı gözlenmektedir. Bu da Prinos-Townsend yönteminin relatif taşkın yatağı genişliğinin 1'e eşit ve küçük değerleri için daha sağlıklı sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Çizelge 5.4. Alan yaklaşımına göre Serie 01'in hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.0052	0.007	36.5	0.198	0.207	4.5	0.208	0.221	6.3
02	0.01271	0.015	18.0	0.208	0.223	7.2	0.234	0.253	8.1
03	0.02996	0.034	13.5	0.225	0.251	11.6	0.285	0.319	11.9
04	0.05287	0.059	11.6	0.247	0.280	13.4	0.354	0.398	12.4
05	0.08924	0.091	2.0	0.272	0.315	15.8	0.451	0.497	10.2
06	0.14227	0.140	-1.6	0.315	0.359	13.9	0.600	0.639	6.5
07	0.30385	0.287	-5.6	0.405	0.470	16.0	1.015	1.044	2.9
			Hata %			Hata %			Hata %
Pozitif			16.3			11.8			8.3
Negatif			-3.6			-			-
Mutlak			12.7			11.8			8.3

Çizelge 5.5. Alan yöntemine göre Serie 02'nin hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00210	0.0037	76.2	0.2080	0.193	-7.2	0.2122	0.2004	-5.6
02	0.01096	0.0145	32.3	0.2264	0.230	1.6	0.2483	0.2590	4.3
03	0.01996	0.0245	22.8	0.2422	0.253	4.5	0.2821	0.3020	7.0
04	0.03125	0.0366	17.1	0.2612	0.277	6.0	0.3237	0.3502	8.2
05	0.04907	0.542	10.4	0.2851	0.308	8.0	0.3832	0.4164	8.7
06	0.07738	0.0838	8.3	0.3252	0.354	8.9	0.4800	0.5216	8.7
07	0.16740	0.1654	-1.2	0.4282	0.462	7.9	0.7630	0.7928	3.9
08	0.28640	0.2793	-2.5	0.5414	0.596	10.1	1.1142	1.1546	3.6
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		27.9			6.7			6.3
	Negatif		-1.9			-7.2			-5.6
	Mutlak		21.4			6.8			6.3

Çizelge 5.6. Alan yaklaşımına göre Serie 03'ün hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00105	0.006	471.4	0.2227	0.184	-17.4	0.225	0.196	-12.9
02	0.00320	0.010	212.5	0.2349	0.206	-12.3	0.24	0.226	-6.2
03	0.00750	0.016	113.3	0.2527	0.236	-6.6	0.268	0.268	0.0
04	0.01203	0.022	82.9	0.2790	0.265	-5.0	0.303	0.309	1.9
05	0.01699	0.029	70.7	0.2983	0.293	-1.8	0.332	0.351	5.6
06	0.02780	0.043	54.7	0.3366	0.342	1.6	0.392	0.428	9.1
07	0.05830	0.073	25.2	0.4415	0.440	-0.3	0.558	0.586	5.0
08	0.11210	0.134	19.5	0.6271	0.613	-2.2	0.835	0.881	3.5
			Hata %				Hata %		
Pozitif			131.3				4.2		
Negatif			-				-6.4		
Mutlak			131.3				5.5		

DVWK yaklaşımının ortaya koyduğu debi değerleri ve oluşan hata yüzdeleri Çizelge 5.7, 5.8 ve 5.9’da görülmektedir. Taşkın yatağındaki hata yüzdeleri, küçülen relatif su derinliklerde önce azalma sonra artma şeklinde bir düzensizlik gösterdiği görülmektedir. Fakat taşkın yatağı relatif genişliklerinin küçülmesiyle hata yüzdeleri artmaktadır. Ana yatak incelendiğinde hata yüzdeleri relatif su derinliği ile düzensizlik göstermekte fakat taşkın yatağı relatif genişliğinin azalmasıyla küçülmektedir. Her üç seri incelendiğinde ise bileşik kanal debisindeki hata yüzdelerinin ayırık kanal ve alan yöntemindekilere kıyasla çok daha küçük oldukları görülmektedir.

Son olarak, Çizelge 5.10, 5.11 ve 5.12’de Prinos-Townsend’in yaklaşımıyla elde edilen debiler ve hata yüzdeleri görülmektedir. Görüleceği üzere bileşik kanalda DVWK’ya nazaran daha büyük hatalar mevcutken ayırık kanal ve alan yöntemlerinden elde edilenlerden iyi neticeler ortaya çıkmıştır. Relatif taşkın yatağı genişliği azalırken ana yatak ve bileşik kanal debi hatalarının azaldığı ve taşkın yatağındaki debi hata yüzdesinin de arttığı görülmektedir.

Çizelge 5.7. DVWK yaklaşımına göre Serie 01'in hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.0052	0.0048	-7.7	0.198	0.216	9.1	0.2082	0.2256	8.4
02	0.01271	0.01178	-7.3	0.208	0.231	11.1	0.2337	0.2546	8.9
03	0.02996	0.02975	-0.7	0.225	0.250	11.1	0.2852	0.3095	8.5
04	0.05287	0.05381	1.8	0.247	0.273	10.5	0.3535	0.3806	7.7
05	0.08924	0.08482	-5.0	0.272	0.302	11.0	0.4511	0.4716	4.5
06	0.14227	0.1328	-6.7	0.315	0.334	6.0	0.6001	0.5996	-0.1
07	0.30385	0.2772	-8.8	0.405	0.454	12.0	1.0145	1.0084	-0.6
			Hata %				Hata %		
Pozitif			1.8				10.1		
Negatif			-6.0				-		
Mutlak			5.4				10.1		
							5.5		

Çizelge 5.8. DVWK yaklaşımına göre Serie 02'nin hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00210	0.0013	-38.1	0.2080	0.2134	2.6	0.2123	0.2160	1.7
02	0.01096	0.0098	-10.6	0.2264	0.2397	5.9	0.2483	0.2593	4.4
03	0.01996	0.01859	-7.4	0.2422	0.2563	5.8	0.2821	0.2935	4.0
04	0.03125	0.02957	-5.7	0.2612	0.2763	5.8	0.3237	0.3354	3.6
05	0.04907	0.04578	-6.7	0.2851	0.2973	4.3	0.3832	0.3889	1.5
06	0.07738	0.07373	-4.9	0.3252	0.3340	2.7	0.4800	0.4815	0.3
07	0.16740	0.15210	-10.0	0.4282	0.4558	6.4	0.7630	0.7600	-0.4
08	0.28640	0.26210	-8.5	0.5414	0.5654	4.4	1.1142	1.0896	-2.2
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		-			4.7			2.6
	Negatif		-11.5			-			-1.3
.	Mutlak		11.5			4.7			2.3

Çizelge 5.9. DVWK yaklaşımına göre Serie 03'ün hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata % (2-1) / 1	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata % (2-1) / 1	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata % (2-1) / 1
01	0.00105	0.0007	-33.3	0.2227	0.2175	-2.3	0.2251	0.2189	-2.8
02	0.00320	0.0024	-25.0	0.2349	0.2318	-1.3	0.2412	0.2366	-1.9
03	0.00750	0.0060	-20.0	0.2527	0.2546	0.7	0.2676	0.2666	-0.4
04	0.01203	0.0102	-15.2	0.2790	0.2812	0.8	0.3031	0.3016	-0.5
05	0.01699	0.0151	-11.2	0.2983	0.3006	0.8	0.3323	0.3308	-0.5
06	0.02780	0.0255	-8.3	0.3366	0.3358	0.2	0.3922	0.3868	-1.4
07	0.05830	0.0495	-15.1	0.4415	0.4494	1.8	0.5581	0.5484	-1.7
08	0.11210	0.1006	-10.3	0.6271	0.6190	-1.3	0.8349	0.8202	-1.8
			Hata %			Hata %			Hata %
	Pozitif		-			0.9			-
	Negatif		-17.3			-1.6			-1.4
	Mutlak		17.3			1.2			1.4

Çizelge 5.10. Prinos -Townsend yaklaşımına göre Serie 01'in hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.0052	0.0053	1.9	0.198	0.214	8.1	0.2082	0.2246	7.9
02	0.01271	0.0125	-1.6	0.208	0.230	10.6	0.2337	0.2550	9.1
03	0.02996	0.0307	2.5	0.225	0.257	14.2	0.2852	0.3184	11.6
04	0.05287	0.0550	4.0	0.247	0.287	16.2	0.3535	0.3970	12.3
05	0.08924	0.0864	-3.2	0.272	0.322	18.4	0.4511	0.4948	9.7
06	0.14227	0.1347	-5.3	0.315	0.366	16.2	0.6001	0.6354	5.9
07	0.30385	0.2796	-8.0	0.405	0.479	18.3	1.0145	1.0382	2.3
			Hata %				Hata %		
Pozitif			2.8				12.8		
Negatif			-4.5				-		
Mutlak			3.8				12.8		

Çizelge 5.11.1. Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 02'nin hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00210	0.0019	-9.5	0.2080	0.204	-1.9	0.2123	0.2078	-2.1
02	0.01096	0.0109	-0.6	0.2264	0.239	5.6	0.2483	0.2608	5.0
03	0.01996	0.0200	0.2	0.2422	0.262	8.2	0.2821	0.3020	7.1
04	0.03125	0.0312	-0.2	0.2612	0.286	9.5	0.3237	0.3484	7.6
05	0.04907	0.0479	-2.4	0.2851	0.318	11.5	0.3832	0.4138	7.8
06	0.07738	0.0762	-1.5	0.3252	0.364	11.9	0.4800	0.5164	7.6
07	0.16740	0.1553	-7.2	0.4282	0.474	10.7	0.7630	0.7846	2.8
08	0.28640	0.2662	-7.1	0.5414	0.609	12.5	1.1142	1.1414	2.4
			Hata %				Hata %		
Pozitif			0.2				10.0		
Negatif			-4.1				-1.9		
Mutlak			3.6				10.0		
							5.8		
							-2.1		
							5.3		

Çizelge 5.12. Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 03'ün hesaplanan debi değerleri ile ölçüm değerleri ve hata yüzdeleri

Derinlik No	Taşkın yatağı debisi Q_T			Ana yatak debisi Q_A			Bileşik kanal debisi Q_{Top}		
	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %	$Q_{ölç}$ [m ³ /s]	Q_{hes} [m ³ /s]	Hata %
01	0.00105	0.0015	42.9	0.2227	0.201	-9.7	0.2251	0.2040	-9.4
02	0.00320	0.0038	18.8	0.2349	0.222	-5.5	0.2412	0.2296	-4.8
03	0.00750	0.0082	9.3	0.2527	0.252	-0.3	0.2676	0.2684	0.3
04	0.01203	0.0130	8.1	0.2790	0.281	0.7	0.3031	0.3070	1.3
05	0.01699	0.0184	8.3	0.2983	0.309	3.6	0.3323	0.3458	4.1
06	0.02780	0.0295	6.1	0.3366	0.360	7.0	0.3922	0.4190	6.8
07	0.05830	0.0550	-5.7	0.4415	0.460	4.2	0.5581	0.5700	2.1
08	0.11210	0.1085	-3.2	0.6271	0.640	2.1	0.8349	0.8570	2.6
			Hata %				Hata %		
Pozitif			15.6				3.5		
Negatif			4.5				-5.2		
Mutlak			12.8				4.1		

5.4. Girişim Alanı Direnç Katsayısı

Bölüm 5.3.'te görüldüğü üzere DVWK sonuçları SERC-FCF serilerinin deney sonuçlarıyla en fazla uyum içerisinde olan sonuçlardır. 2.bölümde kuvvetlerin dengesinden bulunmuş olan (2.45) no'lu eşitlik yardımıyla taban kayma gerilmesinden taşkın ve ana yatak arasında oluşan fiktif kayma gerilmesi aşağıdaki bağıntıyla bulunmaktadır.

$$\tau_{gir} = \frac{\rho g A_A I_E - \bar{\tau}_{tab,A} \cdot U_{tab,A}}{2h_T} \quad (5.2)$$

SERC ölçümlerinden elde edilen “F_{gir}” direnç kuvvetinden yararlanarak $\tau_{gir,ölç}$ değeri aşağıdaki bağıntı bulunabilir.

$$\tau_{gir,ölç} = \frac{F_{gir}}{h_T} \quad (5.3)$$

Diğer taraftan (2.60) no'lu denkleme analog olarak $\tau_{gir,ölç}$ ile $f_{gir,ölç}$ arasında aşağıdaki bağıntı mevcuttur.

$$f_{gir,ölç} = 8 \frac{\tau_{gir,ölç}}{\rho v_{A,ölç}^2} \quad (5.4)$$

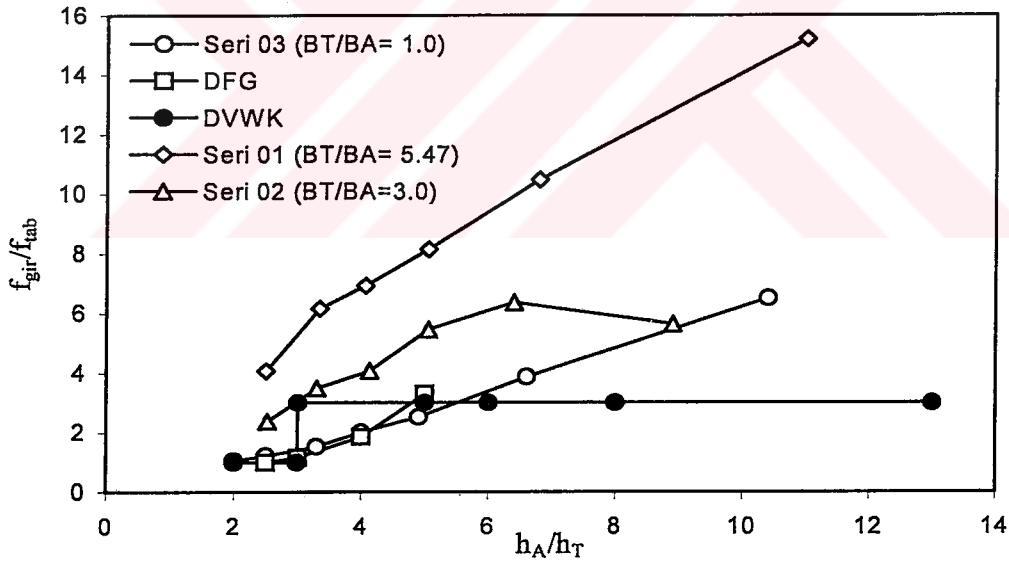
Benzer şekilde tabandaki ortalama direnç katsayısı ise (5.5) no'lu bağıntı ile hesaplanabilir.

$$f_{tab,ölç} = 8 \frac{\tau_{tab,A,ölç}}{\rho v_{A,ölç}^2} \quad (5.5)$$

(5.4) ve (5.5) no'lu eşitliklerin birbirine bölünmesiyle

$$\frac{f_{gir,ölç}}{f_{tab,A,ölç}} = \frac{\tau_{gir,ölç}}{\tau_{tab,A,ölç}} \quad (5.6)$$

bağıntısı elde edilir. Şekil 5.6'da $f_{gir}/f_{tab,A} = f(h_A/h_T)$ bağıntısı 01, 02, 03 no'lu seriler için görülmektedir. Ayrıca bu şekilde aynı fonksiyonel bağıntı için DVWK (4.2 ve 4.3 no'lu eşitlikler) ve DFG (Şekil 3.4) önerileri de yer almaktadır.



Şekil 5.6. $f_{gir}/f_{tab,A}=f(h_A/h_T)$ bağıntısının DVWK ve DFG yaklaşımları ile SERC-FCF 01, 02, 03 deney serilerindeki ölçümlere göre değişimini gösteren grafik

Şekil 5.6.'ya göre $h_A / h_T \leq 5$ için DFG sonuçları en fazla uyumu $B_T/B_A=1$ olan genişlik (Seri 03) için göstermektedir. $B_T/B_A \geq 3$ için (Seri 02ve 03) DFG önerisinin gerçekçi olmadığı görülmektedir. Bu nedenle ana yatakla aynı taşkın yatağı genişliğine sahip kanallar için DFG önerisinin $h_A / h_T < 5$ olması halinde kullanılması $5 < h_A / h_T < 10$ değerleri için ise şekildeki diyagramdan yararlanılması daha uygun olacaktır. DVWK yaklaşımı ise $h_A / h_T \leq 3$ ve $B_T/B_A = 1$ için uygun olmaktadır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geometrik içerikli bileşik kesitlerde permenan akımların hesabı üç aşamada yapılmaktadır. İlk olarak kesit kısmi kesitlere bölünmekte sonra her kısım için debiler hesaplanmakta ve son olarak da debilerin toplamı alınmaktadır. Bileşik kesitin kısmi kesitlere ayrılmasında genel yaklaşım ana yatak ve taşkın yatağının fiktif ayırım alanlarıyla düşey, yatay veya diagonal olarak ayrılmasıdır.

Düşey ayırım alanları esas alınan bu çalışmada farklı relatif genişlikler ve farklı relatif su derinlikleri için ayırık kanal, alan yöntemi ve girişim alanı yöntemi ile ilgili iki farklı yaklaşım (DVWK Merkblätter 220 ve Prinos-Townsend, 1984) için araştırma yapılmış, Darcy-Weissbach eşitliği, pürüzlülük içerikli bileşik kesitler için geçerli olan Einstein-Horton yaklaşımı da kullanılarak bulunan hesap sonuçları, SERC-FCF ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılarak elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır.

1. Taşkın yatağı için ayırık kanal yöntemine göre yapılan debi hesaplarında hata oranı yaklaşık -%11 olmakta ve sonuçlar kanalın taşıyabileceği miktardan daha az bulunurken, alan yönteminde hata oranı %60 civarında olup kanal taşıma kapasitesinin çok daha üstündeki bir debi için boyutlandırılmış olmaktadır. DVWK yaklaşımında hata yüzdesi -%12, Prinos-Townsend'te ise yaklaşık %6 değerindedir. Görüldüğü üzere özellikle alan yöntemi taşkın yatağının boyutlandırılması yönünden emniyetli tarafta kalmamaktadır. DVWK yaklaşımında ise taşkın yatağı taşıma kapasitesinin altında boyutlandırılarak emniyetli tarafta kalmaktadır.

2. Ana yatak debisi için ayırık kanal yöntemine göre hesap yapıldığında ana yatak %10 civarında taşıma kapasitesinin üstünde boyutlandırılırken, alan yönteminde hata oranı -%7 olup taşıma kapasitesinin altında boyutlandırma söz konusudur. DVWK'da ise %5, Prinos-Townsend'te ise %9 civarında hata oranları bulunmaktadır. En iyi yaklaşım DVWK önerisi olmakla birlikte, bu durumda kanalın bir miktar taşıma kapasitesi üstünde boyutlandırılması söz konusu olmaktadır. Özellikle ayırık kanal yöntemi taşkın hesapları için ana yatak yönünden en emniyetsiz tarafta kalan sonuçları vermektedir.

3. Bileşik kanal debisi yönünden incelendiğinde hata yüzdesi ayırık kanal yöntemi için %7, alan yöntemi için %6, DVWK yaklaşımı için %3, Prinos-Townsend yaklaşımı için ise %6 değerinde gerçekleşmektedir. İncelenen tüm yöntemlerde kanallar taşıma kapasitelerinin üzerinde projelendirilmiş olmaktadır. En iyi yaklaşım DVWK önerisidir.

4. DVWK Merkblätter 220 (1991) önerisi en iyi yaklaşım olması nedeniyle farklı taşkın yatağı genişlikleri ve farklı su derinlikleri etkisi incelendiğinde DVWK önerisinin $h_A/h_T < 3$ ve $B_T/B_A \leq 1$ (Seri 03) için uygun olduğu görülmektedir. Bu yöntemde söz konusu relatif genişlik için taşkın yatağında hata yüzdesi -%17 ile emniyetli tarafta kalırken, ana yatak ve bileşik kanal debisinde hata yüzdesi yaklaşık -%1.5'tir. Seri 01'de sırasıyla taşkın yatağı, ana yatak ve bileşik kanal debisinde hata yüzdeleri -%6, %10, %8 iken Seri 02'de -%12, %5 ve %2 olmaktadır. Dolayısıyla DVWK yaklaşımı toplam debi yönünden, $B_T/B_A > 1$ değeri için yaklaşık olarak %4 oranında hatalı neticeler vermekte ve taşıma kapasitesinin üstünde projelendirilmiş olmaktadır.

5. DFG önerisinin $h_A/h_T \leq 5$, $B_T/B_A \leq 1$ için hesap sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu tesbit edilmiştir (Şekil 5.6).
6. Mevcut yaklaşımlar içerisinde en uyumlu olan DVWK önerisinin sadece birim relatif genişlikler için güvenilir tarafta kaldığı, $B_T/B_A > 3$ değerleri için hesapla bulunan debilerin ölçüm den bulunan debilerden büyük olması nedeniyle taşıma kapasitesinin üstünde boyutlandırılmış olacaklarından taşkın hesaplarında kullanılmaması uygun olacaktır.
7. $B_T/B_A \leq 1$ ve $3 < h_A/h_T < 10$ aralığı için 03 serisinin $f_{gir}/f_{tab,A}$ değerlerinin alınması ve debi hesaplarının bu değerle ile yapılması uygun olacaktır.
8. $B_T/B_A = 3$ olduğu zaman $f_{gir}/f_{tab,A}$ değerleri relatif su derinliğinden etkilenmektedir (Şekil 5.6). Söz konusu relatif genişlik için $f_{gir}/f_{tab,A}$ değerleri Şekil 5.6'daki $2.5 < h_A/h_T < 9$ aralığında kullanılmalıdır.
9. $B_T/B_A = 5.47$ girişim alanı relatif direnç katsayısı $2.5 < h_A/h_T < 11$ aralığında Seri 01'deki diyagramdan alınmalıdır.
10. $1 < B_T/B_A < 3$ ve $3 < B_T/B_A < 6$ ara değerleri için girişim alanı relatif direnç katsayısı Şekil 5.6'daki diyagramda enterpolasyonla elde edilebilir.
11. Özellikle etkileşimin olduğu debi hesaplarında Manning eşitliği yerine kanal boyutundan etkilenmeyen direnç katsayısının bulunduğu Darcy-Weissbach eşitliği ile çalışılması iterasyonu gerektirmesine rağmen hesapların daha sağlıklı olması yönünden önerilmektedir. Darcy-Weissbach eşitliği ile ilgili bilgisayar programı Ek-2'de verilmiştir.
12. Bu çalışma kapsamında bitki örtüsü içermeyen geometrik içerikli bileşik kesitler incelenmiştir. Bundan sonra bitki örtüsü içeren veya tabanı hareketli kanallar için benzer çalışmalar yapıp uygulamaya sunulabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ackers, P., 1993. Flow formula for straight two-stage channels. Journal of Hydraulic Research, vol. 31, no: 4, pp. 509-531.
- Baird, J., Ervine, D.A., 1984. Resistance to flow in channels with overbank floodplain. Proc. of the 1st. Int. Conference on channels and channel control structures, pp. 137-150, Southampton, England.
- Bock, J., 1966. Einfluss der Querschnittsform auf die Widerstandsbeiwerte offener Gerinne. Technische Berichte, Institut für Wasserbau, Nr.2, TH Darmstadt.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft, 1987. Hydraulische Probleme beim naturnahen Gewasserausbau, Ergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm, Anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse, Aachen.
- DVWK Markblätter 220, 1991. Hydraulische Berechnung von Fliessgewässern, verlag Paul Parey, Hamburg.
- DVWK-Schriften 92, 1990. Hydraulische Methoden zur Erfassung von Rauheiten, Verlag Paul Parley, Hamburg.
- Einstein, H.A., Barbarossa, N.L., 1952. River channel roughness. ASCE, vol.117, pp.1121-1132.

- Engelund, F., Hansen, E., 1967. A monograph on sediment transport in alluvial stream. Teknisk Forlag, Copenhagen.
- Evers, P., 1983. Untersuchung der strömungsvorgänge in gegliderten Gerinnen mit extremen Rauheitsunterschieden, Mitteilungen Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen, Heft 45.
- Felkel, M., 1960. Gemessene Abflüsse in Gerinnen mit Weidenbewuchs. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau. Nr.15, Seite 34 - 51.
- Holden, A., 1986. Shear stresses and discharges in compound channels. Thesis presented to the University of the Witwatersrand in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, at Johannesburg, South Africa.
- Indelkofer, H., 1981. Ausflussberechnung der Fliessgewaesser. Mitteilungen Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Rheinisch Westfallische Technische Hochschule Aachen, pp.131-164.
- James, M., Brown, B.J., 1977. Geometric parameters that influence floodplain flow. U.S. Army Engineering District, Research Report H-77-1, Kansas City.

- Kaiser, W., 1984. Fliesswiderstandsverhalten in Gerinnen mit durchströmten Uferghölzzonen. Wasserbau - Mitteilungen, Heft 23, TH Darmstadt.
- Kaneman, J., 1987. Neuere Erkenntnisse über das hydraulische Widerstandsverhalten von durchströmter Starrer Vegetation. Wasserwirtschaft - Wassertechnik, Heft 8, Seit 187-190
- Knight, D.W., Shiono, K., 1990. Turbulence measurements in a shear layer region of a compound channel. Journal of Hydraulic Research, vol.2, No: 2, pp. 175-195.
- Knight, D.W., Sellin, R.H.J., 1987. The SERC Flood Channel Facility. Journal of the Institution of Water and Environmental Management, vol.41, No:4, pp.198 - 204
- Könemann, N., 1980. Der wechselseitige Einfluss von Vorland und Flussbett auf das Widerstandsverhalten offener Gerinne mit gegliederten Querschnitten. Technische Berichte über Ingenieur hydrologie und Hydraulik, Institut für Wasserbau Technische Hochschule, Darmstadt.
- Lindner, K., 1982. Der Strömungswiderstand von Pflanzenbeständen. Mitteilungen, Leichtweiss, Institut für Wasserbau.
- Marchi, E., 1961. El moto uniforme delle correnti liquide nei condotti chiusi e aperti. L'Energia Elettrica, Heft 4-5.

- Mertens, W., 1989. Zur Frage hydraulischer Berechnungen naturnaher Fliessgewässer. Die Wasserwirtschaft, 79.Jg. Heft 4, Seite 170-176.
- Myers, W.R.J., 1984. Frictional resistance in channels with floodplains. Channels and channel control structures. 1st Int. Conf., K.V.H. Smith (pub.) Springer Verlag, pp. 4.73 - 4.36, Southampton, England.
- Nicollet, G., Uan, M., 1979. Ecoulements permanents a surface libre en lits composes. La Houille Blanche I, pp.21 - 30.
- Nuding, A., 1991. Fliesswiderstandsverhalten in Gerinnen mit Ufergebüsch. Wasserbau - Mitteilungen der TH Darmstadt, Heft 35.
- Özbek, T., 1991. Açık kanal debi formülleri. DSI Teknik Bülteni, 74, 85-92.
- Özbek, T., 1995. Zur durchflussberechnung geometrisch gegliederten gerinnen. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Berlin.
- Paris, E., 1980. New criteria for predicting the frictional characteristics in alluvial streams. Proc. Int. Symp. River Engineering, Belgrade.
- Pasche, E., 1984. Turbulenzmechanismen in naturnahen Fliessgewässern und die Möglichkeiten ihrer mathematischen Erfassung. Mitteilungen,

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RTWH Aachen,
Heft 52.

Petryk, S., Bosmajian, G., 1975. Analysis of flow through vegetation. Journal of Hydraulic Division, vol.101, HY 7, pp.871 - 883.

Prinos, P., Townsend, R.D., 1984. Comparison of methods for predicting discharges in compound open channels. Advances in Water Resources, vol.7, CML Publications, pp. 180 - 187.

Schröder, R.C.M., 1994. Technische Hydraulik Institut für Wasserbau, TH Darmstadt.

Schumacher, F., 1994. Zur Durchflussberechnung gegliederter, naturnah gestalteter Fließgewässer. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Berlin.

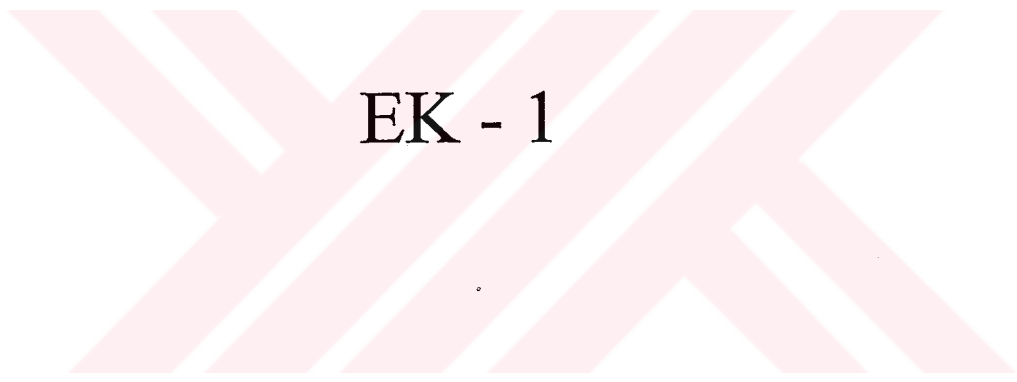
Sellin, R.H.J., 1964. A laboratory investigation into the interaction between the flow in the channel a river and that over its floodplain. La Houille Blanche, No:7, pp.793.

Shiono, K., Knight, D.W., 1991. Turbulent open channel flows with variable depth across the channel. Journal of Fluid Mechanics, vol.222, pp. 617 - 646.

- Söhngen, B., 1987. Das Formbelwertkonzept zur Berechnung des Fließwiderstandes in Rohren und Gerinnen. Technische Berichte, Institut für Wasserbau, Nr.39, TH Darmstadt.
- Stephenson, D., Kolovopoulos, P., 1990. Effects of momentum transfer in compound channels. ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 116, No:12, pp. 1512 - 1522.
- Tominaga, A., Nezu, I., 1991. Turbulent structure in compound open-channel flows. Journal of Hydraulic Engineering, vol. 117, No:1, pp. 21 - 41.
- White, W.R., Paris, E., Bettes, R., 1980. The frictional characteristics of alluvial streams ; a new approach.
- Wormleaton, P.R., Allen, J., Hadjipanous, P., 1982. Discharge assesment in compound channel flow. ASCE, Journal of Hydraulic Division, vol. 108, No:HY9, pp. 975 - 993.
- Wormleaton, P.R., Merrett, D.J., Hadjipanous, P., 1982. Discharge assessment in compound channels. ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 108, pp. 975 - 994.
- Yen, C.L., Overton, D.E., 1973. Shape effects on resistance in floodplain channels. Journal of the Hydraulic Division, ASCE, vol.99, No:HY1, pp. 219 - 238.

Zheleznyakov, G.V., 1966. Relatif deficit of mean velocity of unstable river flow; kinematic effect in river beds with floodplains. Proc., 11th Int. Assoc. Hydr. Res., Leningard, USSR.



A large, stylized red 'X' watermark is centered on the page, spanning across the middle section. It is composed of two thick, parallel diagonal lines that intersect in the center.

EK - 1

Çizelge 1.A Ayrık kanal yöntemine göre Serie 01'in ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	A_A (m ²)	$U_{tab,A}$ (m)	R_A (m)	v (10 ⁻⁵)(m/s ²)	v_A (m/s)	$f_{tab,A}$ (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{alg} (m ³ /s)
01	0.159	0.009	0.264	1.924	0.137	0.120384	0.839	0.01569	0.221	0.198
02	0.165	0.015	0.275	1.924	0.143	0.120384	0.862	0.01550	0.237	0.208
03	0.176	0.026	0.294	1.924	0.153	0.125444	0.898	0.01529	0.264	0.225
04	0.187	0.037	0.314	1.924	0.163	0.125444	0.935	0.01503	0.294	0.247
05	0.199	0.049	0.336	1.924	0.175	0.125444	0.978	0.01475	0.329	0.272
06	0.214	0.064	0.363	1.924	0.198	0.122038	1.028	0.01442	0.373	0.315
07	0.250	0.100	0.428	1.924	0.222	0.122038	1.137	0.01384	0.487	0.405

Çizelge 1.B Ayrık kanal yöntemine göre Serie 01'in taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{alg} (m ³ /s)
01	0.037	4.109	0.009	0.130	0.04294	0.00480	0.00520
02	0.062	4.115	0.015	0.189	0.03376	0.01172	0.01271
03	0.107	4.126	0.026	0.278	0.02713	0.02975	0.02996
04	0.152	4.137	0.037	0.354	0.02378	0.05381	0.05287
05	0.201	4.149	0.048	0.422	0.02171	0.08482	0.08924
06	0.262	4.164	0.063	0.507	0.01977	0.13280	0.14227
07	0.410	4.200	0.098	0.676	0.01727	0.27720	0.30385

Çizelge 2.A Ayrık kanal yöntemine göre Serie 02'nin ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	A_A (m ²)	$U_{tab,A}$ (m)	R_A (m)	v (10 ⁻⁵)(m/s ²)	v_A (m/s)	$f_{tab,A}$ (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{değ}$ (m ³ /s)
01	0.156	0.006	0.258	1.924	0.134	0.112612	0.830	0.01567	0.214	0.2080
02	0.169	0.019	0.282	1.924	0.147	0.108344	0.882	0.01522	0.249	0.2264
03	0.178	0.028	0.298	1.924	0.155	0.114100	0.910	0.01509	0.271	0.2422
04	0.187	0.037	0.314	1.924	0.163	0.109734	0.941	0.01483	0.295	0.2612
05	0.198	0.048	0.334	1.924	0.174	0.111156	0.980	0.01460	0.327	0.2851
06	0.214	0.064	0.363	1.924	0.189	0.111156	1.032	0.01429	0.375	0.3252
07	0.249	0.099	0.426	1.924	0.221	0.111156	1.139	0.01374	0.485	0.4282
08	0.288	0.138	0.496	1.924	0.258	0.111156	1.254	0.01323	0.622	0.54136

Çizelge 2.B Ayrık kanal yöntemine göre Serie 02'nin taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{değ}$ (m ³ /s)
01	0.014	2.258	0.006	0.096	0.05230	0.00130	0.00210
02	0.043	2.277	0.019	0.227	0.02980	0.00980	0.1096
03	0.063	2.290	0.028	0.295	0.02588	0.01859	0.01996
04	0.084	2.302	0.036	0.353	0.02344	0.02957	0.03125
05	0.109	2.318	0.047	0.420	0.02144	0.04578	0.04907
06	0.146	2.341	0.062	0.505	0.01960	0.07373	0.07738
07	0.228	2.390	0.095	0.667	0.01723	0.15210	0.16740
08	0.20	2.445	0.131	0.819	0.01574	0.26210	0.28640

Çizelge 3.A Ayrık kanal yöntemine göre Serie 03'ün ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	A_A (m ²)	$U_{tab,A}$ (m)	R_A (m)	v (10 ⁻⁵)(m/s ²)	v_A (m/s)	$f_{tab,A}$ (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{rel} m ³ /s)
01	0.158	0.008	0.262	1.924	0.136	0.109035	0.840	0.01555	0.220	0.2227
02	0.166	0.016	0.276	1.924	0.143	0.109734	0.867	0.01535	0.239	0.2349
03	0.177	0.027	0.296	1.924	0.154	0.112612	0.907	0.01510	0.268	0.2527
04	0.188	0.038	0.316	1.924	0.164	0.111156	0.944	0.01482	0.298	0.2790
05	0.198	0.048	0.334	1.924	0.174	0.114100	0.979	0.01463	0.327	0.2983
06	0.215	0.065	0.365	1.924	0.190	0.110583	1.036	0.01426	0.378	0.3366
07	0.248	0.098	0.424	1.924	0.220	0.111156	1.136	0.01375	0.482	0.4415
08	0.300	0.150	0.518	1.924	0.269	0.111156	1.286	0.01310	0.666	0.6271

Çizelge 3.B Ayrık kanal yöntemine göre Serie 03'ün taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{rel} m ³ /s)
01	0.006	0.761	0.008	0.121	0.04430	0.0007	0.00105
02	0.012	0.773	0.016	0.200	0.03212	0.0024	0.00320
03	0.021	0.788	0.027	0.288	0.02617	0.0060	0.00750
04	0.029	0.804	0.036	0.351	0.02350	0.0102	0.01203
05	0.037	0.818	0.045	0.408	0.02184	0.0151	0.01699
06	0.051	0.842	0.061	0.500	0.01968	0.0255	0.02780
07	0.078	0.889	0.088	0.635	0.01761	0.0495	0.04950
08	0.124	0.962	0.129	0.811	0.01581	0.1006	0.11210

Çizelge 4. 1, 2 ve 3 no'lu seriler için ayrıık kanal yöntemiyle elde edilmiş ve ölçülmüş bileşik kanal debileri

Derinlik No	SERC-FCF Seri 01			SERC-FCF Seri 02			SERC-FCF Seri 03		
	h_A / h_T [-]	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T [-]	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T [-]	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]
01	17.67	0.2306	0.2082	26.00	0.2166	0.2123	19.8	0.2214	0.2251
02	11.00	0.2604	0.2337	8.90	0.2686	0.2483	10.4	0.2438	0.2412
03	6.80	0.3235	0.2852	6.40	0.3082	0.2821	6.6	0.2800	0.2676
04	5.05	0.4016	0.3535	5.05	0.3541	0.3237	4.9	0.3184	0.3031
05	4.06	0.4986	0.4511	4.13	0.4186	0.3832	4.0	0.3572	0.3323
06	3.34	0.6386	0.6001	3.30	0.5225	0.4800	3.3	0.4290	0.3922
07	2.50	1.0414	1.0145	2.52	0.7895	0.7630	2.5	0.5811	0.5581
08	-	-	-	2.09	1.1462	1.1142	2.0	0.8672	0.8349

Çizelge 5.A Alan yöntemine göre Serie 01'in ana yatak yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	A_A (m ²)	$U_{tab,A}$ (m)	R_A (m)	v (10 ⁻⁵)(m/s ²)	$v_{A,0}$ (m/s)	$v_{T,0}$ (m/s)	Δv (m/s)	B_T (m)
01	0.159	0.264	1.924	0.137	0.120384	0.839	0.130	0.709	4.10
02	0.165	0.275	1.924	0.143	0.120384	0.862	0.189	0.673	4.10
03	0.176	0.294	1.924	0.153	0.125444	0.898	0.278	0.620	4.10
04	0.187	0.314	1.924	0.163	0.125444	0.935	0.354	0.581	4.10
05	0.199	0.336	1.924	0.175	0.125444	0.978	0.422	0.556	4.10
06	0.214	0.363	1.924	0.198	0.122038	1.028	0.507	0.521	4.10
07	0.250	0.428	1.924	0.222	0.122038	1.137	0.676	0.461	4.10

Derinlik No	B_A (m)	τ_{gir} (KN/m ²)	ρ (KN/m ³)	γ_{br-I_0} (KN/m ²)	τ_r (KN/m ²)	ΔA (m ²)	A_A' (m ²)	$Q_{hes,A}$ (m ³ /s)	$Q_{olg,A}$ (m ³ /s)
01	1.50	9.720	999.376	0.091	106.813	0.0087	0.2466	0.207	0.198
02	1.50	5.427	999.376	0.151	35.940	0.0081	0.2588	0.223	0.208
03	1.50	2.909	999.551	0.262	11.103	0.0075	0.2790	0.251	0.225
04	1.50	1.970	999.551	0.373	5.282	0.0072	0.2996	0.280	0.247
05	1.50	1.478	999.551	0.493	2.998	0.0072	0.3216	0.315	0.272
06	1.50	1.118	999.438	0.644	1.736	0.0071	0.3488	0.359	0.315
07	1.50	0.719	999.438	1.007	0.714	0.0071	0.4138	0.470	0.405

Çizelge 5.B Alan yöntemine göre Serie 01'in taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	$A_T (m^2)$	$U_T (m)$	$R_T (m)$	$v_T (m/s)$	$A_T' (m^2)$	$Q_{hes,T} (m^3/s)$	$Q_{ölç,T} (m^3/s)$
01	0.037	4.109	0.009	0.130	0.0544	0.0071	0.00520
02	0.062	4.115	0.015	0.189	0.0782	0.0150	0.01271
03	0.107	4.126	0.026	0.278	0.1220	0.0340	0.02996
04	0.152	4.137	0.037	0.354	0.1664	0.0590	0.05287
05	0.201	4.149	0.048	0.422	0.2154	0.0910	0.08924
06	0.262	4.164	0.063	0.507	0.2762	0.1400	0.14227
07	0.410	4.200	0.098	0.676	0.4242	0.2870	0.30385

Çizelge 6.A Alan yöntemine göre Serie 02'nin ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	A_A (m ²)	$U_{tab,A}$ (m)	R_A (m)	$v(10^{-5})$ (m/s ²)	$v_{A,0}$ (m/s)	$v_{T,0}$ (m/s)	Δv (m/s)	B_T (m)
01	0.156	0.258	1.924	0.134	0.112612	0.830	0.096	0.734	2.25
02	0.169	0.282	1.924	0.147	0.108344	0.882	0.227	0.655	2.25
03	0.178	0.298	1.924	0.155	0.114100	0.910	0.295	0.615	2.25
04	0.187	0.314	1.924	0.163	0.109734	0.941	0.352	0.589	2.25
05	0.198	0.334	1.924	0.174	0.111156	0.980	0.420	0.560	2.25
06	0.214	0.363	1.924	0.189	0.111156	1.032	0.505	0.527	2.25
07	0.249	0.426	1.924	0.221	0.111156	1.139	0.667	0.472	2.25
08	0.288	0.496	1.924	0.258	0.111156	1.254	0.819	0.435	2.25
Derinlik	B_A (m)	τ_{gir} (KN/m ²)	ρ (KN/m ³)	$\gamma h_T I_0$ (KN/m ²)	τ_r (KN/m ²)	ΔA (m ²)	A_A (m ²)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{alg,A}$ (m ³ /s)
01	1.50	21.132	999.023	0.0604	349.868	0.0126	0.233	0.193	0.2080
02	1.50	5.669	998.776	0.1912	29.650	0.0107	0.261	0.230	0.2264
03	1.50	3.661	999.100	0.2818	12.991	0.0102	0.278	0.253	0.2422
04	1.50	2.716	998.862	0.3723	7.295	0.0100	0.294	0.277	0.2612
05	1.50	2.061	998.944	0.4831	4.266	0.0098	0.314	0.308	0.2851
06	1.50	1.538	998.944	0.6441	2.388	0.0098	0.343	0.354	0.3252
07	1.50	1.008	998.944	0.9964	1.012	0.0099	0.406	0.462	0.4282
08	1.50	0.757	998.944	1.3889	0.545	0.0104	0.475	0.596	0.5414

Çizelge 6.B Alan yöntemine göre Serie 02'nin taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	A_T' (m ²)	$Q_{hes,T}$ (m ³ /s)	$Q_{olg,T}$ (m ³ /s)
01	0.014	2.258	0.006	0.096	0.039	0.0037	0.2004
02	0.043	2.277	0.019	0.227	0.064	0.0145	0.2590
03	0.063	2.290	0.028	0.295	0.083	0.0245	0.3020
04	0.084	2.302	0.036	0.352	0.104	0.0366	0.3502
05	0.109	2.318	0.047	0.420	0.129	0.0542	0.4164
06	0.146	2.341	0.062	0.505	0.166	0.0838	0.5216
07	0.228	2.390	0.095	0.667	0.248	0.1654	0.7928
08	0.320	2.445	0.131	0.819	0.341	0.2793	1.1546

Çizelge 7.A Alan yöntemine göre Serie 03'ün ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	A_A (m ²)	$U_{ab,A}$ (m)	R_A (m)	v (10 ⁻⁵)(m/s ²)	$v_{A,O}$ (m/s)	$v_{T,O}$ (m/s)	Δv (m/s)	B_T (m)
01	0.158	0.262	1.924	0.136	0.109035	0.840	0.121	0.719	0.75
02	0.166	0.276	1.924	0.143	0.109734	0.867	0.200	0.667	0.75
03	0.177	0.296	1.924	0.154	0.112612	0.907	0.288	0.619	0.75
04	0.188	0.316	1.924	0.164	0.111156	0.944	0.351	0.593	0.75
05	0.198	0.334	1.924	0.174	0.114100	0.979	0.408	0.571	0.75
06	0.215	0.365	1.924	0.190	0.110583	1.036	0.500	0.536	0.75
07	0.248	0.424	1.924	0.220	0.111156	1.136	0.635	0.501	0.75
08	0.300	0.518	1.924	0.269	0.111156	1.286	0.811	0.475	0.75

Derinlik No	B_A (m)	τ_{gir} (KN/m ²)	ρ (KN/m ³)	$\gamma h_T I_0$ (KN/m ²)	τ_r (KN/m ²)	ΔA (m ²)	A_A' (m ²)	$Q_{hes,A}$ (m ³ /s)	$Q_{06,A}$ (m ³ /s)
01	1.50	26.738	998.819	0.0805	332.149	0.0213	0.219	0.184	0.2227
02	1.50	12.064	998.862	0.1610	74.932	0.0192	0.238	0.206	0.2349
03	1.50	6.707	999.023	0.2718	24.676	0.0180	0.260	0.236	0.2527
04	1.50	4.692	998.944	0.3824	12.270	0.0177	0.281	0.265	0.2790
05	1.50	3.691	999.100	0.4832	7.639	0.0176	0.299	0.293	0.2983
06	1.50	2.714	998.911	0.6542	4.149	0.0175	0.330	0.342	0.3366
07	1.50	1.885	998.944	0.9863	1.911	0.0184	0.387	0.440	0.4415
08	1.50	1.376	998.944	1.5096	0.911	0.0205	0.477	0.613	0.6271

Çizelge 7.B Alan yöntemine göre Serie 03'ün taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m)	A_T' (m ²)	$Q_{hes,T}$ (m ³ /s)	$Q_{ölç,T}$ (m ³ /s)
01	0.006	0.761	0.008	0.121	0.049	0.006	0.196
02	0.012	0.773	0.016	0.200	0.050	0.010	0.226
03	0.021	0.788	0.027	0.288	0.057	0.016	0.268
04	0.029	0.804	0.036	0.351	0.064	0.022	0.309
05	0.037	0.818	0.045	0.408	0.072	0.029	0.351
06	0.051	0.842	0.061	0.500	0.086	0.043	0.428
07	0.078	0.889	0.088	0.635	0.115	0.073	0.586
08	0.124	0.962	0.129	0.811	0.165	0.134	0.881

Çizelge 8. 1, 2 ve 3 no'lu seriler için Alan yöntemiyle elde edilmiş ve ölçülmüş bileşik kanal debileri

Derinlik No	SERC-FCF Seri 01			SERC-FCF Seri 02			SERC-FCF Seri 03		
	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]
01	17.67	0.2210	0.2082	26.00	0.2004	0.2123	19.8	0.1960	0.2251
02	11.00	0.2530	0.2337	8.90	0.2590	0.2483	10.4	0.2260	0.2412
03	6.80	0.3190	0.2852	6.40	0.3020	0.2821	6.6	0.2680	0.2676
04	5.05	0.3980	0.3535	5.05	0.3502	0.3237	4.9	0.3090	0.3031
05	4.06	0.4970	0.4511	4.13	0.4164	0.3832	4.0	0.3510	0.3323
06	3.34	0.6390	0.6001	3.30	0.5216	0.4800	3.3	0.4280	0.3922
07	2.50	1.0440	1.0145	2.52	0.7928	0.7630	2.5	0.5860	0.5581
08	-	-	-	2.09	1.1546	1.1142	2.0	0.8810	0.8349

Çizelge 9.B DVWK yaklaşımına göre Serie 01'in ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	h_A/h_T (-)	A_A (m ²)	U_A (m)	R_A (m)	v_A (m/s)	$f_{top,A}$ (-)	$f_{sub,A}$ (-)	f_{gr} (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{del} (m ³ /s)
01	0.159	0.009	17.7	0.264	1.942	0.136	0.820	0.0163	0.01585	0.04755	0.216	0.198
02	0.165	0.015	11.0	0.275	1.954	0.141	0.840	0.01611	0.01568	0.04704	0.231	0.208
03	0.176	0.026	6.8	0.294	1.976	0.149	0.850	0.01662	0.01565	0.04696	0.250	0.225
04	0.187	0.037	5.1	0.314	1.998	0.157	0.870	0.01672	0.01550	0.04650	0.273	0.247
05	0.199	0.049	4.1	0.336	2.022	0.166	0.90	0.01652	0.01528	0.04584	0.302	0.272
06	0.214	0.064	3.3	0.363	2.052	0.177	0.920	0.01685	0.01510	0.04530	0.334	0.315
07	0.250	0.100	2.5	0.428	2.124	0.202	1.060	0.01449	0.01425	0.01425	0.454	0.405

Çizelge 9.B DVWK yaklaşımına göre Serie 01'in taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	Q_{del} (m ³ /s)
01	0.037	4.109	0.009	0.130	0.04294	0.0048	0.00520
02	0.062	4.115	0.015	0.190	0.03372	0.01178	0.01271
03	0.107	4.126	0.026	0.278	0.02712	0.02975	0.02996
04	0.152	4.137	0.037	0.354	0.02377	0.05381	0.05287
05	0.201	4.149	0.048	0.422	0.02171	0.08482	0.08924
06	0.262	4.164	0.063	0.507	0.01976	0.1328	0.14227
07	0.410	4.20	0.098	0.676	0.01727	0.2772	0.30385

Çizelge 10.A DVWK yaklaşımına göre Serie 02'nin ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	h_A/h_T (-)	A_A (m ²)	U_A (m)	R_A (m)	v_A (m/s)	$f_{T0.4}$ (-)	$f_{A,tab}$ (-)	f_{gir} (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{ölç}$ (m ³ /s)
01	0.156	0.006	26.0	0.258	1.936	0.133	0.827	0.01567	0.01569	0.04707	0.2134	0.2080
02	0.169	0.019	8.9	0.282	1.962	0.144	0.850	0.01606	0.01546	0.04638	0.2397	0.2264
03	0.178	0.028	6.4	0.298	1.980	0.151	0.860	0.01646	0.01546	0.04638	0.2563	0.2422
04	0.187	0.037	5.1	0.314	1.998	0.157	0.880	0.01634	0.01526	0.04578	0.2763	0.2612
05	0.198	0.048	4.1	0.334	2.020	0.165	0.890	0.01679	0.01520	0.04560	0.2973	0.2851
06	0.214	0.064	3.3	0.363	2.052	0.177	0.920	0.01685	0.01499	0.04497	0.3340	0.3252
07	0.249	0.099	2.5	0.426	2.122	0.201	1.070	0.01415	0.01409	0.01409	0.4558	0.4282
08	0.288	0.138	2.1	0.496	2.200	0.225	1.140	0.01395	0.01374	0.01374	0.5654	0.5414

Çizelge 10.B DVWK yaklaşımına göre Serie 02'nin taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{ölç}$ (m ³ /s)
01	0.014	2.258	0.006	0.096	0.0522	0.00130	0.00210
02	0.043	2.277	0.019	0.227	0.0298	0.00980	0.01096
03	0.063	2.290	0.028	0.295	0.0259	0.01859	0.01996
04	0.084	2.302	0.036	0.352	0.0234	0.02957	0.03125
05	0.109	2.318	0.047	0.420	0.0214	0.04578	0.04907
06	0.146	2.341	0.062	0.505	0.0196	0.07373	0.07738
07	0.228	2.390	0.095	0.667	0.0172	0.15210	0.16740
08	0.320	2.445	0.131	0.819	0.0157	0.26210	0.28640

Çizelge 11.A DVWK yaklaşımına göre Serie 03'ün ana yatak debi hesap tablosu

Derinlik No	h_A (m)	h_T (m)	h_A/h_T (-)	A_A (m ²)	U_A (m)	R_A (m)	v_A (m/s)	$f_{top,A}$ (-)	$f_{sub,A}$ (-)	f_{gr} (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{dış}$ (m ³ /s)
01	0.158	0.008	19.8	0.262	1.940	0.135	0.830	0.01579	0.01562	0.04686	0.2175	0.2227
02	0.166	0.016	10.4	0.276	1.956	0.141	0.840	0.01611	0.01556	0.04668	0.2318	0.2349
03	0.177	0.027	6.6	0.296	1.978	0.150	0.860	0.01635	0.01544	0.04632	0.2546	0.2527
04	0.188	0.038	4.9	0.316	2.000	0.158	0.890	0.01608	0.01520	0.04560	0.2812	0.2790
05	0.198	0.048	4.0	0.334	2.020	0.165	0.900	0.01642	0.01516	0.04548	0.3006	0.2983
06	0.215	0.065	3.3	0.365	2.054	0.178	0.920	0.01695	0.01498	0.04494	0.3358	0.3366
07	0.248	0.098	2.5	0.424	2.120	0.200	1.060	0.01435	0.01414	0.01414	0.4494	0.4415
08	0.300	0.150	2.0	0.518	2.224	0.233	1.195	0.01315	0.01348	0.01348	0.6190	0.6271

Çizelge 11.B DVWK yaklaşımına göre Serie 03'ün taşkın yatağı debi hesabı

Derinlik No	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	f_T (-)	Q_{hes} (m ³ /s)	$Q_{dış}$ (m ³ /s)
01	0.006	0.761	0.008	0.121	0.04430	0.0007	0.00105
02	0.012	0.773	0.016	0.200	0.03211	0.0024	0.00320
03	0.021	0.788	0.027	0.288	0.02617	0.0060	0.00750
04	0.029	0.804	0.036	0.351	0.02349	0.0102	0.01203
05	0.037	0.818	0.045	0.408	0.02184	0.0151	0.01699
06	0.051	0.842	0.061	0.500	0.01968	0.0255	0.02780
07	0.078	0.889	0.088	0.635	0.01761	0.0495	0.05830
08	0.124	0.962	0.129	0.811	0.01580	0.1006	0.11210

Çizelge 12. 1, 2 ve 3 no'lu seriler için DVWK yaklaşımına göre elde edilmiş ve ölçülmüş bileşik kanal debileri

Derinlik No	SERC-FCF Seri 01			SERC-FCF Seri 02			SERC-FCF Seri 03		
	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]
01	17.67	0.2256	0.2082	26.00	0.2160	0.2123	19.8	0.2189	0.2251
02	11.00	0.2546	0.2337	8.90	0.2593	0.2483	10.4	0.2366	0.2412
03	6.80	0.3095	0.2852	6.40	0.2935	0.2821	6.6	0.2666	0.2676
04	5.05	0.3806	0.3535	5.05	0.3354	0.3237	4.9	0.3016	0.3031
05	4.06	0.4716	0.4511	4.13	0.3889	0.3832	4.0	0.3308	0.3323
06	3.34	0.5996	0.6001	3.30	0.4815	0.4800	3.3	0.3868	0.3922
07	2.50	1.0084	1.0145	2.52	0.7600	0.7630	2.5	0.5484	0.5581
08	-	-	-	2.09	1.0896	1.1142	2.0	0.8202	0.8349

Çizelge 13.A Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 01'in ana yatak debi hesap tablosu

Der.	h_A	h_T	A_A	$U_{tab,A}$	R_A	v_A'	v_T'	Δv	f_{gir}	τ_{gir}	ρ	$f_{tab,A}$	$\tau_{tab,A}$	v_A	Q_{hes}	Q_{deq}
01	0.159	0.009	0.264	1.924	0.137	0.839	0.130	0.709	0.11830	9.720	999.376	0.01569	1.288	0.811	0.214	0.198
02	0.165	0.015	0.275	1.924	0.143	0.862	0.189	0.673	0.06201	5.427	999.376	0.01550	1.355	0.837	0.230	0.208
03	0.176	0.026	0.294	1.924	0.153	0.898	0.278	0.620	0.0304	2.909	999.551	0.01529	1.462	0.875	0.257	0.225
04	0.187	0.037	0.314	1.924	0.163	0.935	0.354	0.581	0.01892	1.970	999.551	0.01503	1.566	0.913	0.287	0.247
05	0.199	0.049	0.336	1.924	0.175	0.978	0.422	0.556	0.01292	1.478	999.551	0.01475	1.687	0.957	0.322	0.272
06	0.214	0.064	0.363	1.924	0.189	1.028	0.507	0.521	0.0088	1.118	999.438	0.01442	1.829	1.008	0.366	0.315
07	0.250	0.100	0.428	1.924	0.222	1.137	0.676	0.461	0.0046	0.719	999.438	0.01384	2.161	1.118	0.479	0.405

Çizelge 13.B Prinos - Townsend yöntemine göre Serie 01'in taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik	A_T	U_T	R_T	τ_T	v_T	Q_{hes}	Q_{deq}
01	0.037	4.109	0.009	0.112	0.144	0.0053	0.00520
02	0.062	4.115	0.015	0.171	0.201	0.0125	0.01271
03	0.107	4.126	0.026	0.280	0.287	0.0307	0.02996
04	0.152	4.137	0.037	0.390	0.362	0.0550	0.05287
05	0.201	4.149	0.048	0.501	0.430	0.0864	0.08924
06	0.262	4.164	0.063	0.652	0.514	0.1347	0.14227
07	0.410	4.200	0.098	1.004	0.682	0.2796	0.30385

Çizelge 14.A Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 02'nin ana yatak debi hesap tablosu

Der.	h_A	h_T	A_A	$U_{tab,A}$	R_A	v_A'	v_T'	Δv	f_{gir}	τ_{gir}	ρ	$f_{tab,A}$	$\tau_{tab,A}$	v_A	Q_{hes}	$Q_{dış}$
01	0.156	0.006	0.258	1.924	0.134	0.830	0.096	0.734	0.27183	21.132	999.023	0.01567	1.217	0.789	0.204	0.2080
02	0.169	0.019	0.282	1.924	0.147	0.882	0.227	0.655	0.06314	5.669	998.776	0.01522	1.367	0.848	0.239	0.2264
03	0.178	0.028	0.298	1.924	0.155	0.910	0.295	0.615	0.03803	3.661	999.100	0.01509	1.454	0.878	0.262	0.2422
04	0.187	0.037	0.314	1.924	0.163	0.941	0.352	0.589	0.02621	2.716	998.862	0.01483	1.536	0.911	0.286	0.2612
05	0.198	0.048	0.334	1.924	0.174	0.980	0.420	0.560	0.01825	2.061	998.944	0.01460	1.648	0.951	0.318	0.2851
06	0.214	0.064	0.363	1.924	0.189	1.032	0.505	0.527	0.01222	1.538	998.944	0.01429	1.800	1.004	0.364	0.3252
07	0.249	0.099	0.426	1.924	0.221	1.139	0.667	0.472	0.00653	1.008	998.944	0.01374	2.120	1.112	0.474	0.4282
08	0.288	0.138	0.496	1.924	0.258	1.254	0.819	0.435	0.00403	0.757	998.944	0.01323	2.488	1.227	0.609	0.5414

Çizelge 14. B Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 02'nin taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik	A_T	U_T	R_T	τ_T	v_T	Q_{hes}	$Q_{dış}$
01	0.014	2.258	0.006	0.117	0.134	0.0019	0.00210
02	0.043	2.277	0.019	0.238	0.253	0.0109	0.01096
03	0.063	2.290	0.028	0.327	0.318	0.0200	0.01996
04	0.084	2.302	0.036	0.406	0.372	0.0312	0.03125
05	0.109	2.318	0.047	0.516	0.439	0.0479	0.04907
06	0.146	2.341	0.062	0.666	0.522	0.0762	0.07738
07	0.228	2.390	0.095	0.998	0.681	0.1553	0.16740
08	0.320	2.445	0.131	1.361	0.832	0.2662	0.28640

Çizelge 15.A Prinos - Townsend yaklaşımına göre Serie 03'ün ana yatak debi hesap tablosu

Der.	h_A	h_T	A_A	$U_{tab,A}$	R_A	V_A'	V_T'	ΔV	f_{gir}	τ_{gir}	ρ	$f_{tab,A}$	$\tau_{tab,A}$	V_A	Q_{hes}	$Q_{olç}$
01	0.158	0.008	0.262	1.924	0.136	0.840	0.121	0.719	0.36309	26.738	998.819	0.01555	1.146	0.768	0.201	0.2227
02	0.166	0.016	0.276	1.924	0.143	0.867	0.200	0.667	0.14947	12.064	998.862	0.01535	1.238	0.804	0.222	0.2349
03	0.177	0.027	0.296	1.924	0.154	0.907	0.288	0.619	0.07434	6.707	999.023	0.01510	1.362	0.850	0.252	0.2527
04	0.188	0.038	0.316	1.924	0.164	0.944	0.351	0.593	0.04744	4.692	998.944	0.01482	1.465	0.890	0.281	0.2790
05	0.198	0.048	0.334	1.924	0.174	0.979	0.408	0.571	0.03447	3.691	999.100	0.01463	1.567	0.926	0.309	0.2983
06	0.215	0.065	0.365	1.924	0.190	1.036	0.500	0.536	0.02240	2.714	998.944	0.01426	1.729	0.985	0.360	0.3366
07	0.248	0.098	0.424	1.924	0.220	1.136	0.635	0.501	0.01282	1.885	998.944	0.01375	2.022	1.085	0.460	0.4415
08	0.300	0.150	0.518	1.924	0.269	1.286	0.811	0.475	0.00722	1.376	998.944	0.0131	2.493	1.235	0.640	0.6271

Çizelge 15.B Prinos - Townsend yöntemine göre Serie 03'ün taşkın yatağı debi hesap tablosu

Derinlik	A_T	U_T	R_T	τ_T	V_T	Q_{hes}	$Q_{olç}$
01	0.006	0.761	0.008	0.362	0.256	0.0015	0.00105
02	0.012	0.773	0.016	0.411	0.320	0.0038	0.00320
03	0.021	0.788	0.027	0.502	0.392	0.0082	0.00750
04	0.029	0.804	0.036	0.584	0.446	0.0130	0.01203
05	0.037	0.818	0.045	0.670	0.496	0.0184	0.01699
06	0.051	0.842	0.061	0.824	0.579	0.0295	0.02780
07	0.078	0.889	0.088	1.093	0.705	0.0550	0.05830
08	0.124	0.962	0.129	1.513	0.875	0.1085	0.11210

Çizelge 16. 1, 2 ve 3 no'lu seriler için Prinos-Townsend yaklaşımına göre elde edilmiş ve ölçülmüş bileşik kanl debileri

Derinlik	SERC-FCF Seri 01			SERC-FCF Seri 02			SERC-FCF Seri 03		
	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]	h_A / h_T (-)	$Q_{Top(hes)}$ [m ³ /s]	$Q_{Top(ölç)}$ [m ³ /s]
No									
01	17.67	0.2246	0.2082	26.00	0.2078	0.2123	19.8	0.2040	0.2251
02	11.00	0.2550	0.2337	8.90	0.2608	0.2483	10.4	0.2296	0.2412
03	6.80	0.3184	0.2852	6.40	0.3020	0.2821	6.6	0.2684	0.2676
04	5.05	0.3970	0.3535	5.05	0.3484	0.3237	4.9	0.3070	0.3031
05	4.06	0.4948	0.4511	4.13	0.4138	0.3832	4.0	0.3458	0.3323
06	3.34	0.6354	0.6001	3.30	0.5164	0.4800	3.3	0.4190	0.3922
07	2.50	1.0382	1.0145	2.52	0.7846	0.7630	2.5	0.5700	0.5581
08	-	-	-	2.09	1.1414	1.1142	2.0	0.8570	0.8349

A large, stylized red 'X' watermark is centered on the page, spanning across the middle section. It is composed of two thick, parallel diagonal lines that intersect in the center.

EK - 2

```
CLS
DEFDBL A-H, O-Z
COLOR 14, 1
PRINT "LÜTFEN ANA YATAK VERİLERİNİ GİRİNİZ"
PRINT
COLOR 10, 0
INPUT "VİSKOSİTE (NU).....: "; NU
INPUT "ALAN.....: "; ALAN
INPUT "ÇEVRE.....: "; U
INPUT "İSLAK YARIÇAP.....: "; R
INPUT "YÜKSEKLİK (HA).....: "; HA
CLS
K=0.0001
GOTO 1
NU =1.20384E-06
ALAN=0.264
U =1.942
R =0.136
HA =0.159
1
FARK=0.0000000000000001
COLOR 11, 0
HT=HA-0.15
UA=U-2*HT
G=9.81
I=0.001027
V=0.7
V1=0:V2=5
```

```

DO
V=(V1+V2)/2
FTOP=8*G*R*I/V/V
FA1=0:FA2=0.04
DO
FA=(FA1+FA2)/2
RA=R*FA/FTOP
REA=4*V*RA/NU
SON=-2*LOG(2.51/REA/SQR(FA)+K/(14.84*8.139*FA))/LOG(10)
SON1=1/SQR(FA)
SONUC=SON-SON1
IF SONUC<0 THEN FA1=FA
IF SONUC>0 THEN FA2=FA
IF ABS(SONUC)<FARK THEN EXIT LOOP
LOOP
'PRINT USING" -#.#####";FA1;FA2:PRINT SONUC:INPUT ALI
IF HA/HT<3 THEN FGIR=FA
IF HA/HT>3 OR HA/HT=3 THEN FGIR=3*FA
SONUC=(FTOP*U-FA*UA-2*FGIR*HT)
'PRINT USING" -#.#####";V1;V2;V:PRINT SONUC:INPUT ALI
IF SONUC>0 THEN V1=V
IF SONUC<0 THEN V2=V
IF ABS(SONUC)<FARK THEN EXIT LOOP
LOOP

```

```

Q=ALAN*V
CLS
PRINT "ANA YATAK TATONMANI SONUÇLANDI LÜTFEN VERİLERİ
İNCELEYİN"
PRINT
PRINT "VERİLEN BİLGİLER"
PRINT
"=====
PRINT
PRINT "V~SKOS~TE (NU)..:":PRINT USING " #.#####^";NU
PRINT "ALAN.....:":PRINT USING " #.#####^";ALAN
PRINT "□EVRE.....:":PRINT USING " #.#####^";U
PRINT "ISLAK □AP.....:":PRINT USING " #.#####^";R
PRINT "YşKSEKL~K (HA)..:":PRINT USING " #.#####^";HA
PRINT
PRINT "ANALİZ SONUÇLARI"
PRINT
"=====
PRINT
PRINT "HIZ.....:":PRINT USING " #.#####^";V
PRINT "FA.....:":PRINT USING " #.#####^";FA
PRINT "DEB~.....:":PRINT USING " #.#####^";Q
PRINT "FTOP.....:":PRINT USING " #.#####^";FTOP
PRINT "RA.....:":PRINT USING " #.#####^";RA
PRINT "RAE.....:":PRINT USING " #.#####^";REA
PRINT "HATA PAYI.....:":PRINT USING " #.#####^";ABS(SONUC)
PRINT
INPUT "ENTER TUŞUNA BASINIZ ";ALİ$

```

```

CLS
PRINT "LÜTFEN TAŞKIN VERİLERİ GİRİNİZ"
PRINT
INPUT "CT= ";CT
INPUT "RT= ";RT
VT1=0: VT2=10
DO
VT=(VT1+VT2)/2
RET=4*VT*RT/NU
FTAB=8*G*RT*I/VT/VT
SNU2=-2*LOG(2.51/RET/SQR(FTAB)+0.0001/14.84/RT)/LOG(10)
SNU1=1/SQR(FTAB)
SONUC=SNU1-SNU2
'PRINT USING " ##.####";VT1;VT2;VT:PRINT SONUC:INPUT ALI
IF SONUC<0 THEN VT1=VT
IF SONUC>0 THEN VT2=VT
IF ABS(SONUC)<FARK THEN EXIT LOOP
LOOP

Q1=VT*CT
CLS
PRINT "TAŞKIN İÇİN TATONMAN SONUÇLANDI LÜTFEN VERİLERİ
İNCELEYİN"
PRINT
PRINT "VERİLEN BİLGİLER "
PRINT
"=====
PRINT
PRINT "CT.....: ";PRINT USING " #.#####^~";CT

```

```

PRINT "RT.....:":PRINT USING " #.#####^~";RT
PRINT
PRINT "ANALİZ SONUÇLARI"
PRINT
"=====
PRINT
PRINT "HIZ.....:":PRINT USING " #.#####^~";VT
PRINT "FTAB.....:":PRINT USING " #.#####^~";FA
PRINT "DEB~.....:":PRINT USING " #.#####^~";Q1
PRINT "RET.....:":PRINT USING " #.#####^~";RET
PRINT "HATA PAYI.....:":PRINT USING " #.#####^~";ABS(SONUC)
PRINT
PRINT "TOPLAM DEB~.....:":PRINT USING " #.#####^~";2*Q1+Q
PRINT
INPUT "ENTER TUŞUNA BASINIZ ";ALİ$
1000 STOP
END

```