

**BİTKİ ÖRTÜSÜ İÇEREN BİLEŞİK KANALLARDA KAPASİTE
TAYİNİ YAKLAŞIMLARININ MODEL DENEYLERİNE GÖRE
İRDELENMESİ**

Özgüven ALTUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2007
ANKARA**

Özgüven ALTUN tarafından hazırlanan BİTKİ ÖRTÜSÜ İÇEREN BİLEŞİK KANALLARDA KAPASİTE TAYİNİ YAKLAŞIMLARININ MODEL DENEYLERİNE GÖRE İRDELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Tülay ÖZBEK

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oybirliği /oy çokluğu ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Melih YANMAZ

Üye : Prof.Dr.İbrahim GÜRER

Üye : Prof.Dr.Tülay ÖZBEK

Tarih : 05/07/2007

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

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Özgüven ALTUN

**BİTKİ ÖRTÜSÜ İÇEREN BİLEŞİK KANALLARDA KAPASİTE
TAYİNİ YAKLAŞIMLARININ MODEL DENEYLERİNE GÖRE
İRDELENMESİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Özgüven ALTUN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2007**

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında, direnç katsayılarının hesaplanması için en yaygın olarak bilinen Mertens, Pasche ve Nuding yaklaşımları hakkında bilgi verilmiş, taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kesitlerin taşıma kapasitesi hesabına yönelik yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu çalışmada ana yatak kesit şeklinin yanı sıra, taşkın yatağı kesit şekli ve ana yatak şev eğiminin de girişim direnci ile ilişkisi araştırılmıştır. Hazırlanan hidrolik modelde, dört farklı ana yatak kesiti için deneyler yürütülmüş, elde edilen deney sonuçlarına göre Mertens, Pasche ve önerilen yaklaşım ile yapılmış hesaplar irdelenerek, en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Bilim Kodu : 911.1.125
Anahtar Kelimeler : Bileşik kesit, bitki örtülü taşkın yatağı, ana yatak, girişim, cidar kayma gerilmesi
Sayfa Adedi : 139
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Tülay ÖZBEK

**EXAMINATION OF THE CAPACITY COMPUTATION METHODS FOR
COMPOUND CHANNELS WITH VEGETATIVE FLOODPLAIN USING
MODEL EXPERIMENTS**

(M.Sc. Thesis)

Özgüven ALTUN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

July 2007

ABSTRACT

Within the scope of this thesis work, information about the well-known Mertens, Pasche, Nuding approaches for calculating shear coefficients has been given and a new approach to calculation of bearing capacity for compound channels with vegetative floodplain has been proposed. In this study, the relationship and the interaction between the shape of floodplain and the slope of main channel embankment are also investigated in addition to shape of main channel. A physical model is set up and the experiments are done for the four different shapes of main channel. By examining the experimental results and the calculations for Mertens, Pasche approaches along with the proposed approach, the most appropriate method have been tried to be determined.

Science Code : 911.1.125

**Key Words : Compound channel, vegetative floodplain, main channel,
interaction, boundary shear stress**

Page Number: 139

Adviser : Prof. Dr. Tülay ÖZBEK

TEŞEKKÜR

Bu tez konusunun belirlenmesinde, tez çalışmasının kaynak toplama noktasından itibaren, son teslim zamanına gelinceye kadar geçen her aşamasında beni sürekli destekleyen, bilgi ve deneyimleri ile bana daima yardımcı olan değerli danışmanım Prof. Dr. Tülay ÖZBEK'e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım sırasında yapıcı eleştirileri ve yönlendirmelerini esirgemeyen Dr. Çağlar ÖZCAN 'a teşekkür ederim.

Çalışmanın bu noktaya ulaşmasında bana manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme, bana her türlü desteği sağlayan Berna ALTUN ve Günhan YAZAR 'a en içten sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. AÇIK KANALLARDA DEBİ HESAPLARI.....	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Kompak Kesitli Kanallar	4
2.2.1. Pürüzlülük içermeyen kompak kesitler.....	4
2.2.2. Pürüzlülük içerikli kompak kesitler.....	9
2.3. Bileşik Kesitli Kanallar	11
2.3.1. Pürüzlülük içerikli bileşik kesitler.....	11
2.3.2. Geometrik içerikli bileşik kesitler.....	12
2.3.3. Bileşik kesitlerde debi hesap yöntemleri.....	12
3. BİTKİ ÖRTÜLÜ BİLEŞİK KESİTLERDE DEBİ KAPASİTESİ TAYİNİ VE KAPASİTE TAYİNİ YAKLAŞIMLARI.....	16
3.1. Bitki Örtüsünün Akım Hesabına Etkisi	16
3.2. Bitki Örtüsü Tanımlaması	16

Sayfa

3.3. Geometrik İçerikli Bileşik Kesitlerde Ayırılmalı Momentum Transfer Mekanizması.....	20
3.4. Bitki Örtülü Bileşik Kesitlerde Momentum Transfer Mekanizması	22
3.5. Mertens Yaklaşımı	26
3.5.1. Mertens yaklaşımına göre hesap sırası.....	29
3.6. Pasche Yaklaşımı	33
3.6.1. Pasche yaklaşımına göre hesap sırası.....	35
3.7. Nuding Yaklaşımı	41
4. ÇALIŞMADA YARARLANILAN HİDROLİK MODEL	43
4.1. Modelin Fiziksel Özellikleri	43
4.2. Model Ölçüm Teknikleri.....	47
4.3. Cidar Direncinin Belirlenmesi	48
4.4. Girişim Karakteristiklerinin Belirlenmesi.....	50
5. BU ÇALIŞMADA ÖNERİLEN YAKLAŞIM	56
5.1. Giriş.....	56
5.2. Bu Çalışmada Önerilen Yaklaşımındaki Parametrelerin Belirlenmesi.....	56
6. BİTKİ ÖRTÜLÜ BİLEŞİK KESİTLERDE KAPASİTE TAYİNİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ	68
6.1. Giriş.....	68
6.2. Mertens Yaklaşımının İrdelenmesi	68
6.3. Pasche Yaklaşımının İrdelenmesi	77
6.4. Bu Çalışmada Önerilen Yaklaşımın İrdelenmesi.....	85
6. SONUÇ	94
KAYNAKLAR	96

Sayfa

EKLER.....	99
EK-1. Model deneylerinden elde edilen veriler	100
EK-2. Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı.....	114
EK-3. Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı.....	121
EK-4. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı	139
ÖZGEÇMİŞ	139

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı kanal cidarlarında Strickler katsayısı (k_{st}) ve kumul pürüzlülüğü(k) değerleri.....	6
Çizelge 3.1. Ayırım alanında girişim pürüzlülüklerinin hesap sıralaması	29
Çizelge 3.2. Bitki örtüsü kanaladaki ortalama hızın ve debinin hesaplama sırası	31
Çizelge 3.3. Bitki örtüsü bölgesinde akım büyüklüklerinin hesaplama sırası	36
Çizelge 3.4. Pasche yaklaşımına göre ayırım alanı pürüzlülüğünün hesaplama sırası	39
Çizelge 3.5. Ana yataktaki direnç katsayıların (tabanda) hesap sırası	40
Çizelge 4.1. Araştırma programı seri ve aşamaları.....	45
Çizelge 4.2. Cidar direnci eşitliklerinin regresyon ile belirlenen katsayıları.....	49
Çizelge 5.1. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	57
Çizelge 5.2. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	57
Çizelge 5.3. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	58
Çizelge 5.4. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	58
Çizelge 5.5. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	60
Çizelge 5.6. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	60
Çizelge 5.7. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	61
Çizelge 5.8. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	61

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.9. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	62
Çizelge 5.10. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	62
Çizelge 5.11. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	63
Çizelge 5.12. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	63
Çizelge 5.13. Model deney serilerinden elde edilen veriler.....	64
Çizelge 5.14. Model deney serilerinden ve hesaplardan elde edilen veriler.....	66
Çizelge 6.1. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	70
Çizelge 6.2. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	71
Çizelge 6.3. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	72
Çizelge 6.4. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	73
Çizelge 6.5. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları	74
Çizelge 6.6. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları	75
Çizelge 6.7. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	78
Çizelge 6.8. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	79
Çizelge 6.9. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	80
Çizelge 6.10. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	81
Çizelge 6.11. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.12. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları	83
Çizelge 6.13. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1 olması durumu).....	86
Çizelge 6.14. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu).....	87
Çizelge 6.15. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:2 olması durumu).....	88
Çizelge 6.16. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri (1:m=1:0 olması durumu).....	89
Çizelge 6.17. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları	90
Çizelge 6.18. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları	91

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Pürüzlülük içerikli kompakt kesitler	10
Şekil 2.2. Kesit ayırımı	11
Şekil 2.3. Geometrik içerikli bileşik kanal kesiti	12
Şekil 2.4. Bileşik kanal kesitinin fiktif ayırım alanları ile ana yatak ve taşkın yatağına ayrılması.....	14
Şekil 2.5. Etkileşimin mevcut olması ve olmaması durumunda anahtar eğrileri.....	14
Şekil 3.1. Bitki örtüsünün geometrik gösterimi	18
Şekil 3.2. Bitki örtüsü etki uzunluğu ve genişliği	20
Şekil 3.3. Ana yatak ve taşkın yatağı taban cidarlarında ve girişim yüzeylerinde oluşan kuvvetler	21
Şekil 3.4. Taşkın yatağı içeren bileşik kesitlerde momentum transfer mekanizması	23
Şekil 3.5. Ana yatak ile taşkın yatağı arası girişim bölgesi parametreleri	24
Şekil 3.6. Pasche, Bertram (Mertens) ve Nuding yaklaşımlarına göre pürüzlülük içerikli kanallarda girişim bölgesinde kayma gerilmesi dağılımları ve yatay hız dağılımı.....	26
Şekil 3.7. Kesitin alt kesimlere ayrılması	28
Şekil 4.1. Araştırma kanalının geometrik özellikleri	44
Şekil 4.2. Modeldeki silindirik çubukların geometrisi.....	45
Şekil 4.3. 1:m=1:1 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı	52
Şekil 4.4. 1:m=1:1,5 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı	53
Şekil 4.5. 1:m=1:2 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı	54
Şekil 4.6. 1:m=1:0 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı	55
Şekil 5.1. Araştırma kanalı yarı kesiti	59

Şekil	Sayfa
Şekil 5.2. $(b_{II} / h_{gir}).f_T$ değerlerinin c_{gir} değerleriyle olan ilişkisi	65
Şekil 5.3. k_{gir} hesap ve k_{gir} deney değerlerinin birbiriyle olan ilişkisi	67
Şekil 6.1. Ana yatak deney debilerinin Mertens yaklaşımı ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması.....	76
Şekil 6.2. Ana yatak deney girişim dirençlerinin Mertens yaklaşımı ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması.....	76
Şekil 6.3. Ana yatak deney debilerinin Pasche yaklaşımı ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması.....	84
Şekil 6.4. Ana yatak deney girişim dirençlerinin Pasche yaklaşımı ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması	84
Şekil 6.5. Ana yatak deney debilerinin bu çalışmada önerilen yaklaşım ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması... ..	92
Şekil 6.6. Ana yatak deney girişim dirençlerinin bu çalışmada önerilen yaklaşım ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması	92
Şekil 6.7. Ana yatak deney debilerinin hesaplanan debier ile karşılaştırılması	93
Şekil 6.8. Ana yatak deney girişim dirençlerinin hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması	93

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Farklı ana yatak şev eğimlerinde kanalın görünümü	46

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Kesit ıslak alanı, m^2
A_P	Bitki gövdesinin su içindeki projeksiyon alanı, m^2
a_x	Akım doğrultusunda bitki elemanları arası mesafe, m
a_y	Akıma dik doğrultuda bitki elemanları arası mesafe, m
b, B	Kesit genişliği, m
b_o	Kesit taban genişliği, m
b_m	Etkili bitki örtüsü genişliği, m
c_{WR}	Bitki örtüsü şekil direnç katsayısı
d_P	Bitki gövdesi çapı, m
E	Özgül enerji, m
f	Darcy-Weisbach direnç katsayısı
Fr	Froude sayısı
g	Yerçekimi ivmesi, m/s^2
h	Kesitte akım derinliği, m
h_P	Bitki gövdesinin su içindeki yüksekliği, m
I_o	Kanal taban eğimi
I_E	Enerji çizgisi eğimi
I_w	Su yüzü profil eğimi
k	Kumul pürüzlülüğü, m
m	Ana yatak şev eğimi
Q	Debi, m^3/s
R	Kesitin hidrolik yarıçapı, m
Re	Reynolds sayısı
ŞF	Kesit şekil faktörü (katsayısı)
T	Suyun sıcaklığı, °C

Simgeler	Açıklama
U	Kesitin ıslak çevresi, m
v	Kesitte ortalama akım hızı, m/s.
v*	Sürüklenme hızı, m/s
y	Akıma dik yöndeki apsis ekseni, m
z	Akıma dik doğrultudaki ordinat ekseni, m
τ	Ortalama kayma gerilmesi, N/m ²
ν	Suyunu kinematik viskozitesi, m ² /s
χ	von-Kármán sabiti ($\chi=0,4$)
ρ	Suyun yoğunluğu, kg/m ³
ω_p	Bitki örtüsü yoğunluğu
II	II. Bölgeye ait değer
III	III. Bölgeye ait değer
A	Ana yatağa ait değer
bitki	Bitki örtüsü direncine ait değer
gir	Ayırım alanında girişime ait değer
i	Ana yatakta kısmi kesite ait değer
ideal	Girişimin etkisinde olmayan ideal şartlara ait değer
o	Cidara ait değer
o,A	Ana yatakta cidara ait değer
o,T	Taşkın yatağında cidara ait değer
T	Taşkın yatağında ait değer
xy	xy düzlemine ait değer

Kısaltmalar	Açıklama
DSİ	Devlet Su İşleri
TAKK	Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol
DVWK	Alman Su Kaynakları ve Yapıları Birliği (Deutscher Verein für Wasser und Kulturbau)

Kısaltmalar**Açıklama****DFG**

Alman Araştırma Ortaklığı
(Deutsche Forschung Gemeinschaft)

1.GİRİŞ

Doğa farklı amaçlar için dengesini bozmaya çalışan insanoğluna tepkisini hep acı şekillerde göstermiştir. Bu tepkilerin başında ise akarsu ve kanal taşkınları gelmektedir. İnsan her ne kadar kendi çıkarı için akarsuya müdahale etse de zamanı geldiğinde akarsu tarafından cezalandırılması kaçınılmaz olmaktadır. Bu yüzden daha sonra beklenmeyen bir durumla karşılaşmamak için akarsuyun güzergahına veya geometrisine dışardan etkide bulunmadan önce birçok ön tasarımın ve hesapların yapılması gereklidir. Taşkın kontrolünü sağlayabilmek için yapılacak olan projelerde bir akarsuyun ana yatağındaki, taşkın yatağındaki ve şevlerindeki debiler büyük önem kazanmaktadır. Bu yüzden debiyi etkileyen her faktör ayrı ayrı incelenmeli, ona göre hesaplar ve yorumlar yapılmalıdır. Bu amaçla bitki örtüsünün, taban direncinin, pürüzlülüğün, üniform olmayan çevrintili akımların, kısacası akıma rahatsızlık veren her türlü engelin debi üzerinde etkilerinin incelenmesi gereklidir.

Doğal yataklı akarsular taşkın esnasında genellikle kesit geometrileri değişen, bir veya iki tarafında taşkın yatakları bulunduran, taban ve şev pürüzlülükleri farklı olan bileşik kesitlere sahiptirler. Akarsu en kesitinin bu karmaşık yapısı araştırmacıların ilgisini çekmiş ve günümüze kadar akarsu yatağının geometrisinin ve akım direncinin bileşik kanal taşıma kapasitesi üzerindeki etkileri üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmalar üç önemli noktada odaklanmıştır. Bunlar bitki örtüsünün normal ve taşkın durumunda akıma olan etkisi, ana yatak ile taşkın yatağı arasındaki girişim, ve bu girişimin hesap metotlarının geçerliliği şeklinde ifade edilebilir [Özcan, 2007].

Düzgün kesite sahip olmayan, taşkın yatağında bitki örtüsü içeren menderesli yatakların akım hidroliğinin, düzgün kesite sahip doğrusal yatakların hidroliğine nazaran oldukça büyük farklılık göstereceği bir gerçektir. Doğal akarsu yatağının kesit şeklinin düzensiz olması, cidardaki pürüzlülüğün heterojen yapıda olması veya bitki örtüsü içermesi akım içerisindeki yapıyı daha da karmaşık hale getirdiğinden, bu konudaki araştırmalar iki boyutlu modellemelere yönelmiştir [Helmiö, 2002]. Doğal yataklı akarsularda kıyı şevleri, eğimi, yatak genişlikleri ve eğrilikleri

değişken bir yapıya sahiptir. Ayrıca bitki örtülü şevlerin düzensiz olması ve kısmen bitki örtüsü içerikli farklı yapıya sahip taşkın yatakları gibi durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu düzensizlikler de yataktaki akım üzerinde büyük etkiye sahiptir. Akım üzerindeki bu etkileri belirleyebilmek için birçok çalışma yapılmıştır. Ancak bu tez kapsamında taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kanallar göz önüne alınacak ve buna ait yaklaşımlar üzerinde durulacaktır.

Yapılan ilk araştırmalar bileşik kesitli kanallarda ana yataktaki yüksek hız ile taşkın yatağındaki düşük hızların var olmasından ötürü bu iki yatak arasında momentum transfer eden bir sistemi yarattığını göstermiştir [Sellin, 1964], [Zheleznyakov, 1966]. Ana yataktan taşkın yataklarına doğru uzanan momentum akışından dolayı ana yatağın hız ve debi değişkenlerinin değerleri azalırken, taşkın yatağının hız ve debi değerleri artmaktadır. Buradaki diğer hidrolik olaylar ise girişim bölgesinde düzgün akım çizgilerini bozan akım doğrultusundaki ikincil akımlar ve taban pürüzlülüğüne bağlı kayma gerilmeleridir [Knight ve Shiono, 1990].

Myers (1978), Knight ve Demetriu (1983), Baird ve Ervine (1984) gibi araştırmacılar ise, ana yatak ile taşkın yatağı arasındaki düşey girişim alanında oluşan sanal kayma gerilmelerinin kanal tabanında var olan cidar kayma gerilmelerinden daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmalarda, çeşitli geometrik şekiller ile değişik pürüzlülük değerleri kullanılmış, sonuçta sanal kayma kuvvetleri ve gerilmeleri için amprik ifadeler sunmuşlardır.

Sonraları yapılan çalışmalarda bileşik kanallarda taşıma kapasitesi, bileşik kanalın her biri hidrolik açıdan homojen kabul edilen alt kesitlere ayrılmasıyla, her bir alt kesitin taşıdığı debinin Chezy, Manning veya Darcy-Weisbach akım formülleri ile ayrı ayrı hesaplanması yoluyla bulunmaktadır (Wormleaton ve Hadjipanous, 1985). Burada girişim alanının nerede oluştuğu önem kazanmaktadır. Yatay ya da diagonal girişim düzlemlerinde genellikle sıfır kayma gerilmesi kabulü yapılmakta ve girişim düzlemi ıslak alana dahil edilmemektedir. Düşey girişim düzleminde ise, ana yatakta bulunan debi taşkın yatağındaki düşük hızdan dolayı oluşan direnç kuvvetlerinden etkilendiğinden, girişim yüzeyindeki fiktif kayma gerilmesi göz önüne alınmıştır.

Düşey ve fiktif ayırım duvarının kayma gerilmesinin hesaplanması, ayırım duvarı pürüzlülüğü (k_{gir}) ya da ayırım direnç katsayısı (f_{gir}) yoluyla yapılması yaklaşımı hesaplamalarda önemli kolaylık sağlamıştır. Burada ana yatak tabanındaki pürüzlülüğe eşdeğer pürüzlülük alınması ve ayırım yüksekliğinin ıslak çevreye dahil edilmesi tavsiye edilmektedir [Könemann, 1981].

Bu tez çalışması kapsamında, direnç katsayılarının hesaplanması için literatürde en yaygın olarak bilinen Mertens, Pasche ve Nuding yaklaşımları hakkında bilgi verilmiş, taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kesitlerin taşıma hesabına yönelik yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Mertens, Pasche ve önerilen yaklaşım ile yapılmış hesaplar irdelenerek, en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için de “Doğal Yataklı Bileşik Kanallarda Tek Boyutlu Model İle Hidrolik Hesaplar” [Özcan, 2007] konulu doktora tezi çalışmasındaki veriler kullanılmıştır.

2. AÇIK KANALLARDA DEBİ HESAPLARI

2.1. Giriş

Açık kanallarda debi hesabı, kanal kesitinin geometrik ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklılıklar gösterir. Kanal en kesitinin taşkın yatağı içermesi, taşkın yataklarının ve kanal şevlerinin tabandan farklı pürüzlülükte olması veya bitki örtüsü içermesi, gibi birçok özellik yanında kanal tabanın hareketli olması yani taban şekillerinin oluşması açık kanallarda debi hesabına etki eden hidrolik özelliklerdir. *Açık kanallar, kompakt kesitli ve bileşik kesitli kanallar olmak üzere iki kısımda incelenir.*

2.2. Kompakt Kesitli Kanallar

Yanında taşkın yatağı bulundurmeyen doğal veya yapay kesitlere kompakt kesit adı verilmektedir. Pürüzlülük özellikleri açısından kompakt kesitler, pürüzlülük içermeyen kompakt kesitler ve pürüzlülük içerikli kompakt kesitler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birinci durum pürüzlülüğün kesit boyunca sabit olduğu durum, ikinci durum ise pürüzlülüğün ıslak çevre boyunca değişiklikler gösterdiği durumdur [Özbek ve Özcan, 2001].

2.2.1. Pürüzlülük içermeyen kompakt kesitler

Pürüzlülüğün kanal ıslak çevresi boyunca sabit olduğu kanal tipi olup doğal kesit olarak nadiren karşılaşılan bir durumdur. Pürüzlülüğün tüm ıslak çevre boyunca sabit kaldığı kompakt kesitlere örnek olarak sulama kanalları verilebilir. Bu kanallarda debi hesabı Manning-Strickler, Darcy-Weisbach, Chezy ve Ünlversal eşitlik gibi sıkça kullanılan eşitlikler ile yapılmaktadır [Özbek ve Özcan, 2001].

Manning-Strickler eşitliği

Manning-Strickler olarak bilinen eşitlik,

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

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. “ n ” değerinin boyutu $[s/m^{1/3}]$ şeklindedir. Strickler Katsayısı $k_{st} = 1/n$ olup akarsular için aşağıdaki bağıntıdan bulunabileceği gibi Çizelge 2.1 den de alınabilir.

$$k_{st} = \frac{26}{D_{90}^{1/6}} \quad (2.2)$$

Manning-Strickler katsayısının sürtünmeyi ifade eden pürüzlülük katsayısı ayrıca hidrolik yarıçap ve akım derinliğini içine aldığından, direnç kuvveti ifadesinde bir takım hatalar oluşabilmektedir [Özbek ve Özcan, 2001].

Chezy eşitliği

İlk olarak geliştirilen üniform akım formülü olan Chezy Eşitliği, katı madde taşınımı bulunan açık kanal akımlarında kullanılmaktadır. Chezy eşitliğine göre açık kanallardaki ortalama hız,

$$v = C \sqrt{RI} \quad (2.3)$$

ile formüle edilmektedir. Bu eşitlikte “ C ” katsayısı da $[m^{1/2}s^{-1}]$ boyutlu bir büyüklüktür [Özbek ve Özcan, 2001].

Çizelge 2.1. Farklı kanal cidarlarında Strickler katsayısı (k_{st}) ve kumul pürüzlülüğü (k) değerleri [Bollrich ve Preissler, 1992]

Kanal cidarının özelliği		k_{st} ($m^{1/3}/s$)	k (mm)
DÜZGÜN	Cam, cilalanmış metal yüzeyli		0-0.003
	Plastik (PVC PE)		0.05
	Düzgün koruyucu sathı olan sac levha		0.03-0.06
	Pürüzü giderilmiş çimento harcı		
ORTA DERECEDE PÜRÜZLÜ	Asfaltlı sac levha	90-100	0.1-0.3
	Vakumlu çelik kalıplı beton, derzsiz, özenle pürüzü giderilmiş	90-100	0.1-0.3
	Bileşim yeri olmayan, yüzeyi pürüzsüz ahşap	90-100	0.1-0.3
	Yeni asbest	90-100	0.1-0.3
	Yüzeyi düzeltilmiş beton, ince sıva	85-90	0.4
	Özenle derzlendirilmiş rendelenmiş ahşap	85-90	0.6
	Düzgün kalıplı çimento ihtivası fazla olan beton	80	0.8
PÜRÜZLÜ	Düzeltilmemiş ahşap, beton borular	75	1.5
	Düzgün derzlendirilmiş klinker	70-75	1.5-2.0
	Düzgün yapılmış taş duvar	70-75	1.5-2.0
	Derzsiz ahşap kalıplı beton	70-75	1.5-2.0
	Asfalt kaplama	70	2.0
	Düzgün yapılmış dolgu duvar	65-70	3.0
	Orta pürüzlü çelik borular	65-70	3.0
	Ahşap kalıplı sıvasız beton	65-70	3.0
	Pürüzlülüğü giderilmiş taş	65-70	3.0

Darcy-Weisbach eşitliği

Herhangi bir kesit şekline sahip kompakt kesitli akımlarda, akımın ortalama hızı (v), Darcy-Weisbach eşitliğine göre:

$$v = \frac{1}{\sqrt{f}} \cdot \sqrt{8g \cdot R \cdot I_E} \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada I_E enerji çizgisi eğimi, R kesitin hidrolik yarıçapı ve f Darcy-Weisbach direnç katsayısı (cidar direnç katsayısı) olup, bu katsayı açık kanal akımları için akım Reynolds sayısı (Re) ve kesit şekil faktörünü (ŞF) de göz önüne alan Prandtl/Colebrook ifadesinden belirlenmektedir. Hidrolik cilalı akım için;

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,03 \log \left(\frac{\text{ŞF} \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{f}}{2,51} \right) = 2,03 \log \left(\frac{\frac{4 \cdot \sqrt{8}}{2,51} \cdot \text{ŞF} \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot I_E}}{v} \right) \quad (2.5)$$

hidrolik pürüzlü akım için;

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,03 \log \left(\frac{3,71 \cdot 4 \cdot \text{ŞF} \cdot R}{k} \right) \quad (2.6)$$

ve geçiş bölgesi durumu için:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,03 \log \left(\frac{2,51}{\text{ŞF} \cdot \text{Re} \cdot \sqrt{f}} + \frac{k}{4 \cdot 3,71 \cdot \text{ŞF} \cdot R} \right) \quad (2.7)$$

şeklinde tanımlanmaktadır [Özcan, 2007]. Eş. 2.5, Eş. 2.6 ve Eş. 2.7'deki 2,51 ve 3,71 katsayıları dairesel kesitli akım için tanımlanan Nikuradse katsayılarıdır.

Eşitliklerdeki Reynolds sayısı:

$$Re = \frac{4 \cdot R \cdot v}{\nu} \quad (2.8)$$

şeklinde tanımlanır.

Bu eşitliklerde ν kinematik vizkositedir. ŞF kesit şekil faktörü olup, dairesel kesite sahip basınçlı akımlar için kesit şekil faktörü (ŞF) bire eşittir. Dairesel kesitlerden farklı kesitler için şekil faktörü kanal genişliği ve akım derinliğine bağlı olarak hesaplanır. k ise yatak cidarının kumul pürüzlülüğüdür. Darcy-Weisbach eşitliğinin tercih nedeni, bitki örtüsünün gösterdiği direnç kuvvetinin ve ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki girişimden kaynaklanan kayma gerilmelerinin fiziksel nedenlere dayanarak bulunan ve boyut içermeyen direnç katsayıları (f) yoluyla ifade edilmeleridir. Eş. 2.1 ve

$$f = f(Re, \text{kesit şekli}, \text{pürüzlülük})$$

ifadesi ile birlikte akım karakteristikleri yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir [Özcan, 2007].

Kesit şekil faktörü

Kesit şekil faktörü (ŞF), cidar direncinin Eş. 2.5, Eş. 2.6 ve Eş. 2.7'den hesaplanmasında, cidar direncinin kesitin dairesel kesitten sapma etkisini gösteren ifadedir [Bock, 1966].

Dikdörtgen kesitli bir kanal için genişlik/derinlik oranının etki aralığı $0,05 < h/b < 0,62$ için kesit şekil faktörü aşağıdaki bağıntı ile tarif edilebilir [Özbek ve Özcan, 2001].

$$\text{ŞF} = \left(1,629 \frac{h}{b} \cdot \frac{1}{1 + 2 \frac{h}{b}} \right)^{0,25} \quad (2.9)$$

Burada h akım derinliği, b taban genişliğidir. Geniş kanallar için ($h/b \leq 0,05$) bu değer sabit olarak $\text{ŞF}=0,52$ düşünebilir. Dar genişlikler için ($h/b \geq 0,62$) $\text{ŞF}=0,82$ alınabilir [Özbek ve Özcan, 2001].

Trapez kesitler için b_o ile kesitin taban genişliği ifade edilerek, $h/b_o < 1$ için aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir :

$$\text{ŞF} = 1,130 \cdot \left(\frac{R}{b_o} \right)^{0,25} \quad (2.10)$$

Trapez kesitler için verilmiş olan Eş. 2.10'da taban genişliğinin (b_o) sıfıra yaklaşmasının (trapez kesitin üçgen kesite geçişi) kesit şekil katsayısı için anlamlı değerleri vermediği saptanmıştır. Yapılan araştırmalarda üçgen kesit durumu için $\text{ŞF}=0,90$ olduğu ortaya çıkmıştır [Özbek ve Özcan, 2001].

2.2.2. Pürüzlülük içerikli kompak kesitler

Kompak kesitlerin bir diğer şekli ise, pürüzlülüğün ıslak çevre boyunca farklılık gösterdiği kesitlerdir. Bunlara örnek olarak da, doğada düzenlenmiş veya düzenlenmemiş olan, yanında taşkın yatağı bulundurmeyen akarsu kesitleri verilebilir. Bu tür kesitlerde ıslak alanın kısmi alanlardan oluştuğu varsayıp, Einstein-Horton yaklaşımı ile hesap yapmak uygun olacaktır [Schröder, 1989].

Einstein-Horton yaklaşımı

Islak çevresi boyunca farklı pürüzlülük değerlerine sahip kompak kesitlerde bu yaklaşım kullanılmaktadır. Kesitin Şekil 2.1'de görüldüğü üzere kısmi kesitlere ayrılması gerekmektedir. Bu ayırımında izlenen yol kayma gerilmelerine sahip olmayan ayırım hatlarının geçirilmesidir. Bu yaklaşım ayırım hatlarının ıslak çevreye dahil edilmemesi hususunu da beraberinde getirir. Einstein-Horton yaklaşımında kompak kesitin tüm kısmi alanlarında aynı hızın oluştuğu kabul edilmektedir.

Darcy-Weisbach eşitliği kısmi alanlara uygulandığında aşağıdaki eşitlik yazılabilir [Özbek ve Özcan, 2001]:

$$v_i = \frac{\sqrt{8g}}{f_i} \sqrt{R_i I} \quad (2.11)$$

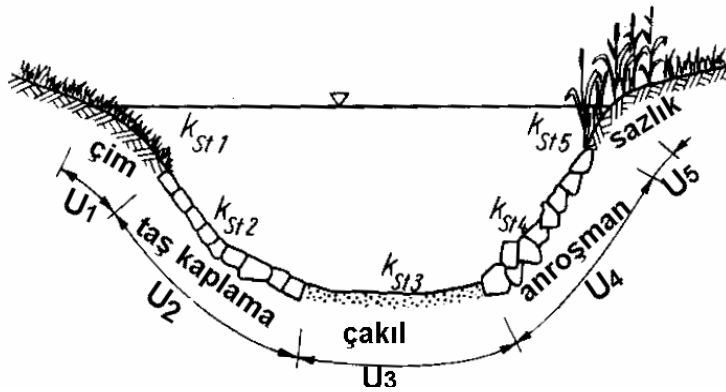
Eş.2.1 ve Eş.2.11'den yararlanarak $v_i / v = 1$ alındığında aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$\frac{R}{R_i} = \frac{f}{f_i} \quad (2.12)$$

Eş.2.12 de hidrolik yarıçap yerine $R = A/U$ alındığında ve düzenlendikten sonra Eş. 2.13 ile ifade edilen Einstein-Horton bağıntısı Darcy-Weisbach eşitliği için ifade edilmiş olur [Özbek ve Özcan, 2001].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = \left[\frac{U}{\sum f_i U_i} \right]^{1/2} \quad (2.13)$$

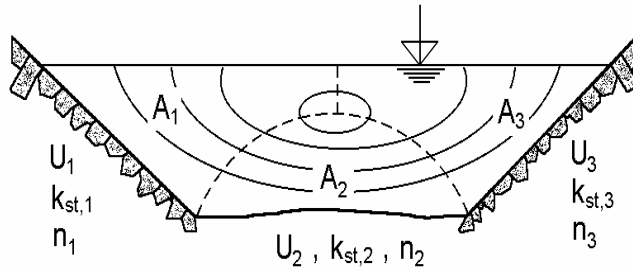
Darcy-Weisbach eşitliğinin kullanılmasında ortaya çıkan sorun “ f_i ” değerinin bulunmasında “ R_i ” değerinin tahminini gerektirmesi ve bu nedenle iterasyonu beraberinde getirmesidir. Ancak “ f_i ” direnç katsayısının boyutsuz olmasının daha sağlıklı sonuçlar verdiği unutulmamalıdır [Özbek ve Özcan, 2001].



Şekil 2.1 Pürüzlülük içerikli kompakt kesitler [Özbek ve Özcan, 2001]

Darcy-Weisbach eşitliği yerine Manning-Strickler eşitliğinin kullanılması durumunda ise Einstein-Horton yaklaşımı ile $v = v_i$ alınarak kesiti karakterize eden “n” Manning pürüzlülük değeri için 2.14 numaralı bağıntı elde edilir. Bu eşitliğin kullanılması halinde iterasyona gerek yoktur. Ancak “n” boyutlu bir büyüklük olduğu için hesaplarda bir miktar hata payı söz konusu olmaktadır [Özbek ve Özcan, 2001].

$$n = \frac{\left(\sum n_i^{3/2} \cdot U_i \right)^{2/3}}{U^{2/3}} \quad (2.14)$$



Şekil 2.2. Kesit ayırımı [Özbek ve Özcan, 2001]

2.3. Bileşik Kesitli Kanallar

Derin bir ana yatak ve ana yatağa göre daha sığ, ana yatağın bir veya iki tarafında yer alan taşkın yataklarından oluşan kesitlerdir. *Bileşik kesitler* : *pürüzlülük içerikli bileşik kesitler* ve *geometrik içerikli bileşik kesitler* olmak üzere ikiye ayrılır [Özbek ve Özcan, 2001].

2.3.1. Pürüzlülük içerikli bileşik kesitler

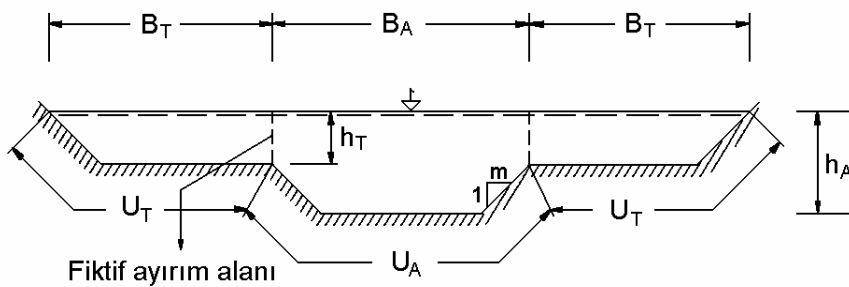
Pürüzlülük içerikli bileşik kesitler, taşkın yatağında ve ana yatakta pürüzlülüğün farklı olduğu kesitlerdir. Taşkın yatağındaki ve ana yataktaki pürüzlülük iki nedenden dolayı farklılık gösterebilir. Bunlardan birincisi, kesit düzenlemesi esnasında ana yatak ve taşkın yatağı tabanındaki sürtünme kuvvetinin farklı olması nedeniyle buralarda taşınan sedimentin, dane çapının farklı olmasına bağlı olarak ana yatak ve taşkın yatağında farklı pürüzlülüklerin oluşmasıdır. Bu kesitlerde söz

konusu girişim nedeniyle Manning-Strickler eşitliğinin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermemekte ve Darcy-Weisbach eşitliği ile çalışılmaktadır [Bretschneider ve Özbek, 1997].

Ana yatak ve taşkın yatağındaki pürüzlülüğün farklı olmasının bir diğer nedenide ana yatağın bir veya iki tarafında birden oluşabilecek taşkın yatağının bitki örtüsü içermesidir. Burada özellikle taşkın zamanında, debiyi azaltıcı anlamda bir girişim söz konusu olmaktadır. Bu da kesiti karakterize eden “f” direnç katsayısında bir artışı beraberinde getirmektedir.

2.3.2. Geometrik içerikli bileşik kesitler

Pürüzlülüğün sabit olduğu geometrik içerikli bileşik kesitler doğada karşılaşılan bir durum değildir (Şekil 2.3). Geometrik içerikli bileşik kesitlerde anayatak ve taşkın yatağı farklı ortalama hızlara sahiptirler. Bu hız farkından dolayı iki kesit arasında momentum transferi ve buna bağlı olarak girişim bölgesi oluşur. Debi hesaplarında oluşan bu girişim alanını göz önüne alan yöntemler kullanılır [Özbek ve Özcan, 2001].



Şekil 2.3. Geometrik içerikli bileşik kanal kesiti [Özbek ve Özcan, 2001]

2.3.3. Bileşik kesitlerde debi hesap yöntemleri

Genel anlamda taşkın yatağı bitki örtüsü içermeyen bir akarsu yatağındaki debinin hesabında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. *Bu yöntemler: ayırık kanal yöntemi, girişim alanları yöntemi ve Alan metodu olarak sınıflandırılmaktadırlar.*

Ayrık kanal yöntemi

Bu yöntemde, ana yatak ve taşkın yatağı taşıma kapasitesi ayrı ayrı hesaplanmakta ve ana yatak ile taşkın yatağı arasındaki girişimin etkisi göz önüne alınmamaktadır. Ayırımın anayataktaki akım hızlarını azaltması etkisi ihmal edildiğinden dolayı bileşik kanallar bu yöntemle projelendirildiğinde gerçek değerinden daha fazla taşıma kapasitesi değerleri bulunmaktadır [Prinos ve Townsend, 1984].

Girişim alanları yöntemi

Bileşik kesitlerde, ana yatak ve taşkın yataklarında birbirlerinden farklı hızlar oluşmaktadır. Bu kesitler arasında hız farkından dolayı kütle ve impuls değişimi oluşmakta ve girişim alanı olarak tabir edilen temas bölgesinde çevrintiler görülmektedir.

Bileşik kesitlerde doğru bir debi hesabı için kısmi alanlarda debi hesaplanmalı ve girişim alanında oluşan sanal kayma gerilmesi ve pürüzlülük değeri de göz önüne alınmalıdır.

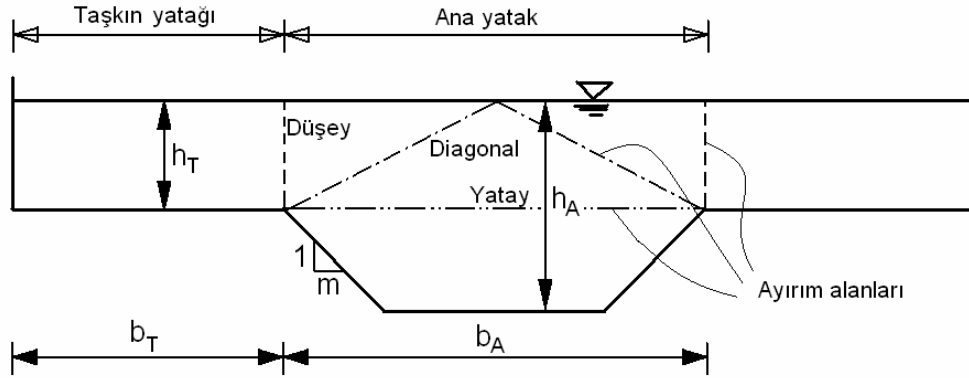
Girişim alanları yönteminde, bileşik kesit hidrolik açıdan homojen alt kesitlere ayrılır. Şekil 2.4’de geometrik içerikli bileşik kanal kesiti ve *düşey, yatay, diyagonal ayırım yüzeyleri* görülmektedir.

Bu hesap yöntemlerinde taşkın yatağında girişimin getirdiği pozitif etki emniyetli tarafta kaldığı için dikkate alınmamaktadır.

Buna göre toplam debi tüm alt kesitlerdeki debinin toplamı olarak bulunur.

$$Q = \sum Q_i \quad (2.15)$$

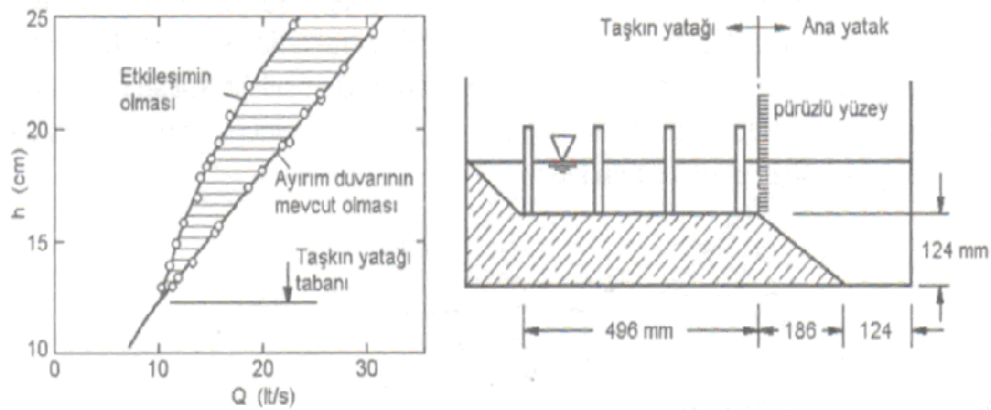
$$Q_i = v_i \cdot A_i \quad (2.16)$$



Şekil 2.4. Bileşik kanal kesitinin sanal ayırım alanları ile ana yatak ve taşkın yatağına ayrılması [Özcan, 2007]

Alt kesitlerdeki kısmi debilerin hesabında Darcy-Weisbach veya Manning-Strickler eşitlikleri kullanılabilir. Düşey girişim yüzeyinde oluşan sanal kayma gerilmesi, düşük taşkın derinliklerinde ana yatak taban cıdarında oluşan kayma gerilmelerinden daha fazla olduğundan v_i yönteminde girişim yüzeyinde sanal pürüzlülük değeri alınarak hesaba katılmalıdır.

Şekil 2.5’de görüldüğü üzere Evers ve Pasche tarafından ana yatak ve taşkın yatağı arasında ayırım duvarlı ve duvarsız olmak üzere araştırmalar yapılmıştır. Araştırmacılar, diğer parametrelerin aynı kalması durumunda çok pürüzlü bir yüzeye sahip bir ayırım duvarı seçilmesine rağmen ayırım duvarsız duruma göre debinin daha büyük olduğunu göstermiştir [Özbek ve Özcan, 2001].



Şekil 2.5. Etkileşimin mevcut olması ve olmaması durumunda anahtar eğrileri [Evers ve Pasche, 1983]

Alan metodu

Genel olarak simetrik bileşik kanallar için geliştirilmiş olan bu yöntemde ana kanal ile taşkın yatağının birbirinden eğri şeklindeki bir ayırım yüzeyi ile ayrıldığı kabul edilmiştir. Bu metotta da ayırık kanal yönteminde olduğu gibi ayırım yüzeyinde kayma gerilmesi sıfırdır. Bundan dolayı ayırım yüzeyi ana kanalın ıslak çevresi bulunurken hesaba katılmaz.

3. BİTKİ ÖRTÜLÜ BİLEŞİK KESİTLERDE DEBİ KAPASİTESİ TAYİNİ VE KAPASİTE TAYİNİ YAKLAŞIMLARI

3.1. Bitki Örtüsünün Akım Hesabına Etkisi

Bu konuda yapılan çalışmalar ve doğada yapılan gözlemler, şevlerinde ağaçlık veya çalılık içeren kompakt kesitlerde bile bileşik kanalların ayırımı alanında olduğu gibi, vorteks oluşumu ile etkili kütle ve momentum transferinin söz konusu olduğunu göstermiştir. Bu makrotürbülansın sonucunda bitki örtüsü olan bölgedeki yavaş akım anayataktaki akımı önemli ölçüde frenlemektedir.

3.2. Bitki Örtüsü Tanımlaması

Bitki örtüsü adı altında çimenlik, otsu bitkiler, çalılık ve ağaç gövdesi anlaşılır. Su içinde ve kısmen su içerisinde bulunuşuna göre tekil ya da grup olarak değerlendirilme zorunluluğu vardır. Bitki elemanı ile tek bitki çeşidi ya da tek bitki çeşidinin parçası (gövde, dal, filiz) ve bitki grubu tanımıyla tabanda ve kesit içerisinde birçok bitki çeşidinin (orta veya büyük bitkiler) bir arada bulunması anlaşılmaktadır. *Düşük, orta ve yüksek akım rejimine bağlı olarak dört ana bitki bölgesi oluşturulur: su bitkileri, sazlık, seyrek bölge ve yoğun bölge* [Özcan, 2007].

Bitkilerin ve akım davranışlarının farklılığı, farklı bitki örtüsü dirençlerini tanımlama açısından sınıflama zorunluluğu getirir. Akım formüllerinde kesitteki ortalama hız ile ya da belli bir hız dağılımı ile çalışıldığından, bitki örtüsü sınıflaması ile kesitteki beklenen farklı hız dağılımlarını konumlandırmak mantıklı olmaktadır. Bu konumlandırma akımın bitki örtüsü arasından veya üzerinden geçmesine bağlı olacaktır. Dolayısıyla bitki örtüsünün su derinliğine göre yüksekliğine bağlı olarak üç farklı durum ortaya çıkar [Özcan, 2007].

Küçük bitki örtüsü: Yüksekliği su derinliğine göre oldukça küçük olan ve bir yüzey pürüzlülüğü şeklinde düşünülebilen bitki örtüsüdür. Tamamen batık akım altındadır.

Hız dağılımı tabanı tamamen çim örtülü olan pürüzlülüğün etkisindeki hız dağılımı gibidir [Özcan, 2007].

Orta büyüklükteki bitki örtüsü: Yüksekliği su derinliğine yakın olan bitki örtüsüdür ve akım ya bitkinin arasından ya da tamamen üzerinden geçebilir. Direnç katsayıları hesabı belli bir kural altında yapılır. Taşkın durumunda orta büyüklükteki bitki örtüsü küçük bitki örtüsü şeklinde düşünülebilir [Özcan, 2007].

Yüksek bitki örtüsü: Yüksekliği su seviyesine göre daha büyük olanıdır. Akım yalnızca bitki örtüsü arasından geçer. Derinlik boyunca hız neredeyse sabittir [Özcan, 2007].

Bitki örtüsünün akımın içinde kaldığı doğal yataklı kanallarda eşdeğer kumul pürüzlülüğü ile bitki örtüsünün karakteristiği tanımlanır. Akımın aralarından geçtiği bitki örtüsü için üç ana parametre söz konusudur:

a_x :bitki elemanının akım doğrultusundaki uzunluğu

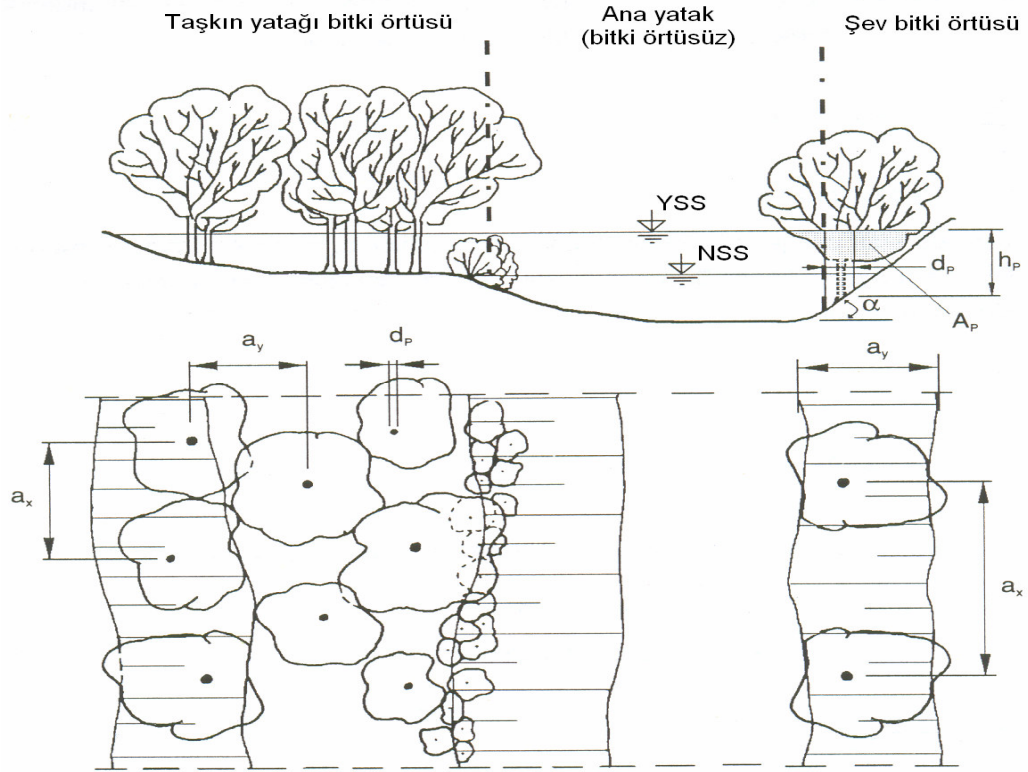
a_y : bitki elemanının akıma dik doğrultudaki uzunluğu

d_p : bitki elemanının akıma dik doğrultudaki çapı

Bitki örtüsünün akıma karşı gösterdiği direnç kuvveti:

$$SF_{bitki} = c_{WR} \cdot \rho \cdot g \cdot A_p \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3.1)$$

şeklinde tarif edilebilir. Burada c_{WR} bitki örtüsünün şekil direnç katsayısı, A_p bitki örtüsünün gövde projeksiyon alanı ve v ilgili kesitteki ortalama akım hızıdır. Bu kuvvet tabanı yataya yakın taşkın yatağında $a_x \cdot a_y$ alanına veya yatayla açısı α olan şevlerde $a_x \cdot a_y / \cos \alpha$ alanına bölünüp ve sonra $1/8\rho \cdot v^2$ ifadesine bölünürse, bitki örtüsünün taşkın yatağı veya şevlerdeki akıma gösterdiği direnç katsayıları bulunur [Özcan, 2007].



Şekil 3.1. Bitki örtüsünün geometrik gösterimi [Özcan, 2007]

$$f_p = \frac{4 A_p}{a_x \cdot a_y} \cdot c_{WR} \quad (\text{düzlem tabanda}) \quad (3.2a)$$

$$f_p = \frac{4 A_p \cdot \cos \alpha}{a_x \cdot a_y} \cdot c_{WR} \quad (\text{şevlerde}) \quad (3.2b)$$

Burada $A_p = h_p \cdot d_p$ alınır. Bitki örtüsü şekil direnç katsayısı (c_{WR}) 0,6~2,4 arasında değişim göstermektedir. Tahmini zor olan durumlarda $c_{WR} \approx 1,5$ alınabilir. Diğer durumlarda c_{WR} değeri için Pasche'nin yaklaşımında geliştirilmiş bir yöntemin kullanılması önerilir [Pasche, 1984].

$$c_{WR} = c_{W\infty} \cdot \left(1 + 1,9 \cdot \frac{d_p}{a_y} \cdot c_{W\infty} \right) \left(\frac{v_n}{v} \right)^2 + \Delta c_w \quad (3.3)$$

Burada v_n silindirik bitki elemanın olduğu yerdeki gerçek hız ve $c_{W\infty}$ silindirik bitki

elemanın direnç sayısı olup, silindir etrafındaki akımın eleman çapına dayalı Reynolds sayısına bağlı olarak aşağıdaki ilişkilerden bulunur [Pasche, 1984]:

$$c_{W\infty} = 3,07 \cdot Re_p^{-0,168} \quad (Re_p = \frac{v \cdot d_p}{\nu} < 800 \text{ için}) \quad (3.4a)$$

$$c_{W\infty} = 1,0 \quad (800 \leq Re_p < 8000 \text{ için}) \quad (3.4b)$$

$$c_{W\infty} = 1,2 \quad (8000 \leq Re_p < 10000 \text{ için}) \quad (3.4c)$$

Δc_w düzeltme katsayısı akımın Froude sayısına bağlı olarak:

$$\Delta c_w = \frac{2}{Fr^2} (1 - y^*) \quad \text{ve} \quad Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (3.5)$$

bağıntısından bulunur. y^* parametresi aşağıdaki eşitlik sağlanıncaya kadar iteratif olarak çözülür.

$$Fr^2 = \frac{(a_y - d_p) \cdot y^* \cdot (y^{*2} - 1)}{2 \cdot ((a_y - d_p) \cdot y^* - a_y)} \quad (3.6)$$

Lindner kendi araştırmasında silindirik elemanın olduğu yerdeki gerçek hızın (v_n) ortalama hıza (v) oranı için Eş. 3.7'de verilen bağıntıyı geliştirmiştir [Schumacher, 1994]:

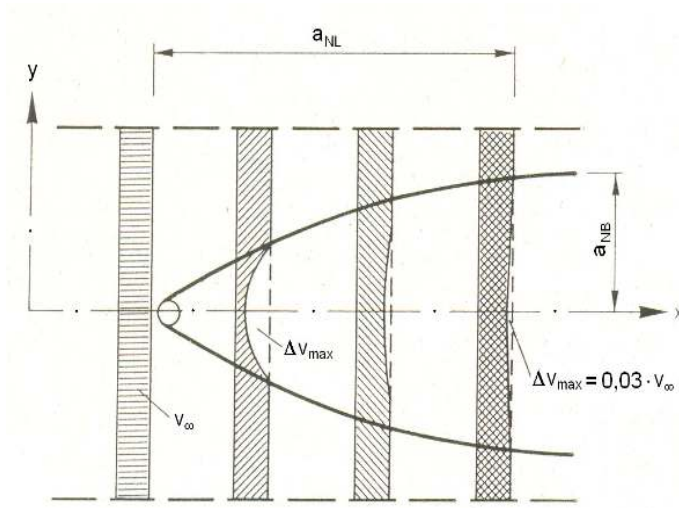
$$\left(\frac{v_n}{v} \right)^2 = 0,45 \left(\frac{a_x}{d_p} \right)^{0,23} \quad (3.7)$$

Pasche elemanın arkasında sınır tabakasından kaynaklanan ayrılma uzunluğu (a_{NL}) ve genişliği (a_{NB}) (Şekil 3.2) etkisini dikkate alarak Eş. 3.8'de verilen hız oranını içeren yeni bir bağıntı geliştirmiştir [Pasche, 1984]:

$$\left(\frac{v_n}{v} \right)^2 = 1,15 \left(\frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{-0,48} + 0,5 \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{1,1} \quad (3.8)$$

$$0,03 = 0,9 \cdot \left(\frac{a_{NL}}{c_{WR} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v^2/2} \right)^{-1,5} \quad (3.9)$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{W\infty} \cdot d_p)^{0,41} \quad (3.10)$$

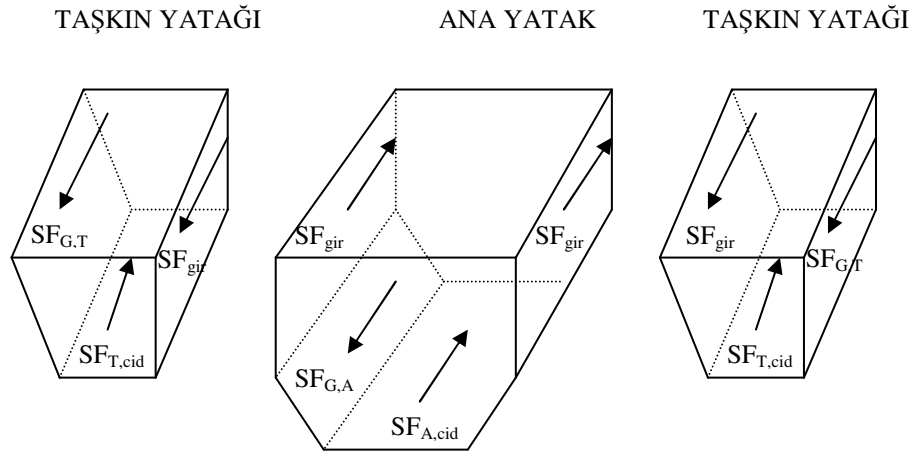


Şekil 3.2. Bitki örtüsü etki uzunluğu ve genişliği [Pasche, 1984]

3.3. Geometrik İçerikli Bileşik Kesitlerde Ayırılmalı Momentum Transfer Mekanizması

Anayatak ve ondan daha yavaş akan taşkın yatağındaki kütle ve impuls değişiminden dolayı oluşan makro türbülans, bileşik kesitlerde debi hesaplarını zorlaştırmaktadır. Türbülans ve ikincil akımların oluşturduğu impuls taşınımı ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki ayırım bölgesinde en yüksek değerine ulaşmaktadır.

Sellin (1964), Shiono ve Knight (1990), Tominaga ve Nezu (1991) sabit pürüzlülük değerine sahip bileşik kesitlerde bile eksenli akım yönünde olan türbülans oluşumu yanında ana yatak ve taşkın yatağı arasındaki ayırım alanında etkileşime bağlı olarak düşey eksenli türbülansın varlığını da göstermişlerdir. Şekil 3.3'de taşkın yatağı içeren geometrik içerikli bileşik kesitli kanallarda oluşan kuvvetler gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Ana yatak ve taşkın yatağı taban cidarlarında ve girişim yüzeylerinde oluşan kuvvetler [Knight ve Hamet, 1984]

Üniform akım koşullarında bir düzgün prizmatik kanalda ıslak çevreye etki eden toplam kayma kuvveti, yerçekimi kuvvetinin akım yönündeki bileşenine eşittir. Kanal birim uzunluğundaki anayatak için kuvvetler dengesi aşağıdaki eşitlikle verilmektedir.

$$SF_{G,A} \cdot \sin \alpha - SF_{A,cid} - 2SF_{gir} = 0 \quad (3.11)$$

Bu eşitlikte $SF_{G,A}$ ana yataktaki suyun ağırlığı, $SF_{A,cid}$ ana yatak cidarındaki sürtünme kuvveti, SF_{gir} ayırım alanındaki direnç kuvveti, α ise kanal tabanının yatayla yaptığı açıdır. Ana yatakta değişken pürüzlülük değeri olması halinde Einstein-Horton eşitliğinde bileşik kanal için, birim uzunluktaki cidar direnç kuvveti aşağıdaki gibidir.

$$SF_{A,cid} = \int_{UA,cid} \tau_{0,A} du = \tau_{0,A} U_{0,A} \quad (3.12)$$

Bu eşitlikte $\tau_{0,A}$ ana yatak cidarında oluşan ortalama kayma gerilmesi, $U_{0,A}$ ise ana yatak cıdarı ıslak çevresidir. Yukarıdaki yaklaşıma benzer şekilde bileşik kesit ayırımının tek tarafında oluşan direnç kuvveti için aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$SF_{gir} = \int_{Ugir} \tau_{gir} du = \tau_{gir} L_{gir} \quad (3.13)$$

τ_{gir} girişim yüzeyinde oluşan fiktif kayma gerilmesi, L_{gir} ise kabul edilen girişim yüzeyi uzunluğudur. Örneğin düşey ayırım yaklaşımında $L_{gir}=h_{gir}=h_T$ (Şekil 2.4) olmaktadır. Anayatak kesiti için birim uzunluktaki kuvvet denge denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\rho \cdot g \cdot A_A \cdot I_E - U_{0,A} \cdot \tau_{0,A} = 2 \cdot L_{gir} \cdot \tau_{gir} \quad (3.14)$$

Eş. 3.14'de $\tau_{gir} = f_{gir} \frac{\rho}{8} v_A^2$ ve $\tau_{0,A} = f_{0,A} \frac{\rho}{8} v_A^2$ eşitliklerini yerine koyarsak ve

ana yatak ortalama hızı

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_{A,0}}} \cdot \sqrt{8g \cdot R_{A,top} \cdot I_E} \text{ ile eşitlik çözülecek olursa}$$

$$U_{A,top} \cdot f_{top} = U_{0,A} \cdot f_{0,A} + L_{gir} \cdot f_{gir} \quad (3.15)$$

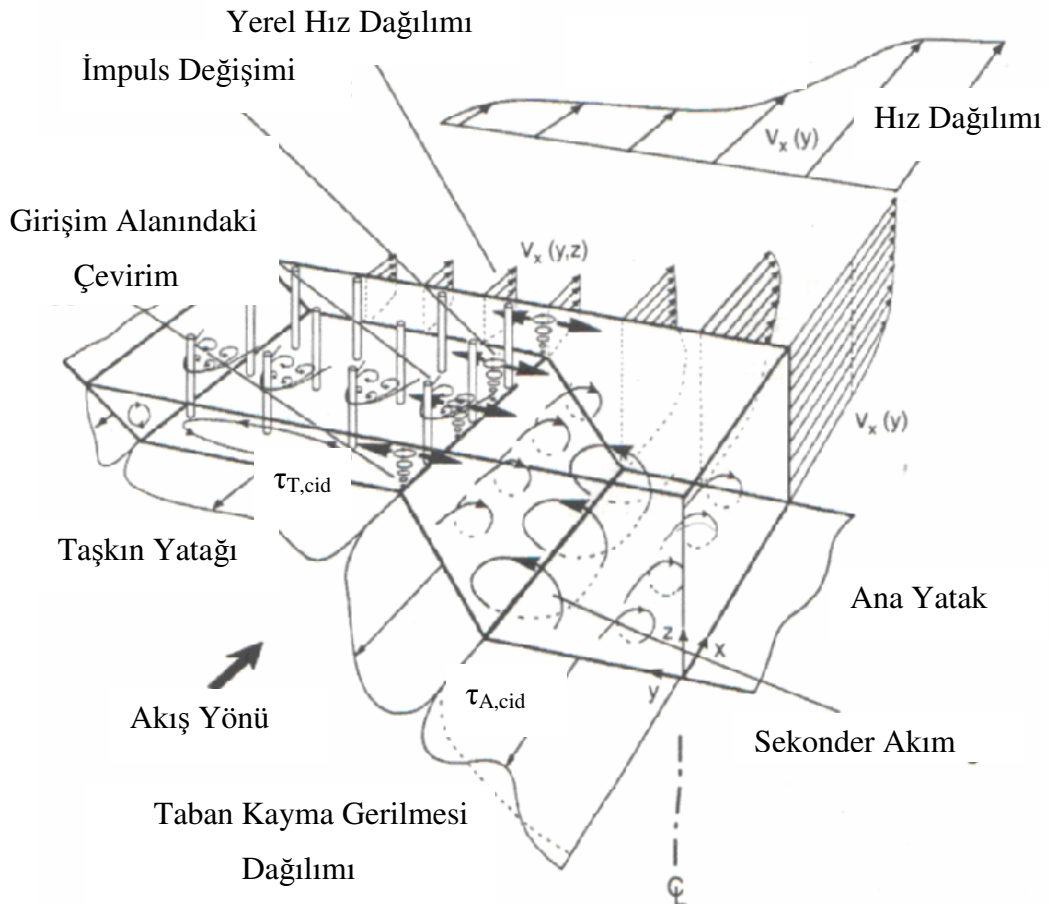
eşitliği elde edilir. Bu eşitliklerde $R_{A,top}$ anayatağın tümünü karakterize eden hidrolik yarıçap $U_{A,top}$ ile ayırım hattını içerecek şekilde hesaplanan ıslak çevre gösterilmiştir.

Eş. 3.15'de girişim yüzeylerindeki direnç katsayısı, kesit ortalama direnç katsayısına girişim yüzeyi büyüklüğü ölçüsünde etki ettikleri görülmektedir. Buna göre uzun bir girişim yüzeyi kabülünde yapılacak ufak bir hata, kısa girişim yüzeyinde yapılacak daha büyük bir hatadan daha fazla, kesit debi hesabını gerçek değerden uzaklaştırabilir [Cebe, 2002].

3.4. Bitki Örtülü Bileşik Kesitlerde Momentum Transfer Mekanizması

Geometrik açıdan kanal kesitinin ayırımı, ana yataktaki ve taşkın yatağındaki pürüzlülüğe bağlı olarak yapılmaktadır. Bitki örtülü bileşik kesitlerde yapılan çalışmalar [Pasche, 1984] ve doğada yapılan gözlemler, ağaçlık veya çalılık (büyük

bitki örtüsü) gibi kısımlarda da, geometrik içerikli bileşik kanalların ayırım alanında olduğu gibi, vorteks oluşumu ile etkili kütle ve momentum transferinin söz konusu olduğunu göstermiştir (Şekil 3.4). Momentum transferi bitki örtüsü olmayan ana yatakta akımı önemli ölçüde frenlenmekte ve akımın daha yavaş akmasına neden olmaktadır [Özcan, 2007].

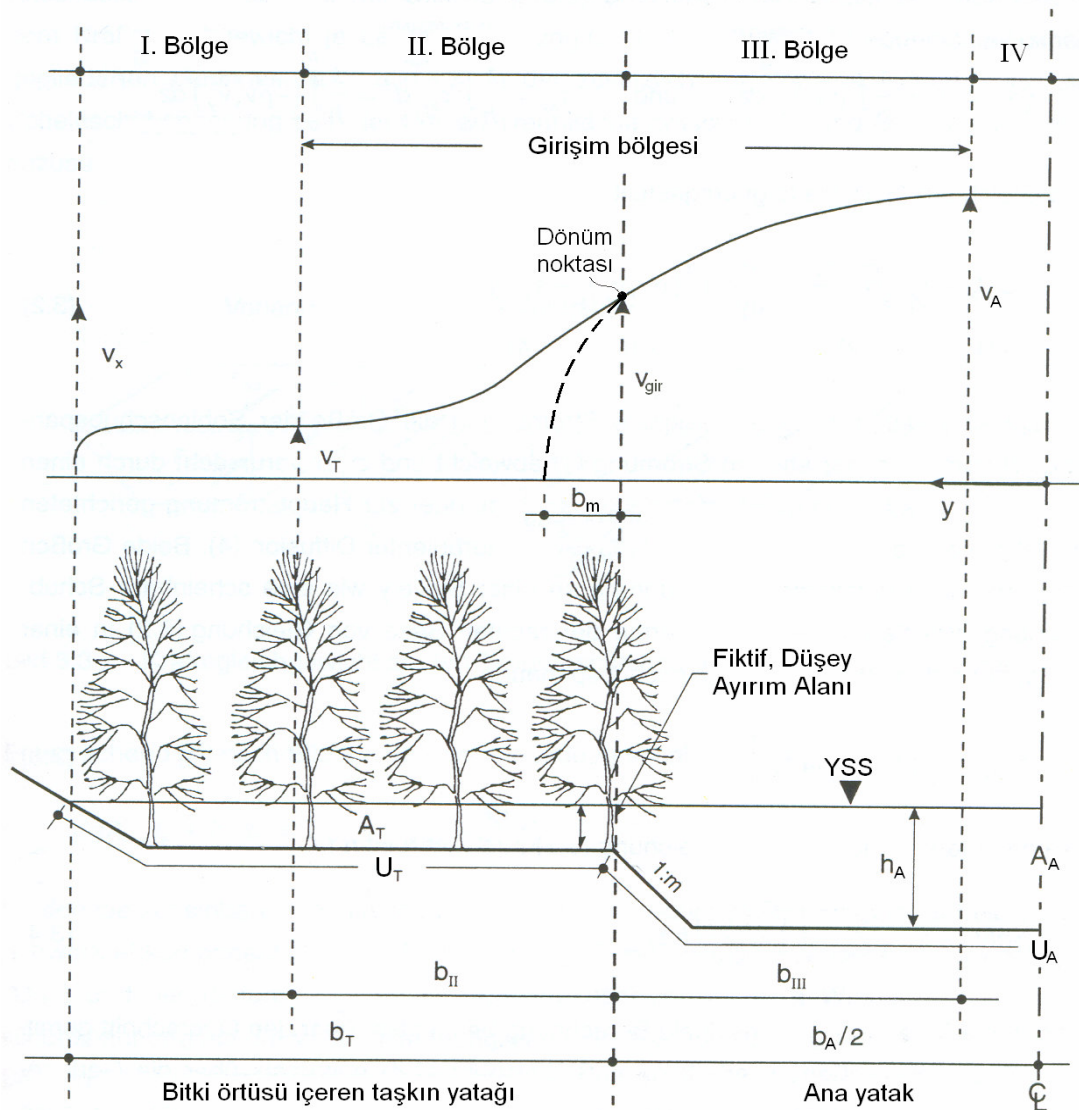


Şekil 3.4. Taşkın yatağı içeren bileşik kesitlerde momentum transfer mekanizması [Knight ve Hamet, 1984]

Trapez kesitte ve buna analog olarak diğer geometrik kesitlerde yapılan araştırmalar sonucu aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır [DVWK, 1991):

- Aynı şartlar altında (aynı su derinliği ve eğimde) bitki örtüsü söğüt ağacı olan doğal bir yatakta bitki örtüsü olmayan durumdaki debiye göre yaklaşık %60 kadar debi geçmektedir.

- Taşkın yatağında bitki örtüsü içeren bileşik kanallarda akım, bitki örtüsünün hidrodinamik etkisi açısından genel olarak dört farklı bölgeye ayrılabilir (Şekil 3.5). Hızın hesabında I. Bölgede sadece bitki örtüsü ve tabanın direncini göz önüne alırken, II. ve III. Bölgelerde makrotürbülansın etkisinden gelen girişim direnci de hesaba katılır. Genelde geniş kanallarda ya da dar bitki örtüsü alanlı kanallarda görülen ve bitki örtüsünden etkilenmeyen IV. Bölge hakkında detaylı araştırma yapılamamıştır. Dolayısıyla III. Bölgeden IV. Bölgeye geçişte bir sınır bölgesi tam olarak tarif edilememiştir.



Şekil 3.5. Ana yatak ile taşkın yatağı arası girişim bölgesi parametreleri
[Schumacher, 1994]

- Bitki örtüsüz bileşik kanallarda olduğu gibi, bitki örtülü doğal yataklar da kısımlara ayrılmaktadır. Düşey ayırım alanındaki $h_{gir}=h_T$ uzunluğundaki kısım (Şekil 2.4) girişim kayma gerilmeleri (τ_{gir}) içerir ve bu gerilmeler bir direnç katsayısı (f_{gir}) veya pürüzlülük (k_{gir}) ile tanımlanır.

Bitki örtüsü içeren taşkın yatağı ile bitki örtüsü içermeyen ana yatak arasındaki girişimin etkili olduğu II. Bölge ve III. Bölgelerde kuvvetli çevrinti akımları söz konusudur [Naot, Nezu, Nakagawa, 1996]. Bu bölgedeki kütle ve momentum transferi, yatağa dik doğrultuda yatay hız dağılımı profilinde önemli miktarda azalma meydana getirir.

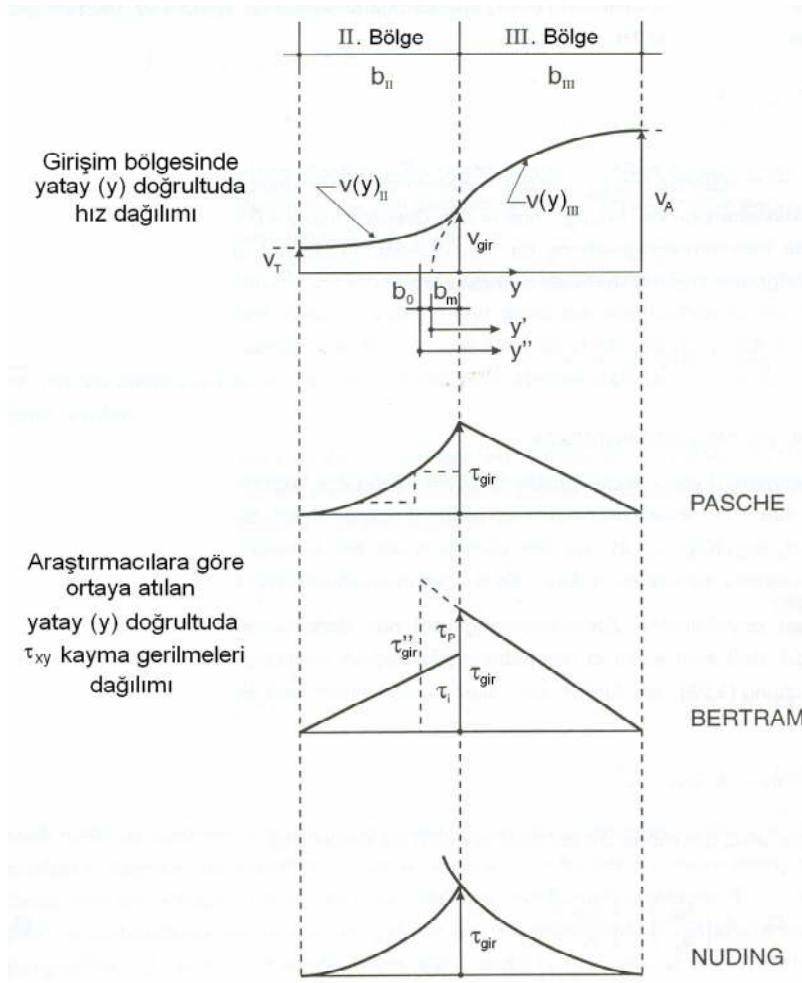
Ayırım alanının sağ ve sol tarafındaki II. ve III. Bölgelerdeki yatay hız dağılımında azalma söz konusu iken, ana yatak ortalarına doğru dv/dy sıfıra doğru yaklaşır [Özcan, 2007].

Şekil 3.6’da Şekil 3.5’de tanımlanan II. ve III. bölgelerdeki yatay hız dağılımının yanı sıra Pasche, Bertram (Mertens) ve Nuding’in kayma gerilmesi dağılımları ile ilgili yaklaşımları verilmiştir.

İki yatak arasındaki değişimin akımda çevrinti ve sirkülasyon oluşturmaya *girişim* denir. Girişim bölgesindeki akım, hem bitki örtüsü içeren taşkın yatağındaki akımdan hem de ana yataktaki akımdan etkilenmektedir.

Etkili bitki örtüsü genişliği (b_m) ana yatakta akıma dik doğrultudaki yatay hız dağılımının taşkın yatağı üzerinde sıfıra yaklaştığı genişliktir (Şekil 3.6). Araştırmalarda b_m genişliğinin taşkın yatağı parametrelerine bağlı olduğu kabul edilmektedir [Özcan, 2007].

$$b_m = f(a_x, a_y, d_p) \quad (3.16)$$



Şekil 3.6. Pasche, Bertram (Mertens), Nuding yaklaşımlarına göre pürüzlülük içerikli kanallarda girişim bölgesinde kayma gerilmesi dağılımları ve yatay hız dağılımı [Schumacher, 1994]

3.5. Mertens Yaklaşımı

Mertens (1989)'e göre ayırım alanının pürüzlülüğünün hesabı her iki sevi akımın arasından geçtiği bitki örtüsü kaplı kesitler için geçerlidir. Kesit farklı davranış gösteren bitki örtülü ve bitki örtüsüz kısımlara sol ve sağ ayırım alanları ile ayrılır (Şekil 3.7). Bu her iki ayırım alanı ve kanal tabanı ile sınırlandırılan bitki örtüsüz ana yatak kısmı *kanal* olarak tanımlanır.

Akımın debi hesabı için, tabanın pürüzlülüğü (k_0) ve her iki ayırım alanın pürüzlülüğü ($k_{gir,sol}$ ve $k_{gir,sağ}$) gereklidir [Özcan, 2007].

Direnç eşitliği, k_{gir} kumul pürüzlülüğü vasıtasıyla aşağıdaki şekilde verilmektedir. [Mertens, 1989]

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left(\frac{k_{gir}}{14,84 \cdot R_{gir}} \right) \quad (3.17)$$

Boyut analizi ve deneysel çalışmalar, ayırım duvarı pürüzlülüğü (k_{gir}) için aşağıdaki ilişkiyi ortaya çıkarmıştır [Mertens, 1989]:

$$k_{gir} = k_{gir,o} + k_{gir,ay} = 1,5 \cdot d_p + c \cdot b_{II} \quad (3.18)$$

Burada $k_{gir,o}$ bitki örtüsünün girişim üzerindeki etkisini, $k_{gir,ay}$ ayırım alanının girişim üzerinde etkisini ifade etmektedir. c bitki örtüsüne bağlı bir katsayıdır. Bitki örtüsü parametresi (B):

$$B = \left(\frac{a_x}{d_p} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{a_y}{d_p} \right) \quad (3.19)$$

formülü ile hesaplanır. $B < 6000$ durumunda c katsayısı için aşağıdaki bağıntı geliştirilmiştir:

$$c = 1,2 - 0,3 \cdot 10^{-3} B + 0,06 (10^{-3} B)^{1,5} \quad (3.20)$$

Bitki elemanın akıma kısıtlandırılmış yanal etkisinden dolayı, a_y mesafesi bitki çapının 10 katından büyük olduğu durumlarda $a_y/d_p=10$ alınır. II. Bölgenin ortalama genişliği (b_{II}) kanal geometrisinden hesaplanır.

$$b_{II} = A_{II} / h_{gir} \quad (3.21)$$

A_{II} alanı taşkın yatağında bitki örtüsünü kapsayan ıslak alandan belirlenir (Şekil 3.7).

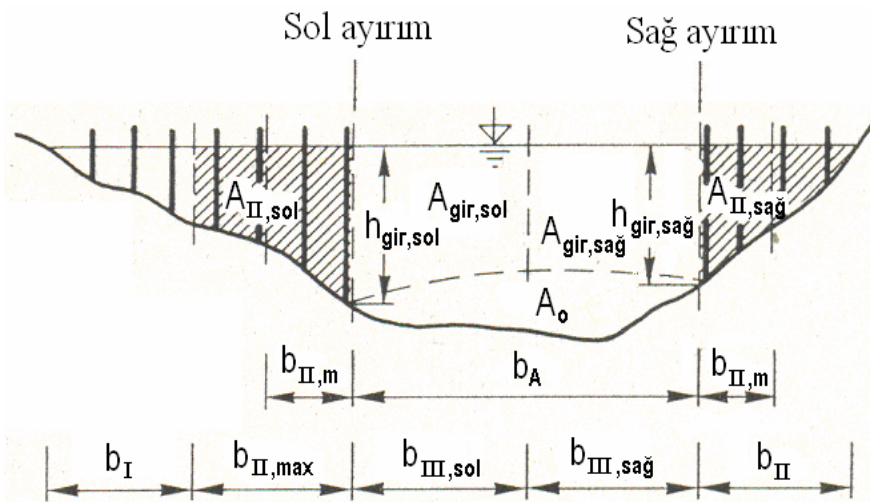
II. Bölgenin maksimum genişliği ($b_{II,max}$), III. Bölge genişliğinin (b_{III}) ve bitki örtüsü yoğunluğunun bir fonksiyonudur. $b_{II,max}$ genişliği için aşağıdaki bağıntılar geçerlidir:

$$b_{II,max} / b_{III} = 1,0 \quad (B \geq 16 \text{ için}) \text{ (seyrek bitki örtüsü)} \quad (3.22a)$$

$$b_{II,max} / b_{III} = 0,25 B^{0,5} \quad (B \leq 16 \text{ için}) \text{ (yoğun bitki örtüsü)} \quad (3.22b)$$

$b_{II,max}$ genişliğini belirlemek için b_{III} genişliğinin bilinmesi gerekir. Her iki şevi bitki örtüsü kaplı simetrik kompakt bir kesit için $b_{III,sol} = b_{III,sağ} = b_A/2$ yazılabilir. Bir şevi bitki örtüsü kaplı ya da her iki şevi tamamen farklı özellikte bitki örtüsü ile kaplı kompakt kesit için ise, III. Bölgede pürüzlülüğü büyük olan şevin III. Bölge genişliği (b_{III}) daha az pürüzlü şevinkine göre daha büyük olur. Bu yaklaşımda bitki örtüsünün pürüzlülüğü açısından kısımlara ayrılan bu $A_{gir,sağ}$ ve $A_{gir,sol}$ alanlarında hızlar ve enerji çizgisi eğimleri eşit kabul edilir [Bretschneider ve Schulz, 1985]. Einstein/Horton yaklaşımı düşüncesiyle, hidrolik yarıçap $R_{III} \cong b_{III}$ yaklaşımı ile, iterasyonla aşağıdaki eşitliği sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$\frac{b_{III,sol}}{f_{gir,sol}} = \frac{b_{III,sağ}}{f_{gir,sağ}} \quad (3.23)$$



Şekil 3.7. Kesitin alt kesimlere ayrılması [Mertens, 1989]

3.5.1. Mertens yaklaşımına göre hesap sırası

Ayırım alanı girişim pürüzlülüğünün belirlenmesi: Ana yatağın sol ve sağ tarafındaki ayırım alanlarının girişim pürüzlülüğü aşağıdaki sıralamayla belirlenir [Özcan, 2007].

- Eş. 3.19 ile bitki örtüsü parametresi (B) hesaplanır.
- Eş. 3.20 ile c katsayısı hesaplanır.
- $b_{III,sol}$ genişliği için ilk olarak $b_{III,sol} = b_{III,sağ} = b_A/2$ kabul edilir (tahmin).
- Eş. 3.21 veya Eş. 3.22'dan b_{II} genişliği belirlenir.
- Eş. 3.18'den k_{gir} pürüzlülükleri, Eş. 3.17'den f_{gir} direnç katsayıları hesaplanır.

Çizelge 3.1. Ayırım alanında girişim pürüzlülüklerinin hesap sıralaması [DVWK, 1991]

Bilinen değerler: d_p, a_x, a_y, b_A	
$B = \left(\frac{a_x}{d_p} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{a_y}{d_p} \right)$ (bitki örtüsü parametresi)	
$c = 1,2 - 0,3 \cdot 10^{-3} B + 0,06 \left(10^{-3} B \right)^{1,5}$	
Tahmin: $b_{III,sol} = b_A/2$	
$\left 1 - \frac{b'_{III,sol}}{b_{III,sol}} \right \leq \epsilon$ kriteri sağlanana kadar iterasyon aşaması	
	$b_{III,sağ} = b_A - b_{III,sol}$
	$b_{II,max} = b_{III} \quad (B \geq 16 \text{ için})$ $b_{II,max} = 0,25 B^{0,5} b_{III} \quad (B < 16 \text{ için})$
	$A_{II} = f(\text{Kesit geometrisi}, b_{II,max})$
	$b_{II,m} = A_{II} / h_{gir}$
	$k_{gir} = c \cdot b_{II,m} + 1,5 d_p$
	$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left(\frac{k_{gir} / b_{III}}{14,84} \right)$ (yaklaşık olarak)
	$b'_{III,sol} = b_A \cdot \frac{f_{gir,sol}}{f_{gir,sol} + f_{gir,sağ}}$
Elde edilen değerler: $k_{gir,sol}, k_{gir,sağ}$	

f) Sol ve sağ taraftaki b_{III} genişlikleri Eş. 3.23'ün aşağıdaki şekilde düzenlenmesi ile kontrol edilir.

$$b_{III,sol} = b_A \cdot \frac{f_{gir,sol}}{f_{gir,sol} + f_{gir,sol}} \quad (3.24)$$

g) Düzeltilen $b_{III,sol}$ genişliği tahmin edilen $b_{III,sol}$ genişliğine eşit değilse, hesap sırasının d) aşamasından itibaren düzeltilen $b_{III,l}$ genişliği ile işlemler tekrarlanır. Burada $b_{III,sağ} = b_A - b_{III,sol}$ olmalıdır.

Ana yatakta debi hesabı: Girişim pürüzlülükleri ile tabanın pürüzlülüğü her durumda farklıdır. Bu sebeple ana yatakta Einstein/Horton yaklaşımı ile A_i kısmi kesitlerine ayrılarak, ayırım alanları ve tabanın etkisindeki alanlar belirlenmelidir. Einstein/Horton yaklaşımında kısmi kesitlerin hızı $v_i = v_A$ ve enerji çizgisi eğimleri taban eğimi ($I_{i,E} = I_E$) olarak kabul edilmiştir. Bu sebeple, bitki örtüsüz kanalı ortalama hızı ilk olarak tahmin edilirse, her bir kısmi kesitin hidrolik yarıçapları ($R_{o,A}$ ve R_{gir}) iteratif olarak hesaplanabilir.

Akımın hidrolik cilalı, pürüzlü veya geçiş bölgesinde olması durumuna göre taban direnci ($f_{o,A}$), bulunur. Bu direncin etkisindeki yani tabana bağlı hidrolik yarıçap ($R_{o,A}$) ise Eş. 3.25'den bulunabilir.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = \frac{v_A}{\sqrt{8g \cdot R_{o,A} \cdot I_E}} \quad (3.25)$$

Ayırım alanı etkisindeki hidrolik yarıçap (R_{gir}) ise Eş. 3.26'den iterasyonla bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = \frac{v_A}{\sqrt{8g \cdot R_{gir} \cdot I_E}} = -2 \log \left(\frac{k_{gir}}{14,84 \cdot R_{gir}} \right) \quad (3.26)$$

Islak çevre (U_i) yoluyla her bir kesitin kısmi alanları da $A_i = R_i \cdot U_i$ şeklinde hesaplanabilir. Daha sonra aşağıdaki eşitliğin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

$$A_A = \sum A_i = \sum (R_i \cdot U_i) = R_{gir} \cdot h_{gir} + R_{o,A} \cdot U_{o,A} \quad (3.27)$$

Şayet bu eşitlik sağlanmamışsa, hesaplar yeni bir v hızı ile tekrarlanır:

$$v_{A,yeni} = v_A \cdot \frac{A_A}{\sum A_i} \quad (3.28)$$

Kanaldaki hızların ve debilerin hesap sıralaması Çizelge 3.2’de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Bitki örtüsüz kanaldaki ortalama hızın ve debinin hesaplama sırası [DVWK, 1991]

Bilinen değerler: $A_A, I_E, k_{gir}, U_A, h_{gir}$	
Tahmin: v_A	
$\left 1 - \frac{A_A}{\sum A_i} \right \leq \varepsilon$ kriteri sağlanana kadar iterasyon aşaması	
	Kısmi kesit alanlarının (A_i) hesabı
	Tahmin: $R_i = 1 \text{ m}$
	$\left 1 - \frac{R'_i}{R_i} \right \leq \varepsilon$ kriteri sağlanana kadar iterasyon aşaması
	Taban etkisindeki kesitin hidrolik yarıçapı ($R_i = R_o$) $\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re_{o,A} \cdot \sqrt{f_{o,A}}} + \frac{k}{4 \cdot 3,71 \cdot R_{o,A}} \right)$ Burada $Re_{o,A} = \frac{v_A \cdot R_{o,A}}{\nu}$ $\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = \frac{v_A}{\sqrt{8g \cdot R_{o,A} \cdot I_E}}$
	Girişim etkisindeki kesitin hidrolik yarıçapı ($R_i = R_{gir}$) $\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = \frac{v_A}{\sqrt{8g \cdot R_{gir} \cdot I_E}} - 2 \log \left(\frac{k_{gir}}{14,84 \cdot R_{gir}} \right)$
	$yeni R_i = \frac{eski R_i + R'_i}{2}$
	$\sum A_i = \sum (R_i \cdot U_i) = R_{gir} \cdot h_{gir} + R_{o,A} \cdot U_{o,A}$
	$yeni v_A = eski v_A \cdot \frac{A_A}{\sum A_i}$
Elde edilen değerler: $v_A, Q_A = v_A \cdot A_A$	

Bitki örtülü şevlerdeki debi hesabı: Bitki örtüsü içeren taşkın yatağı veya şevlerde de debi hesabı ana yatakta olduğu gibidir. Burada ayırım alanlarındaki girişimin etkisi göz önüne alınmaz. Taşkın yatağında veya şevlerde akım bitki örtüsünün arasından geçer. Buradaki akıma karşı gösterilen toplam direnç, tabanın pürüzlülüğünden ve bitki örtüsünün akıma gösterdiği dirençten kaynaklanır. Toplam kayma gerilmesi $\tau_T = \tau_{o,T} + \tau_p$ şeklinde ifade edildiğinden benzer yaklaşımla, direnç katsayıları veya kısmi alanlar içinde aynı eşitlik kullanılabilir [Özcan, 2007].

$$f_T = f_{o,T} + f_p \quad \text{ya da} \quad A_T = A_{o,T} + A_p \quad (3.29)$$

$f_{o,T}$ taban direnç katsayısı Eş. 3.24'den bulunabilir. Buradan hareketle bitki örtüsü içeren kesimin tabana bağlı hidrolik yarıçapı aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,T}}} = \frac{v_T}{\sqrt{8g \cdot R_{o,T} \cdot I_E}} \quad (3.30)$$

Bitki örtüsü direnci (f_p), Eş. 3.31'den bulunur:

$$f_p = \frac{4 A_p \cdot \cos \alpha}{a_x \cdot a_y} \cdot c_{WR} \quad (3.31)$$

Burada, $c_{WR} = 1,5$, $A_p = h_p \cdot d_p$ alınabilir. Eş. 3.32'dan bitki örtüsüne bağlı hidrolik yarıçap hesaplanabilir:

$$R_p = \frac{f_p}{8g \cdot I_E} \cdot v_T^2 \quad (3.32)$$

Tahmin edilen ortalama hız (v_T) değeri ve kanal geometri özellikleri ile $R_{o,T}$ ve R_p hidrolik yarıçapları bulunduktan sonra, $A_{o,T} = R_{o,T} \cdot U_T$ ve $A_p = R_p \cdot U_T$ bağıntıları ile birlikte bitki örtüsü içeren kesimin toplam alanının kontrolü yapılabilir. Eğer

alanların toplamı mevcut alanı vermiyorsa, yeni bir v_T hızı tahminiyle hesaplar tekrarlanır. Burada hata payı, kabul edilebilir bir düzeyde olmaktadır [Özcan, 2007].

3.6. Pasche Yaklaşımı

Pasche, girişimdeki kayma gerilmelerinin türbülans viskozitesini Boussinesq teoremine göre tanımlayıp, Prandtl karışım hipotezini uyguladığında ana yatak kısmında kayma gerilmeleri dağılımının lineer olduğunu öne sürmüştür (Şekil 3.6). Bu kabulden hareketle türetilen ana yatak boyunca yatay hız dağılımı ise aşağıda verilmiştir [Schumacher, 1994]:

$$\frac{v(y)_{III}}{v_{gir}^*} = \frac{1}{\chi} \ln \left(\frac{y + b_m}{b_m} \right) + c_{gir} \quad (0 \leq y \leq b_{III}) \quad (3.33)$$

Burada v_{gir}^* ayırım alanındaki girişim sürüklenme hızı, χ von-Kármán sabiti ve $v(y)_{III}$ parametresi yatay doğrultuda hız dağılımını temsil etmektedir.

Eş. 3.33'deki logaritmik hız dağılımının bitki örtüsüz kısım (III. Bölge) boyunca integrasyonu sonucunda bulunan direnç katsayısı için geçerli olan bağıntı aşağıda verilmektedir [Pasche, 1984].

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right] \quad (3.34)$$

Ω bitki örtüsü parametresi olup boyutsuz etki uzunluğu (a_{NL}/a_x) ve boyutsuz etki genişliği (a_{NB}/a_y) terimleri ile (Bkz. Şekil 3.2) aşağıdaki gibi tarif edilmiştir.

$$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95} \quad (3.35)$$

Burada a_{NL} ve a_{NB} mesafeleri sırasıyla Eş. 3.9 ve Eş. 3.10'den bulunabilir.

II. Bölgenin genişliği (b_{II}) için, DFG ve DVWK aşağıdaki bağıntıyı önermektedir

$$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)} \quad (3.36)$$

Burada f_T taşkın yatağını karakterize eden direnç olup, bitki direnci ve taban direncinin toplamıdır. c_{gir} boyutsuz kayma hızıdır ve regrasyon analizi ile aşağıdaki gibi ifade edilmiştir [Pasche, 1984]:

$$c_{gir} = \frac{v_{gir}}{v_{gir}^*} = -3,27 \log(\Omega) + 2,85 \quad (3.37)$$

Eş. 3.36'deki c katsayısı ise, taşkın yataklı kanallar için $c=1,0$ ve şevleri bitki örtüsü kaplı trapez kesitler için $c=1,7$ şeklinde tanımlanmıştır [DVWK, 1991].

Asimetrik kanal formlarında III. Bölgenin genişliği (b_{III}) ayırım alanı pürüzlülüğü oranında değişir ve sol ve sağ ayırım alanındaki pürüzlülükler aşağıdaki bağıntılar yoluyla hesaplanır [Özcan,2007].

$$b_{III,sol} \cdot f_{gir,sağ} = b_{III,sağ} \cdot f_{gir,sol} \quad (3.38)$$

Burada genişlikler toplamı taban genişliğini vermelidir:

$$b_{III,sol} + b_{III,sağ} = b_A \quad (3.39)$$

Pasche yaklaşımındaki eşitlikler ile kapalı bir denklem takımı ortaya çıkar. Bu denklem takımı içerisinde f_{gir} , v_{gir} , b_m , c_{gir} ve v_{gir}^* değerleri de kendi aralarında kapalıdır. Bu sebeple bu denklem takımının çözümü için iteratif bir hesap yöntemi

gereklidir. Yaklaşımın kullanımı özellikle uygulama için, düzensiz bitki örtüsü davranışı göz önüne alan tek sıra bitki örtüsünden oldukça yoğun bitki örtüsüne kadar geniş durumlar için geçerli olup, bu sıralama doğrultusunda momentum transferinin oluşturduğu ayırım alanı pürüzlülüğü azalarak gitmektedir [Pasche, 1984]. Bu yaklaşımın kullanım sınır şartları; $f_{o,A}/f_{gir}<1,0$, $b_A/h_{gir}<40$ ve $a_x/a_{NL}<1,0$ şeklindedir [Pasche, 1984].

3.6.1. Pasche yaklaşımına göre hesap sırası

Pasche yaklaşımında kanal kesitinin kapasite hesabında ilk önce yapılması gereken taşkın yatağı veya bitki örtüsü bölgesi için akım büyüklüklerini belirlemektir. Çünkü burada direnç katsayısı büyük bir olasılıkla komşu bölgelerle olan girişime bağlı değildir [Özcan, 2007].

Taşkın yatağı ya da bitki örtüsü içeren kesimde akım hesabı: Bu bölgelerdeki debi hesabı için c_{WR} değerinin belirlenmesi gerekir. Modifiye edilmiş Lindner yöntemi bunun için uygundur [Pasche, 1984]. Bu yöntemde c_{WR} değeri kapalı olarak taşkın yatağı hızına (v_T) bağlıdır, dolayısıyla deneme-yanılma metodu ile bir iteratif hesap şekli gerekir. Hesap aşağıdaki sıralamaya uygun olarak yapılabilir (Çizelge 3.3):

- a) c_{WR} değeri tahmin edilir (ilk tahmin için $c_{WR} = 1$ alınabilir).
- b) Taban direnç katsayıları ($f_{o,T}$) akımın hidrolik cilalı, pürüzlü veya geçiş bölgesinde olmasına bağlı olarak Eş. 2.5, Eş. 2.6 veya Eş. 2.7'ye göre hesaplanır. Burada hidrolik yarıçaplar taban etkisindeki kısmi kesitin hidrolik yarıçapıdır ($R_{o,T}$) ve aşağıdaki bağıntıdan iterasyonla bulunur [Özcan, 2007].

$$R_{o,T} = \frac{R_T}{f_T} \cdot f_{o,T} \quad (3.40)$$

- c) Bitki örtüsü direnç katsayıları (f_p) Eş. 3.2'ye göre hesaplanır ve taşkın yatağı direnç katsayıları (f_T) lineer süperpoze yoluyla bulunur.

Çizelge 3.3. Bitki örtüsü bölgesinde akım büyüklüklerinin hesaplama sırası
[DVWK, 1991]

Bilinen değerler: $d_p, a_x, a_y, I_E, k, h_p, U_T, R_T$
Tahmin: $c_{WR} = 1,0, v_T=0,5 \text{ m/s}$
$\left 1 - \frac{c_{WR}}{c'_{WR}} \right \leq \varepsilon$ sağlanana kadar iterasyon
$\frac{1}{\sqrt{f_{o,T}}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re_{o,T} \cdot \sqrt{f_{o,T}}} + \frac{k}{4 \cdot 3,71 \cdot R_{o,T}} \right) \text{ (taban direnci)}$ Burada $Re_{o,T} = \frac{v_T \cdot R_{o,T}}{\nu}, R_{o,T} = \frac{R_T}{f_T} \cdot f_{o,T}$
$f_p = \frac{4 c_{WR} \cdot h_p \cdot d_p}{a_x \cdot a_y} \text{ (bitki örtüsü direnci)}$
$f_T = f_{o,T} + f_p \text{ (taşkın yatağı direnci)}$
$v_T = \frac{1}{\sqrt{f_T}} \cdot \sqrt{8g \cdot R_T \cdot I_E} \text{ (taşkın yatağı hızı)}$
$c_{W\infty} = 3,07 Re_p^{-0,168} \quad (Re_p < 800 \text{ için}) \text{ burada } Re_p = v_T \cdot d_p / \nu$ $c_{W\infty} = 1,0 \quad (800 < Re_p < 8000 \text{ için})$ $c_{W\infty} = 1,2 \quad (8000 < Re_p < 10^5 \text{ için})$
$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{W\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_T^2 / 2} \right)^{-3/2}$
$a_{NB} = 0,24 a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{W\infty} \cdot d_p)^{0,41}$
$\left(\frac{v_n}{v_T} \right)^2 = 1,15 \left(\frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{-0,48} + 0,5 \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{1,1}$
$y^* = 1,0$
$Fr = \frac{v_T}{\sqrt{g \cdot h_p}}$
$Fr^2 \cong f(y^*)$ oluncaya kadar iterasyon
$y^* = y^*(\text{eski}) + \frac{f'(y^*)}{f(y^*)} \text{ (Newton metodu)}$
$f(y^*) = \frac{y^* \cdot (y^{*2} - 1)}{2(y^* - a_y / (a_y - d_p))}$
$\Delta c_W = \frac{2}{Fr^2} \cdot (1 - y^*)$
$c_{WR} = c_{W\infty} \cdot \left(1 + 1,9 \cdot \frac{d_p}{a_y} \cdot c_{W\infty} \right) \left(\frac{v_n}{v_T} \right)^2 + \Delta c_W$
Elde edilen değerler: f_T, v_T

d) Taşkın yatağı hızı (v_T), Eş. 3.41 ile hesaplanır.

$$v_T = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{f_T} \cdot R_T \cdot I_E} \quad (3.41)$$

e) e) Eş. 3.9 ve Eş. 3.10'den a_{NL} ve a_{NB} mesafeleri, Eş. 3.8'den boyutsuz kısmi hızlar $(v_n/v_T)^2$ hesaplanır.

f) Eş. 3.5'den Δc_W değeri belirlenir. Burada ilk önce $y^*=1$ alınır ve Eş. 3.6'daki eşitlik sağlayıncaya kadar iterasyonla y^* bulunur.

g) Eş. 3.3 yoluyla c_{WR} değeri hesaplanır. Bulunan c_{WR} değeri başta tahmin edilen c_{WR} değerinden farklı ise, bulunan c_{WR} değeri ile c) maddesinden itibaren hesaplar tekrar edilir.

Ana yatakta debi hesabı: Ana yatakta da birçok akım parametresi kendi arasında kapalıdır, dolayısıyla toplam direnç katsayısı (f_A) deneme-yanılma yoluyla iteratif olarak hesaplanır.

$v_{gir} = 1,5 \cdot v_T$ ve $b_{III} = b_A/2$ alınarak yapılan ilk tahmin ile yapılan hesap sırası aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.4):

- Reynolds sayısına bağlı olan şekil direnç katsayısı ($c_{W\infty}$) hesaplanır.
- a_{NL} etkili uzunluğu Eş. 3.9'den, a_{NB} etkili genişliği Eş. 3.10'den hesaplanır.
- Bitki örtüsü parametresi (Ω), Eş. 3.35'den hesaplanır.
- Kayma hızı (c_{gir}), Eş. 3.37'den hesaplanır.
- II. Bölge genişliği (b_{II}), Eş. 3.36'dan hesaplanır.
- Eş. 3.17'den f_{gir} hesaplanır.
- Çizelge 3.5'de verilen sıralama ile ana yatak akım hızı (v_A) bulunur.
- Sürüklenme hızı (v_{gir}^*) quadratik direnç eşitliğine göre aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$v_{gir}^{*2} = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2 \quad (3.42)$$

i) Ayırım alanı hızı (v_{gir}), Eş. 3.37'den hesaplanır. Hesaplanan v_{gir} ile tahmin edilen v_{gir} arasındaki fark ihmal edilebilir olana kadar hesaplar tekrar edilir.

Çizelge 3.4. Pasche yaklaşımına göre ayırım alanı pürüzlülüğünün hesaplama sırası [DVWK, 1991]

Bilinen değerler: $d_p, a_x, a_y, I_E, b_{III}, U_A, A_A$	
Tahmin: $v_{gir} = 1,5 v_T$ $b_{III,sol} = b_{III,sağ} = b_A/2$	
$\left 1 - \frac{v_{gir}}{v'_{gir}} \right \leq \varepsilon$ sağlanana kadar iterasyon	
	$c_{W_\infty} = 3,07 Re_p^{-0,168}$ ($Re_p < 800$ için) burada $Re_p = v_{gir} \cdot d_p / \nu$ $c_{W_\infty} = 1,0$ ($800 < Re_p < 8000$ için) $c_{W_\infty} = 1,2$ ($8000 < Re_p < 10^5$ için)
	$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{W_\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_{gir}^2 / 2} \right)^{-3/2}$
	$a_{NB} = 0,24 a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{W_\infty} \cdot d_p)^{0,41}$
	$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95}$
	$c_{gir} = -3,27 \log \Omega + 2,85 = v_{gir} / v_{gir}^*$
	$c = 1,0$ (taşkın yataklı kanallar için) $c = 1,7$ (şevleri bitki örtüsü kaplı trapez kesitler için)
	$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)}$
	$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right]$
	Ana yatakta akım hızı (v_A) hesabı
	$v_{gir}^{*2} = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2$
	$v'_{gir} = c_{gir} \cdot v_{gir}^*$
Elde edilen değerler: f_{gir}, v_A	

Çizelge 3.5. Ana yataktaki direnç katsayıların (tabanda) hesap sırası [DVWK, 1991]

Bilinen değerler: I_E , h_{gir} , U_A , A_A , $f_{gir,sol}$ ve $f_{gir,sağ}$	
$U_A = U_{o,A} + \sum h_{gir}$; $R_A = \frac{A_A}{U_A}$	
Tahmin: $v_A = 1$ m/s ve $R_{o,A} = R_A$	
$\left 1 - \frac{R'_{o,A}}{R_{o,A}} \right \leq \varepsilon$ sağlanana kadar iterasyon	
$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re_{o,A} \cdot \sqrt{f_{o,A}}} + \frac{k}{4 \cdot 3,71 \cdot R_{o,A}} \right) \quad (\text{ana yatak taban direnci})$ Burada $Re_{o,A} = \frac{v_A \cdot R_{o,A}}{\nu}$	
$f_A = \frac{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + \sum f_{gir} \cdot h_{gir}}{U_A}$ (ana yatakta toplam direnç katsayısı)	
$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8g \cdot R_A \cdot I_E}$ (ana yatak hızı)	
$R'_{o,A} = \frac{f_{o,A}}{f_A} \cdot R_A$ (Einstein/Horton yaklaşımı)	
Elde edilen değerler: f_A , v_A	

Ana yatağın iki tarafındaki ayırım alanlarında pürüzlülük farklı ise, b_{III} etkili akım genişliği için ikinci bir iteratif döngüye ihtiyaç vardır.

$$b_{III,sol} \cdot f_{gir,sağ} = b_{III,sağ} \cdot f_{T,sol} \quad \text{ve} \quad b_A = b_{III,sol} + b_{III,sağ} \quad (3.43)$$

bağıntıları ile b_{III} genişliği düzeltilir ve hesaplar baştan tekrarlanır.

Toplam debi hesabı: Şekil 2.4'de kısımlara ayrılan yatağın her bir kısmındaki debiler toplamı yatağın kapasitesini verecektir:

$$Q = Q_T + Q_A + \Delta Q_T \quad (3.44)$$

Burada $Q_T = \sum Q_i$ bitki örtüsü içeren kesimlerdeki (taşkın yatağı veya şevler) kısmı

debiler, $\Delta Q_T = \Sigma \Delta Q_i$ bitki örtüsü içeren kesimlerdeki girişim sonucunda artan debi miktarı anlamındadır. Artan debi miktarı, II. Bölge genişliği (b_{II}) ve bu genişlik boyunca ortalama akım derinliği (h_{II}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır [Özcan, 2007].

$$\Delta Q_T = \frac{1}{4} b_{II} \cdot h_{II} \cdot (v_{gir} - v_T) \quad (3.45)$$

3.7. Nuding Yaklaşımı

Zamandan bağımsız akım modellemelerinde Nuding yaklaşımı Mertens ve Pasche'ye göre daha az iterasyon içerdiğinden ve bazı parametreler daha basitleştirildiğinden hesaplamalar daha hızlı sonuç verir.

Nuding ana yatakta yatay kayma gerilmesi dağılımını Pasche ve Mertens'in lineer dağılımı kabulünden farklı olarak hiperbolik dağılım olarak kabul etmiştir.

Nuding hız dağılımının integrasyonundan elde ettiği ana yatak ortalama hızından ayırım alanındaki girişim direncini aşağıdaki şekilde tarif etmiştir [Nuding, 1991]:

$$f_{gir} = 4 \left[\log \left(\frac{v_{ideal}}{v_T} \right) \right]^2 \cdot \frac{R_T}{h_{gir}} \cdot \frac{b_m}{b_A^*} \quad (3.46)$$

Burada v_{ideal} ana yatakta girişim dikkate alınmadığında hesaplanan ideal hız, v_T taşkın yatağında hız, R_T/h_{gir} taşkın yatağı hidrolik yarıçapının ayırım alanındaki su derinliğine oranı, b_m etkili bitki örtüsü genişliği anlamındadır. b_m mesafesi için Eş. 3.48 ve Eş. 3.49'den küçük olanı alınır Burada b_A^* mesafesi girişimin eşdeğer ana yatak genişliği olup;

$$b_A^* = \frac{A_A}{h_{gir}} \quad (3.47)$$

ifadesinden bulunur.

$$b_m = 3,2 \sqrt{a_x \cdot d_p} \quad (3.48)$$

$$b_m = 0,15 h_{gir} \quad (3.49)$$

Nuding yaklaşımı ilk önceleri kısmi bitki örtülü kanallar için geliştirilmiş olup [Nuding, 1991], daha sonra bileşik kanal üzerinde de uygulanmıştır [Nuding, 1998].

Yaklaşımda aşağıdaki şartlar kabul edilmiştir [Özcan, 2007]:

- Etkili genişliğinin (bitki örtüsü nedeniyle taşkın yatağında veya şevde göz önüne alınan genişlik (b_m) ana yatak genişliğinin 1/5'inden az olması,
- Akımın nehir rejiminde olması
- Bitki örtüsü yoğunluğunun $\omega_p < 9,60$ 1/m olması
- Ayırım alanı pürüzlülüğünün ana yataktaki taban pürüzlülüğünden büyük olması.

Bu çalışmada Nuding yaklaşımı kullanılmadığından hesaplama sırası verilmemiştir.

4. ÇALIŞMADA YARARLANILAN HİDROLİK MODEL

4.1. Modelin Fiziksel Özellikleri

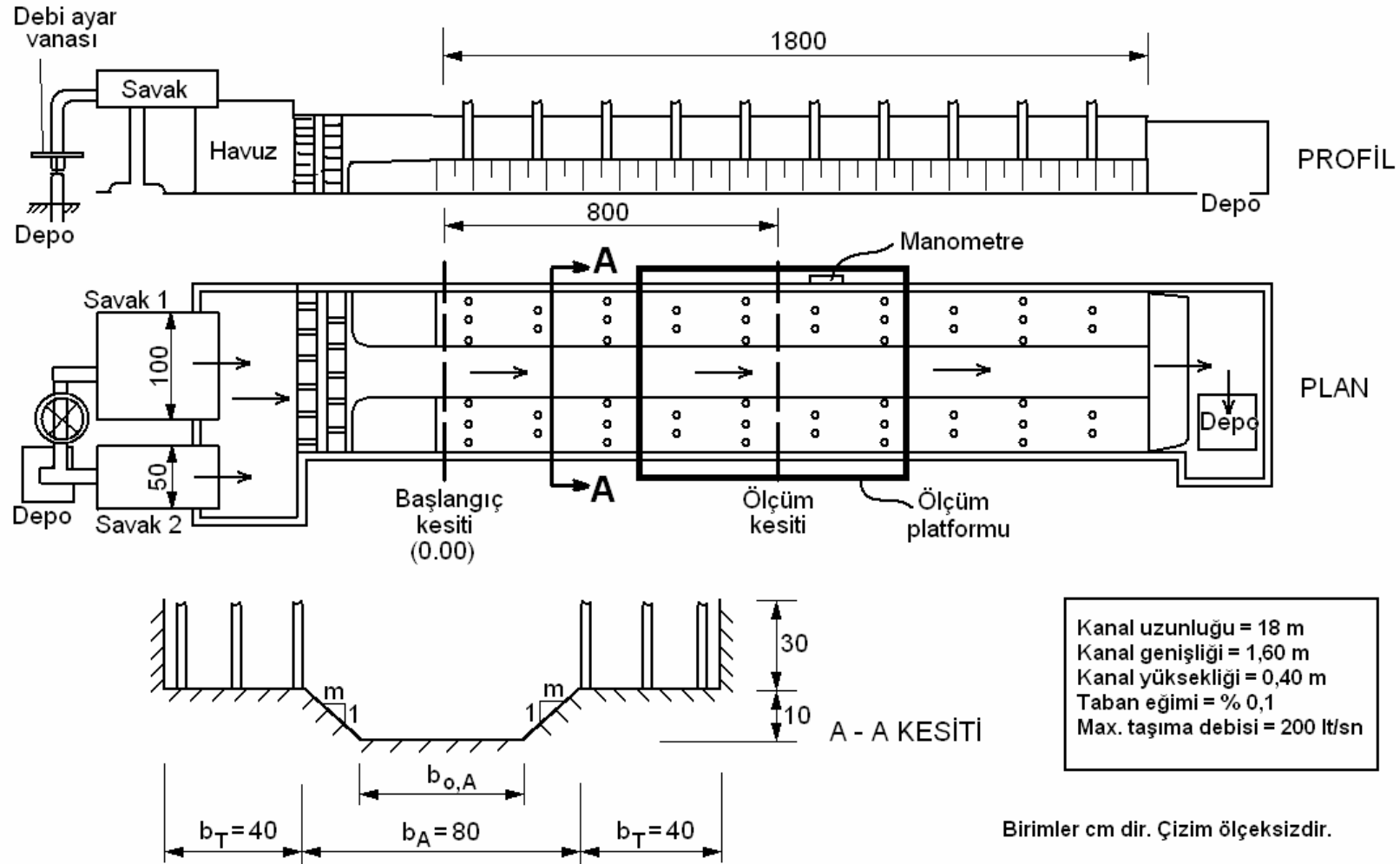
Hidrolik model, Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı Hidrolik Laboratuvarında kurulmuş olup, “Doğal Yataklı Bileşik Kanallar da Tek Boyutlu Model İle Hidrolik Hesaplar” [Özcan, 2007] konulu doktora tezi çalışmasında kullanılmıştır. Bu tez kapsamında söz konusu tez çalışmasından elde edilen deney sonuçları 5.Bölümde ki analizlerde kullanılmıştır.

Çalışma boyunca kanal taban eğimi, bitki örtüsü fiziksel özellikleri ve dağılımı sabit tutulmuştur. Kanal 18 m uzunluğunda, trapez kesitli ve toplam genişliği 1,60 m dir. Taşkın yatağı genişliği (b_T) ve ana yatak genişliği (b_A) sabit olup, sırasıyla 0,40 m ve 0,80 m’dir (Şekil 4.1).

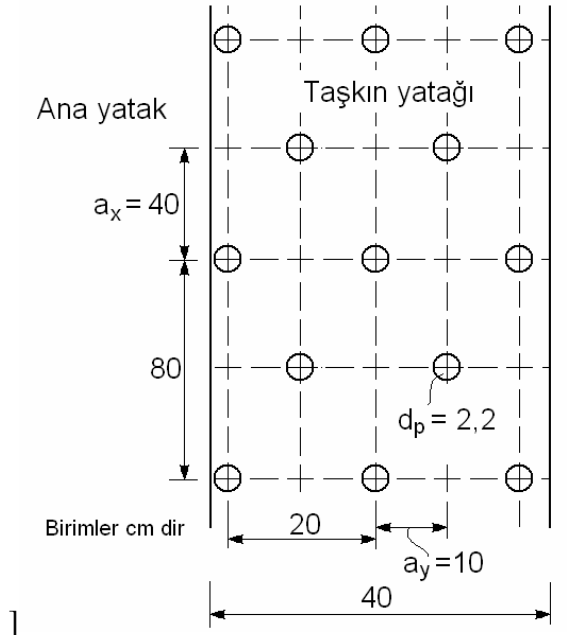
Hidrolik Laboratuvarında bulunan merkezi kontrol sistemi ile deneylerin yapılacağı kanala 180 lt/sn’ye kadar debinin pompalanması sağlanmıştır. Kanal başına yerleştirilen 2 adet 1,5 m genişlikli ve 1,0 m genişlikli dikdörtgen savak ile debi ölçümü yapılmıştır. Savak başında bulunan vana ile akım debisinin ayarı sağlanmaktadır [Özcan, 2007].

Kanal cidarı ince sıvalı beton kaplamadır. Cidar pürüzlülüğü söz konusu tez çalışmasında $k=0,44$ mm olarak belirlenmiştir. Cidar direnci ilişkisini belirlemede gerekli olan noktasal hızların ölçümü için pitot tüpü kullanılmıştır [Özcan, 2007].

Bitki örtüsü simulasyonu için bitki elemanın gövdesini karakterize edecek $d_p=2,2$ cm çapında silindirik formda metal çubuklar kullanılmıştır. Silindirik çubuklar, elemanlar arası akım doğrultusundaki mesafe $a_x=40$ cm, akıma dik doğrultudaki mesafe $a_y=10$ cm olacak şekilde üçgen formda yerleştirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Araştırma kanalının geometrik özellikleri [Özcan, 2007]



Şekil 4.2. Modeldeki silindirik çubukların geometrisi [Özcan, 2007]

Söz konusu çalışma 4 farklı ana yatak şev eğimi için 4 ayrı seri ölçümlerinden oluşmaktadır. Programın her seri ölçümünde iki aşama mevcuttur. Birinci aşama sadece ana yataktan geçen akımı, ikinci aşama ise taşkın yatağı bitki örtüsü içermesi durumunda tüm kesitte yapılan ölçümleri kapsamaktadır [Özcan, 2007].

Çizelge 4.1. Araştırma programı seri ve aşamaları [Özcan, 2007]

Araştırma Kısımları	Ana Yatak Şev Eğimi	Ana yatak taban genişliği (cm)	Ölçüm Serileri	Temsili Renk
1. Seri	1:m=1:1	$b_{o,A} = 60$	1. Aşama: (10001-10008) 2. Aşama: (11009-11015)	Gri
2. Seri	1:m=1:1,5	$b_{o,A} = 50$	1. Aşama: (20001-20005) 2. Aşama: (21006-21012)	Kırmızı
3. Seri	1:m=1:2	$b_{o,A} = 40$	1. Aşama: (30001-30006) 2. Aşama: (31007-31014)	Sarı
4. Seri	1:m=1:0	$b_{o,A} = 80$	1. Aşama: (40001-40005) 2. Aşama: (41006-41011)	Siyah



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 4.1. Farklı ana yatak şev eğimlerinde kanalın görünümü [Özcan, 2007]

- a) 1:m=1:1 (Gri) b) 1:m=1:1,5 (Kırmızı)
c) 1:m=1:2 (Sarı) d) 1:m=1:0 (Siyah)

4.2. Model Ölçüm Teknikleri

Taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kanal modelinden, taşkın yatağı ve ana yataktaki akımın ortalama hızları, ortalama cidar kayma gerilmesi, girişimdeki kayma gerilmesi ve bitki örtüsünün akıma gösterdiği direnç kuvvetinin elde edilebilmesi amacıyla, modelde aşağıda belirtilen büyüklüklerin ölçümü yapılmıştır.

- Kesitte noktasal hızlar
- Cidarda noktasal statik ve dinamik basınçların farkı
- Akım derinlikleri
- Suyun sıcaklığı

Tüm çalışma boyunca her bir debi için kanal başlangıcından 8,00 m mesafedeki kanal kesitinde, ana yatak ve taşkın yatağı üzerinde ana yatak ortasından ($y=0$) itibaren $y=5,0$ cm aralıklarla ara kesitler tayin edilmiştir [Özcan, 2007].

Her bir ara kesitte derinlik boyunca (z doğrultusu) tabanda ($z=0$), $z=1,0$ cm, $z=2,0$ cm'de ve daha sonra su yüzüne doğru 2,0 cm aralıklarla, su yüzüne yakın noktalarda ise 1,0 cm aralıklarda akım doğrultusundaki noktasal hızların ölçümü yapılmıştır.

Pitot tüpü ile noktasal hızlar, o noktadaki dinamik basınç (P_d) ile statik basıncın (P_s) yüksekliklerinin manometre vasıtasıyla okunması ve söz konusu basınçların farkından yararlanılarak;

$$v_i = \sqrt{2g \cdot \Delta h} \quad \text{ve} \quad \Delta h = \left(\frac{P_d - P_s}{\rho \cdot g} \right) \quad (4.1)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Kanal kesitinde, hızların ölçümü için kullanılan pitot tüpünden okunan statik basınç değerleri ile kanal kesitindeki akım derinlikleri belirlenmiştir [Özcan, 2007].

Okunan dinamik ve statik basınç farkından ($\Delta P = P_d - P_s$) yararlanılarak tabanda

noktasal cidar kayma gerilmeleri (τ_o) Patel eşitliği ile belirlenmiştir [Patel, 1965].

$$Y^* = 0,037 + 0,5 X^* \quad (0 < Y^* < 1,5 \text{ için}) \quad (4.2a)$$

$$Y^* = 0,8287 - 0,1381 X^* + 0,1487 X^{*2} - 0,0062 X^{*3} \quad (1,5 < Y^* < 3,5 \text{ için}) \quad (4.2b)$$

$$X^* = Y^* + 2,0 \log(1,95 Y^* + 4,10) \quad (3,5 < Y^* < 5,3 \text{ için}) \quad (4.2c)$$

Burada, X^* ve Y^* boyutsuz parametreler olup,

$$X^* = \log\left(\frac{\Delta P \cdot d^2}{4 \cdot \rho \cdot v^2}\right) \quad \text{ve} \quad Y^* = \log\left(\frac{\tau_o \cdot d^2}{4 \cdot \rho \cdot v^2}\right)$$

şeklinde tanımlanır.

Burada “d” Pitot tüpünün dış çapı ve suyun sıcaklığı ile değişen “p” suyun yoğunluğu ve “v” suyun kinematik viskozitesidir. Bilinen ΔP değerinden önce X^* , sonra Y^* değerleri belirlenir. Y^* değerinden τ_o cidar kayma gerilmesi hesaplanır.

4.3. Cidar Direncinin Belirlenmesi

Yapılan araştırmalarda, kompakt kesitli akım için kanal cidar direnci hidrolik cilalı akım koşuluna göre (Eş. 2.5) tanımlanmıştır [Myers, 1990]. Hidrolik cilalı boru akımı için Nikuradse taban direncini aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,03 \cdot \log(Re \cdot \sqrt{f}) - 0,8 \quad (4.3)$$

Eş. 4.3 ile verilen dairesel kesite sahip akımdaki cidar direnci bağıntısına analog olarak Reynolds sayısına bağlı cidar direnç katsayısı için genel olarak aşağıdaki ilişki söz konusudur [Schumacher, 1994].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = A_1 \log(Re \cdot \sqrt{f}) - A_2 \quad (4.4)$$

Burada Reynolds sayısı Eş. 2.8'den hesaplanmaktadır. Eş. 4.4'de A_1 logaritmik hız dağılımında χ von-Kármán sabitinden ileri gelen katsayı (2,03) ve A_2 ise kanal kesitin şekil faktörüne bağlı olan katsayıdır [Özcan, 2007].

Eş. 4.4'de A_2 katsayısı logaritmik ifadenin içerisine alınarak yazıldığında Eş. 4.5 ifadesi elde edilir.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = A_1 \log \left(2,51 Re \cdot \frac{\sqrt{f}}{\sqrt{SF}} \right) \quad (4.5)$$

Eş. 4.4'deki A_2 katsayıları ve Eş. 4.5'deki $\sqrt{SF}$ katsayıları Çizelge 4.2'de verilmiştir [Özcan, 2007].

Çizelge 4.2. Cidar direnci eşitliklerinin regresyon ile belirlenen katsayıları [Özcan, 2007]

Program Kısımları	1:m	Bileşik kesit (Eş. 4.4) (Eş. 4.5)		
		A_1	A_2	$\sqrt{SF}$
1. Seri	1:1	2,03	1,09	0,73
2. Seri	1:1,5	2,03	0,80	1,00
3. Seri	1:2	2,03	1,07	0,75
4. Seri	1:0	2,03	1,24	0,61

4.4. Girişim Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Bu bölümde taşkın yatağı bitki örtüsü içermesi durumunda, girişim bölgesindeki akım karakteristikleri (girişim kayma gerilmeleri, girişim direnç katsayıları) ile, bu karakteristiklere bağlı olarak ortaya çıkan yatay kayma gerilmesi dağılımı, yatay hız dağılımı sonuçları gösterilmiştir.

Zamandan bağımsız olarak düşünülen yatay kayma gerilemelerinin (τ_{xy}) kanal kesiti boyunca (y-ekseni) dağılımının çıkarılabilmesi için ilk önce ana yatak ile taşkın yatağı arasındaki ayırım alanında maksimum olan girişim kayma gerilmelerinin ($\tau_{xy}=\tau_{gir}$) hesaplanması gerekmektedir. Bu sebeple ana yatakta hesaplanan ortalama cidar kayma gerilmelerinden faydalanılarak, Eş. 4.6 ile ayırım alanındaki girişim kayma gerilmeleri ve Eş. 4.7 ile ayırım alanındaki girişim direnç katsayıları hesaplanmıştır [Özcan, 2007].

Ayırım alanı kayma gerilmesi Eş. 3.14'de görüleceği üzere aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\tau_{gir} = \frac{(\rho \cdot g \cdot A_A \cdot I_E - \tau_{o,A} \cdot U_{o,A})}{2h_{gir}} \quad (4.6)$$

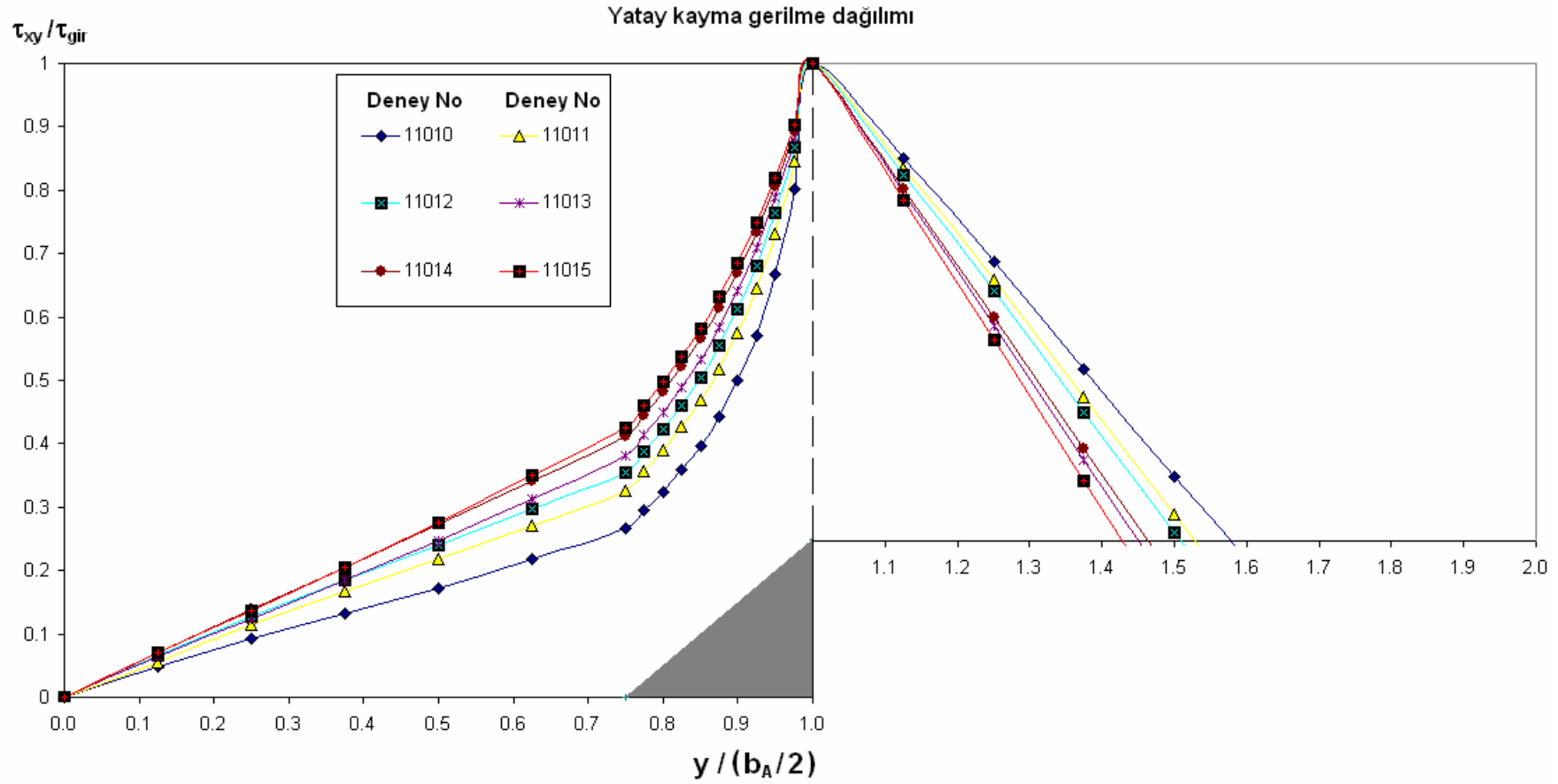
Eş. 4.6'da A_A ana yatak ıslak alanı ve $U_{o,A}$ ana yatak cidar uzunluğudur. Konu ile ilgilenen araştırmacılar deneysel çalışmalarında Eş. 4.6'dan hesapladıkları (τ_{gir}) kayma gerilmelerinden ve ana yatak ortalama akım hızlarından ayırım alanındaki girişim direnç katsayısını aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde etmişlerdir:

$$f_{gir} = 8 \frac{\tau_{gir}}{\rho \cdot V_A^2} \quad (4.7)$$

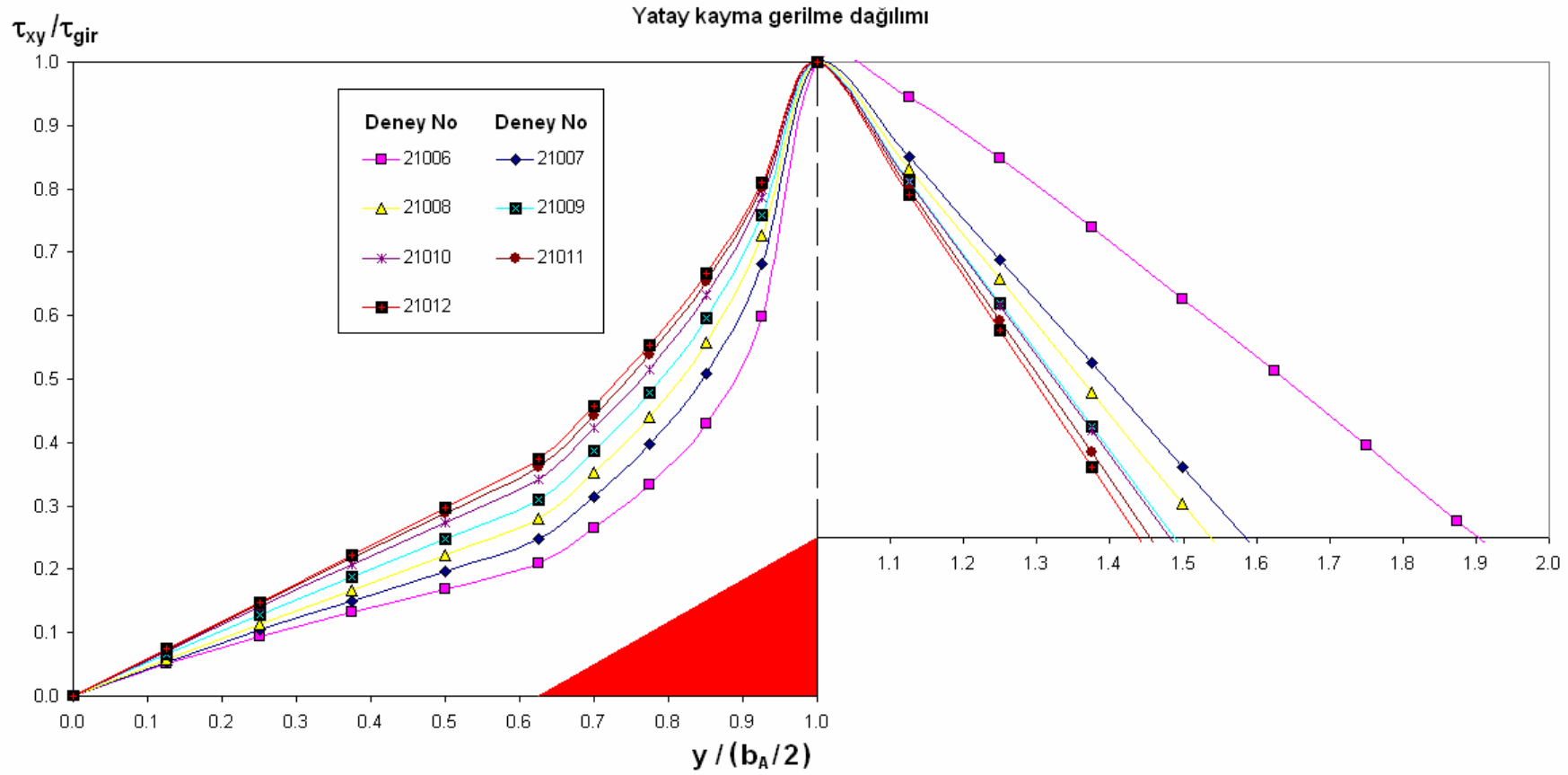
Tüm debilerde hesaplanan τ_{xy} kayma gerilmelerinin boyutsuz olarak yatay yönde değişimi 1:m=1:1 için Şekil 4.3'de, 1:m=1,5 için Şekil 4.4'de, 1:m=1:2 için Şekil

4.5’de ve 1:m=1:0 için Şekil 4.6’da görülmektedir [Özcan, 2007]. Tüm veriler için III. Bölge genişliği $b_{III}=b_A=0,40$ m kabul edilmiştir.

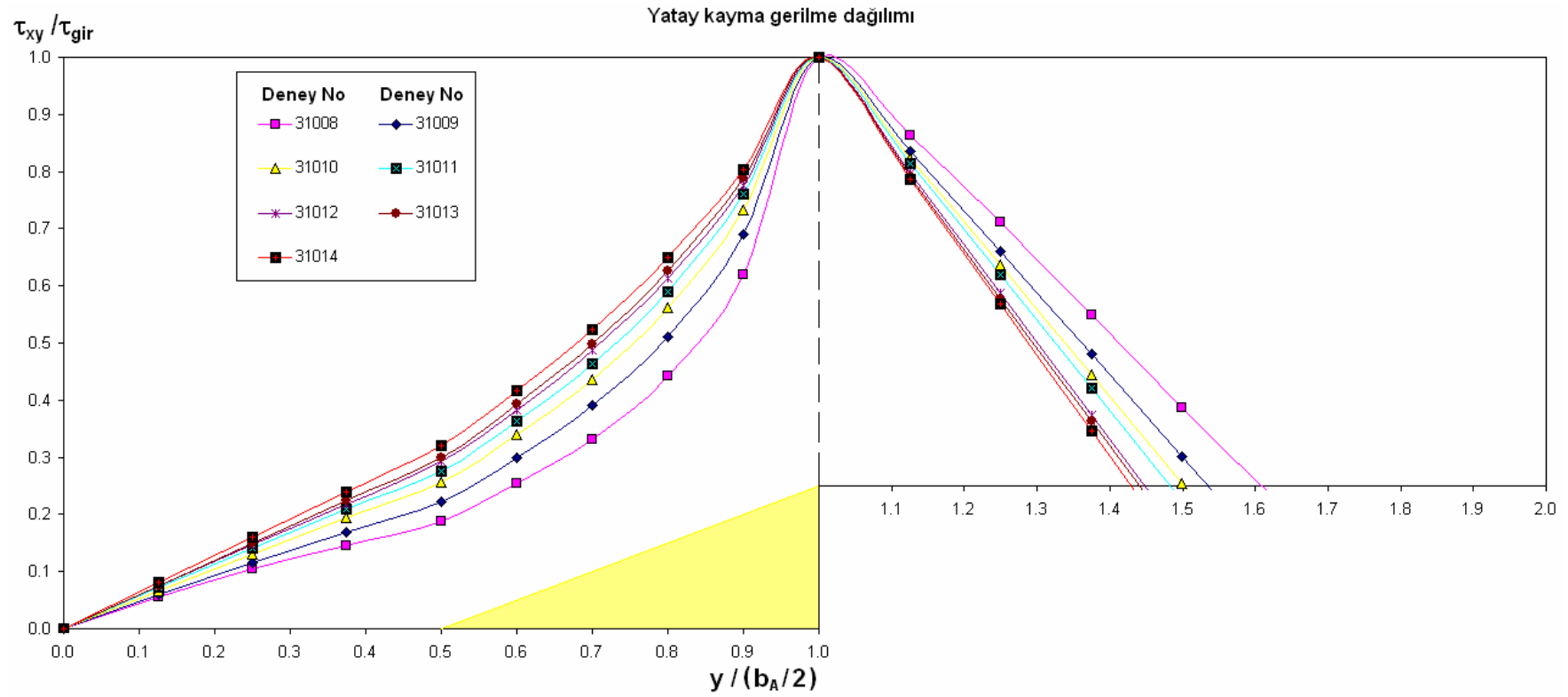
Bu çalışmada hesaplamalarda gerekli olduğundan Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da verilen kayma gerilmesi dağılımlarından II. bölge genişliği (b_{II}) değerleri bulunmuştur. Söz konusu grafiklerde b_{II} genişliği II. Bölgede türbülans gerilmelerinin sıfıra ulaştığı mesafe olarak kabul edilmiştir.



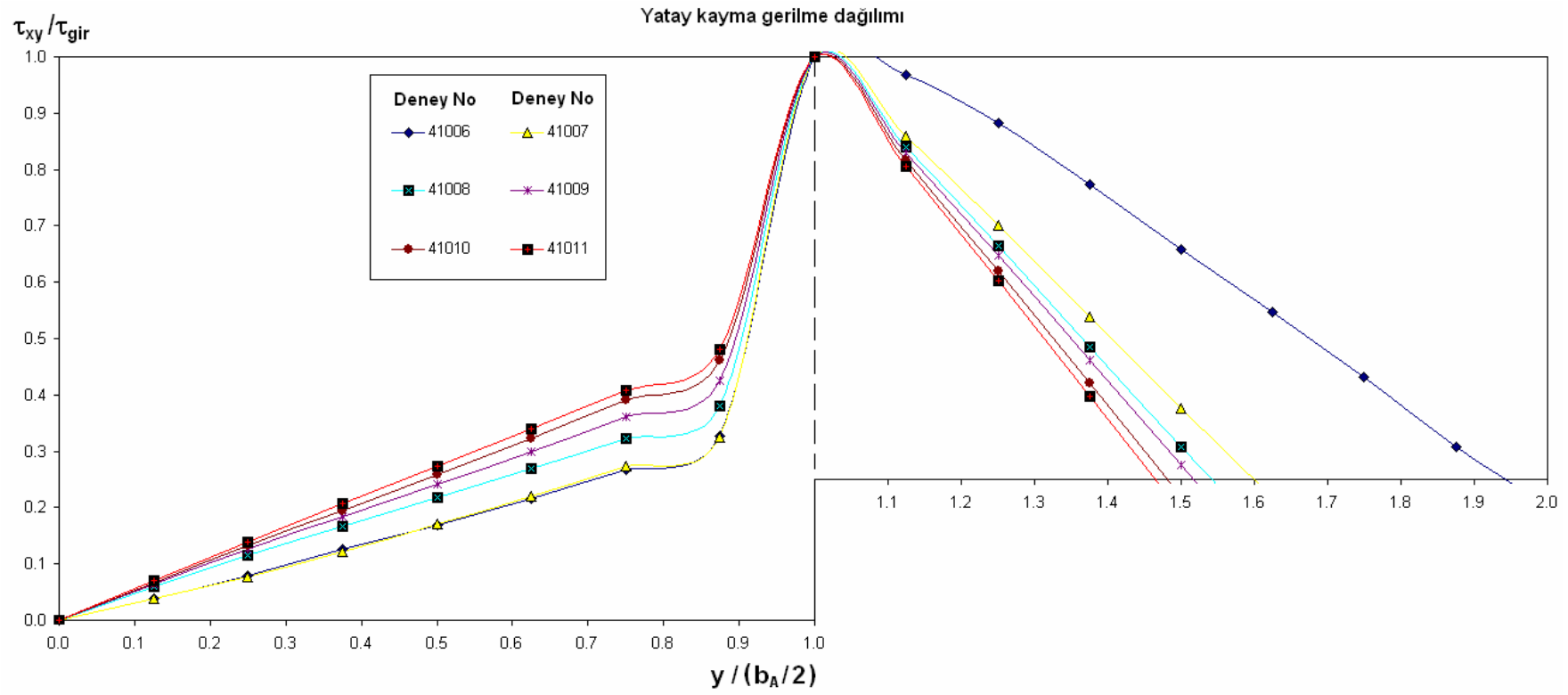
Şekil 4.3. 1:m=1:1 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı [Özcan, 2007]



Şekil 4.4. 1:m=1:1,5 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı [Özcan, 2007]



Şekil 4.5. 1:m=1:2 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı [Özcan, 2007]



Şekil 4.6. 1:m=1:0 için tüm debilerde yatay kayma gerilmesi dağılımı [Özcan, 2007]

5. BU ÇALIŞMADA ÖNERİLEN YAKLAŞIM

5.1. Giriş

Mertens'e göre ayırım alanının pürüzlülüğünün hesabı şev kısmı bitki örtüsü kaplı kompakt kesitler için geçerlidir. Mertens hesaplarında ayırım duvarı pürüzlülüğünü hesaplarken bitki örtüsünde dikkate alarak araştırmalar yapmıştır. Bu yüzden Eş. 3.18'de $1,5 \cdot d_p$ terimini dahil etmiştir.

Bu çalışmada Mertens yaklaşımından farklı olarak kullanılan veriler tek bitki örtüsü çapı için geçerli olduğundan Eş. 3.18'de bitki örtüsünün etkisi dikkate alınmamıştır.

Ayırım duvarı pürüzlülüğü aşağıdaki gibi tarif edilmiştir.

$$k_{gir} = c' \cdot b_{II} \quad (5.1)$$

Burada c' bitki örtüsüne bağlı bir katsayı b_{II} makrotürbülansın etkili olduğu II. bölgenin genişliğidir (Şekil 3.5).

Direnç eşitliği, k_{gir} kumul pürüzlülüğü vasıtasıyla Eş. 3.17'deki gibi verilmektedir.

5.2. Bu Çalışmada Önerilen Yaklaşımdaki Parametrelerin Belirlenmesi

Yapılan deneyler [Özcan, 2007] sonucunda elde edilen f_{gir} (Ayırım alanı Darcy-Weisbach direnç katsayısı) ve R_{gir} (Ana yatakta girişime bağlı hidrolik yarıçap) değerleri Eş. 3.17'de yerine yazıldığında tüm deney serileri için k_{gir} değerleri elde edilir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen k_{gir} değerleri Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de özet olarak verilmiştir. İleride izah edileceği üzere bu değerler kullanılarak Eş. 5.1'deki c' değerleri tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} (kumul pürüzlülüğü) değerleri (1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	R_{gir} (m)	f_{gir} (-)	k_{gir} (m)
11010	0,56474	0,16912	0,50983
11011	0,50165	0,15206	0,38869
11012	0,52325	0,16946	0,47371
11013	0,49477	0,15982	0,41222
11014	0,48112	0,15244	0,37415
11015	0,47836	0,15676	0,38755

Çizelge 5.2. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} (kumul pürüzlülüğü) değerleri (1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	R_{gir} (m)	f_{gir} (-)	k_{gir} (m)
21007	0,61258	0,19549	0,67255
21008	0,59282	0,19958	0,66857
21009	0,54856	0,18442	0,55765
21010	0,53197	0,18201	0,53127
21011	0,53068	0,17981	0,52133
21012	0,48839	0,15257	0,38029

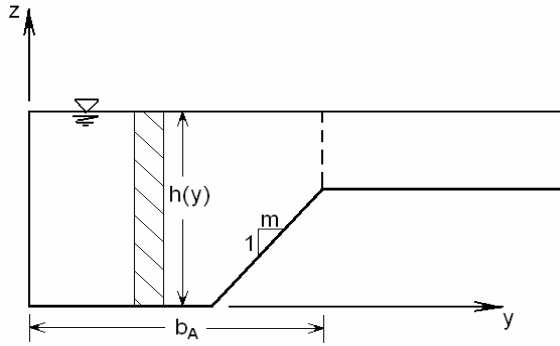
Çizelge 5.3. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} (kumul pürüzlülüğü) değerleri (1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	R_{gir} (m)	f_{gir} (-)	k_{gir} (m)
31008	0,57266	0,17998	0,56331
31009	0,59099	0,22199	0,75840
31010	0,52961	0,17604	0,50548
31011	0,50975	0,16201	0,43308
31012	0,45798	0,13282	0,28863
31013	0,48702	0,16224	0,41460
31014	0,42573	0,11317	0,20620

Çizelge 5.4. Model deney serilerinden elde edilen k_{gir} (kumul pürüzlülüğü) değerleri (1:m=1:0 olması durumu)

Deney No	R_{gir} (m)	f_{gir} (-)	k_{gir} (m)
41007	0,58434	0,16467	0,50810
41008	0,55561	0,15908	0,45981
41009	0,49478	0,13262	0,31109
41010	0,45841	0,11515	0,22868
41011	0,49102	0,13496	0,31731

Eş. 5.1'deki b_{II} değeri Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilen yatay kayma gerilmesi dağılımlarından faydalanılarak bulunmuştur. Yatay kayma gerilmesi dağılımlarında τ_{xy}/τ_{gir} değerlerinin taşkın yatağında sıfır olduğu duruma karşılık gelen y değerleri tesbit edilmiştir. Burada τ_{xy} :verilen koordinatlarda girişimden kaynaklanan kayma gerilmesi, τ_{gir} :ayırım alanındaki girişim kayma gerilmesi, y :değerlerin bulunduğu koordinatlar, b_A :III. bölge genişliği (Şekil 3.5), ana yatak genişliği (Tüm veriler için $b_A=0,40$ m) olarak tarif edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Araştırma kanalı yarı kesiti

Yatay kayma gerilmesi dağılımlarından bulunan y değerlerinden b_A değeri (0.40 m) çıkarılarak b_{II} değerleri (makrotürbülansın etkili olduğu II. bölgenin genişliği) tespit edilmiştir (Çizelge 5.5, Çizelge 5.6, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8).

Çizelge 5.5. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri
(1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	y (m)	b_A (m)	b_{II} (m)
11010	0,65	0,40	0,25
11011	0,65	0,40	0,25
11012	0,65	0,40	0,25
11013	0,60	0,40	0,20
11014	0,60	0,40	0,20
11015	0,60	0,40	0,20

Çizelge 5.6. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri
(1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	y (m)	b_A (m)	b_{II} (m)
21007	0,65	0,40	0,25
21008	0,65	0,40	0,25
21009	0,60	0,40	0,20
21010	0,60	0,40	0,20
21011	0,60	0,40	0,20
21012	0,60	0,40	0,20

Çizelge 5.7. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri
(1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	y (m)	b_A (m)	b_{II} (m)
31008	0,65	0,40	0,25
31009	0,65	0,40	0,25
31010	0,65	0,40	0,25
31011	0,60	0,40	0,20
31012	0,60	0,40	0,20
31013	0,60	0,40	0,20
31014	0,60	0,40	0,20

Çizelge 5.8. Model deney serilerinden elde edilen b_{II} değerleri
(1:m=1:0 olması durumu)

Deney No	y (m)	b_A (m)	b_{II} (m)
41007	0,65	0,40	0,25
41008	0,65	0,40	0,25
41009	0,65	0,40	0,25
41010	0,60	0,40	0,20
41011	0,60	0,40	0,20

k_{gir} (kumul pürüzlülüğü) değerleri (Çizelge 5.1, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3, Çizelge 5.4) ve b_{II} (II. bölgenin genişliği) değerleri Eş. 5.1’de yerine yazılarak tüm deney serileri için c' verileri elde edilmiştir (Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12).

Çizelge 5.9. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri
(1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	k_{gir} (m)	b_{II} (m)	c' (-)	c' (ortalama)
11010	0,50983	0,25	2,03932	
11011	0,38869	0,25	1,55476	
11012	0,47371	0,25	1,89484	1,89308
11013	0,41222	0,20	2,0611	
11014	0,37415	0,20	1,87075	
11015	0,38755	0,20	1,93775	

Çizelge 5.10. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri
(1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	k_{gir} (m)	b_{II} (m)	c' (-)	c' (ortalama)
21007	0,67255	0,25	2,6902	
21008	0,66857	0,25	2,67428	
21009	0,55765	0,20	2,78825	2,55286
21010	0,53127	0,20	2,65635	
21011	0,52133	0,20	2,60665	
21012	0,38029	0,20	1,90145	

Çizelge 5.11. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri
(1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	k_{gir} (m)	b_{II} (m)	c' (-)	c' (ortalama)
31008	0,56331	0,25	2,25324	
31009	0,75840	0,25	3,0336	
31010	0,50548	0,25	2,02192	
31011	0,43308	0,20	2,16540	2,00304
31012	0,28863	0,20	1,44315	
31013	0,41460	0,20	2,07300	
31014	0,20620	0,20	1,03100	

Çizelge 5.12. Model deney serilerinden elde edilen c' değerleri
(1:m=1:0 olması durumu)

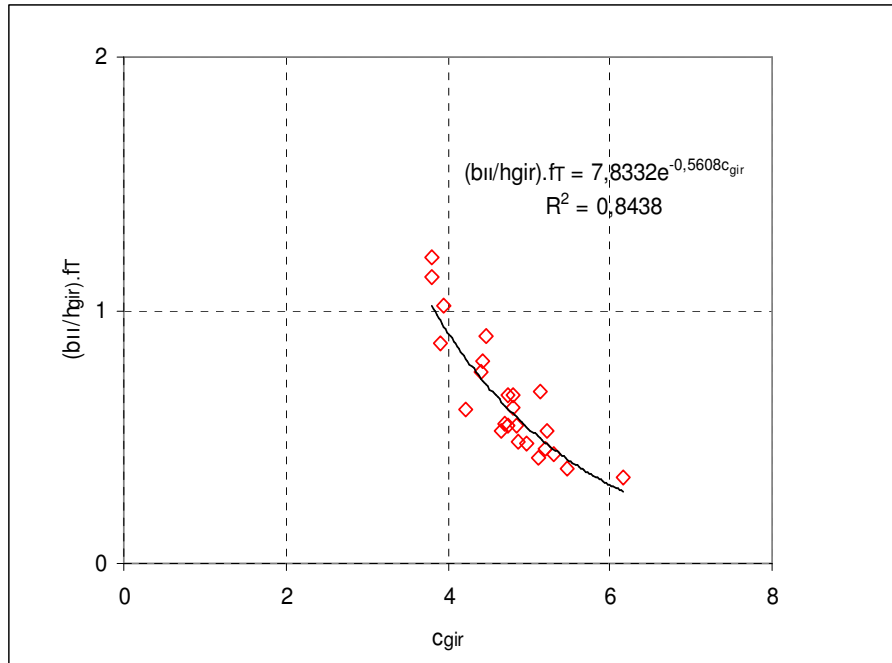
Deney No	k_{gir} (m)	b_{II} (m)	c' (-)	c' (ortalama)
41007	0,50810	0,25	0,5081	
41008	0,45981	0,25	0,45981	
41009	0,31109	0,25	0,31108	1,47949
41010	0,22868	0,20	0,22868	
41011	0,31731	0,20	0,31731	

Çizelge 5.13. Model deney serilerinden elde edilen veriler [Özcan, 2007]

Deney No	c_{gir} (-)	h_{gir} (m)	b_{II} (m)	f_T (-)	$(b_{II}/h_{gir}) \cdot f_T$ (-)
11010	4,46732	0,0400	0,25	0,14329	0,89556
11011	5,13520	0,0558	0,25	0,15192	0,68064
11012	4,80270	0,0680	0,25	0,18036	0,66308
11013	4,74947	0,0830	0,20	0,22535	0,54300
11014	4,96440	0,0930	0,20	0,21973	0,47254
11015	4,85222	0,1069	0,25	0,29047	0,54344
21007	3,95657	0,0443	0,25	0,17981	1,01470
21008	3,90186	0,0581	0,25	0,20216	0,86989
21009	4,22835	0,0726	0,20	0,22062	0,60777
21010	4,69679	0,0861	0,20	0,23697	0,55045
21011	4,80749	0,0988	0,20	0,30296	0,61328
21012	5,20665	0,1102	0,20	0,24895	0,45182
31008	3,79361	0,0323	0,25	0,15575	1,20548
31009	3,80938	0,0484	0,25	0,21880	1,13019
31010	4,42668	0,0630	0,25	0,20059	0,79598
31011	4,66605	0,0774	0,20	0,20171	0,52122
31012	5,31009	0,0899	0,20	0,19345	0,43037
31013	4,86205	0,1030	0,20	0,24706	0,47972
31014	6,15937	0,1141	0,20	0,19303	0,33836
41007	4,40177	0,0475	0,25	0,14357	0,75563
41008	4,74357	0,0620	0,25	0,16446	0,66316
41009	5,22910	0,0743	0,25	0,15537	0,52277
41010	5,47997	0,0870	0,20	0,16245	0,37344
41011	5,12332	0,0991	0,20	0,20496	0,41364

Çizelge 5.13’de, yapılan deneyler [Özcan, 2007] sonucunda elde edilen c_{gir} (boyutsuz kayma hızı) (Eş. 3.37), f_T (taşkın yatağını karakterize eden direnç katsayısı), h_{gir} (ayırım alanındaki akım derinliği) ve b_{II} (Bkz.Böl. 4.4) değerleri özet olarak verilmiştir.

DVWK yönteminde b_{II} değerini hesaplamada kullanılan yaklaşıma benzer olarak $(b_{II}/h_{gir}).f_T$ değerleri ile c_{gir} değerleri (Çizelge 5.13) arasında yapılan regresyon analizi ile yeni bir formül çıkarmak suretiyle b_{II} değeri yeniden tarif edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. $(b_{II} / h_{gir}).f_T$ değerlerinin c_{gir} değerleriyle olan ilişkisi

Yapılan regresyon analizi sonucu b_{II} değerleri aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

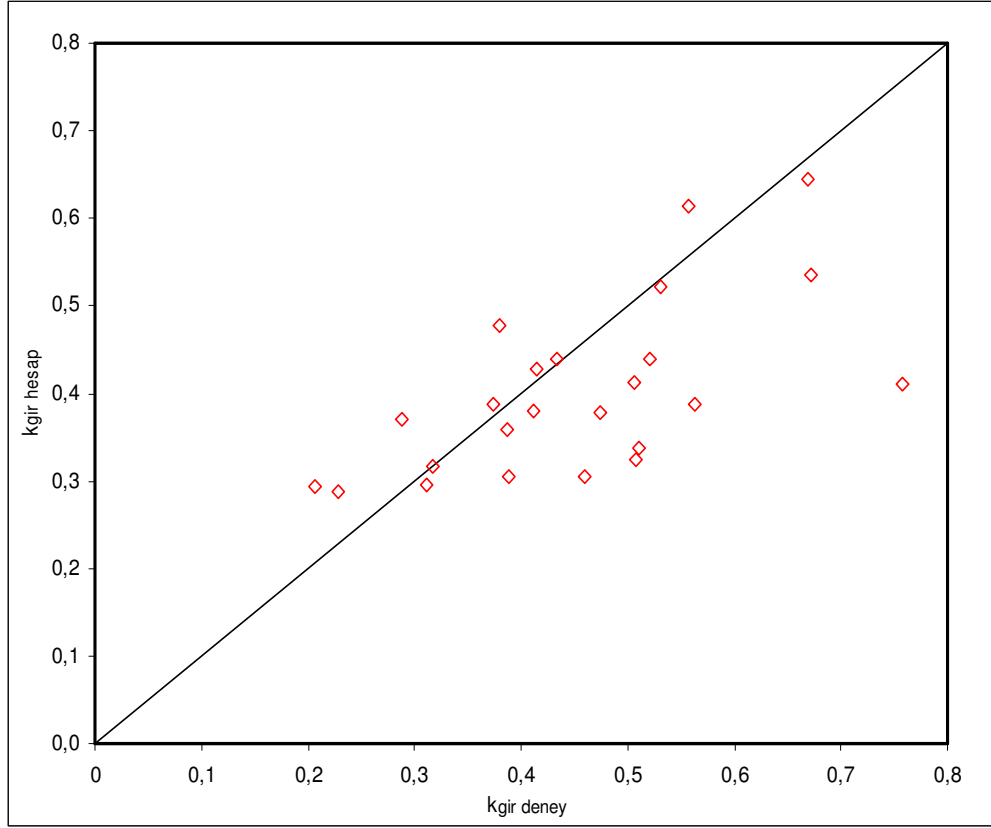
$$b_{II \text{ hesap}} = \frac{7,8332h_{gir}}{f_T(e^{0,5608C_{gir}})} \quad (5.2)$$

Eş. 5.2 ile hesap edilen $b_{II \text{ hesap}}$ değerleri Eş. 5.1’de yerine yazılarak $k_{gir \text{ hesap}}$ değerleri bulunmuştur (Çizelge 5.14). Bu $k_{gir \text{ hesap}}$ değerleri kullanılarak işlemler yapılmıştır.

Çizelge 5.14. Model deney serilerinden ve hesaplardan elde edilen veriler

Deney No	k_{gir} deney (m)	k_{gir} hesap (m)	b_{II} deney (m)	b_{II} hesap (m)	k_{gir} Hata oranı (%)
11010	0,50983	0,33801	0,25	0,17855	33,70
11011	0,38869	0,30580	0,25	0,16154	21,33
11012	0,47371	0,37825	0,25	0,19980	20,15
11013	0,41222	0,38071	0,20	0,20111	7,64
11014	0,37415	0,38780	0,20	0,20485	-3,65
11015	0,38755	0,35910	0,25	0,18969	7,34
21007	0,67255	0,53560	0,25	0,20980	20,36
21008	0,66857	0,64437	0,25	0,25241	3,62
21009	0,55765	0,61437	0,20	0,24066	-10,17
21010	0,53127	0,52163	0,20	0,20433	1,81
21011	0,52133	0,44001	0,20	0,17236	15,60
21012	0,38029	0,47746	0,20	0,18703	-25,55
31008	0,56331	0,38768	0,25	0,19354	31,18
31009	0,75840	0,40986	0,25	0,20462	45,96
31010	0,50548	0,41166	0,25	0,20552	18,56
31011	0,43308	0,43976	0,20	0,21954	-1,54
31012	0,28863	0,37114	0,20	0,18529	-28,59
31013	0,41460	0,42806	0,20	0,21371	-3,25
31014	0,20620	0,29319	0,20	0,14637	-42,19
41007	0,50810	0,32480	0,25	0,21954	36,08
41008	0,45981	0,30554	0,25	0,20652	33,55
41009	0,31109	0,29520	0,25	0,19953	5,11
41010	0,22868	0,28721	0,20	0,19413	-25,59
41011	0,31731	0,31671	0,20	0,21407	0,19

Elde edilen k_{gir} hesap ve k_{gir} deney verileri ve hata oranları Çizelge 5.14’de özet olarak verilmektedir. Bu veriler kullanılarak Şekil 5.3’de yer alan grafik çizilmiştir.



Şekil 5.3. k_{gir} hesap ve k_{gir} deney değerlerinin birbiriyle olan ilişkisi

Elde edilen k_{gir} hata oranı ortalaması % 6,73 olarak hesap edilmiştir. Bu sonuç Şekil 5.3’de görüldüğü üzere k_{gir} hesap değerleri $0,3 < k_{gir} \text{ deney} < 0,6$ aralığı için geçerlidir.

6. BİTKİ ÖRTÜLÜ BİLEŞİK KESİTLERDEKİ KAPASİTE TAYİNİ YAKLAŞIMLARININ İRDELENMESİ

6.1. Giriş

Bu bölümde Mertens, Pasche ve bu çalışmada önerilen yaklaşımlarla yapılan hesaplar sonucunda elde edilen veriler irdelenmiştir. Bu yöntemlerden alınan sonuçlar özet olarak verilmiş ve bu verilerden faydalanarak grafik ve tablolar çizilmiştir. (Yöntemlerle ilgili çözümler Ek'te verilmiştir)

Bitki örtüsü içeren kanallarda bitki örtüsü direncini hesaplamaya yönelik öne çıkan yaklaşımlardan Pasche'ye göre sınır direnç katsayısı esas olarak bitki çapı ile a_{NL} ve a_{NB} mesafelerine (Bkz.Böl. 3.6) ve eşdeğer girişim bölgesindeki taşkın yatağı genişliğine bağlıdır. Yöntemi farklı olmasına rağmen aynı sonuca Mertens de ulaşmıştır [Özcan, 2007].

6.2. Mertens Yaklaşımının İrdelenmesi

Mertens yaklaşımı ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen veriler (Bkz. Ek-2) farklı deney serileri için Çizelge 6.1, Çizelge 6.2, Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'de özet olarak verilmiş ve bu çizelgelerden alınan değerlere göre Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de gösterilen grafikler çizilmiştir. Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6'da yapılan hesaplar sonucu elde edilen ana yatak debileri ve girişim direnci değerleri deney verileriyle (Bkz. Ek-1) kıyaslanarak hata oranları gösterilmiştir. Hata oranlarının pozitif çıkması deneyler sonucu elde edilen verilerin kullanılan yöntemler sonucu elde edilen verilerden büyük olduğunu, küçük çıkması ise tam tersi durumun yani kullanılan yöntemlerde elde edilen verilerin deney verilerinden daha büyük olduğunu göstermektedir. Çizelgelerde ki hata payları Eş. 6.1 ile bulunmuştur.

$$Hata\ payı\ (\%) = \frac{Deney\ sonucu - Hesap\ sonucu}{Deney\ sonucu} \times 100 \quad (6.1)$$

Ana yatak debileri (Q_A) Mertens yaklaşımında bazı serilerde deneysel değerlerden daha büyük bazı serilerde daha küçük çıkmıştır. Bu değerler Çizelge 6.5’de verilmiştir. Tüm deney serileri için Mertens yaklaşımında %11,80 ile %-12,12 arası hata payı çıkmaktadır. Elde edilen değerlerden, serilerin çoğunda Mertens yaklaşımının Pasche yaklaşımından daha uygun sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Mertens yaklaşımından elde edilen girişim direnç katsayıları ise Çizelge 6.6’da verilmiştir. Tüm deney serileri için Mertens yaklaşımında %32,47 ile %-29,27 arası hata payı çıkmaktadır. Deney serilerinde farklı şev eğimlerinde aynı debi geçirildiğinde girişim dirençlerinin artış gösterdiği Çizelge 6.6’da görülmektedir.

Yapılan hesaplamalarda Mertens’in önerdiği üzere b_{II} değerleri kanal geometrisinden hesap edilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmalarda taşkın yatağı sabit uzunlukta ve dikdörtgen kesitten ibaret olduğu için değişken taşkın yatağı derinliklerinde b_{II} değerleri hep sabit ($b_{II}=0,4$ m) olarak alınmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ana yatak debileri hata oranları ortalamaları % 3,00 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla yapılan hesaplar kabul edilebilir değerlerde çıkmıştır. Taşkın yatağı yüksekliği arttıkça ana yatak su yüksekliğide artmaktadır ve ana yatak debinin daha büyük bir bölümünü taşımaktadır. Buna bağlı olarak makrotürbülansın en etkin olduğu yer ana yataktır.

Şekil 6.1’de görüldüğü üzere Mertens yaklaşımı dikdörtgen veya şev eğimi 1:m=1:2 trapez kesit için daha sağlıklı sonuçlar vermektedir (Çizelge 6.6). Şekil 6.2’de dikdörtgen yataklı kesitlerde f_{gir} (Deney) ve f_{gir} (Hesap) değerlerinin diğer verilere göre daha uyum içinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.1. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{f,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
11010	0,07548	0.1400	0.05682	0,02745	0.06578	0.01704	0.14289	0.55157	0.74	1.56591E+05
11011	0,08816	0.1558	0.05866	0,03161	0.06240	0.001711	0.14615	0.53306	0.769	1.53625E+05
11012	0,10474	0.1680	0.05324	0.03433	0.060194	0.01693	0.14763	0.52506	0.842	1.61866E+05
11013	0,11621	0.1830	0.05427	0.03909	0.05705	0.01715	0.15165	0.50450	0.852	1.51918E+05
11014	0,12924	0.1930	0.05491	0.04027	0.05706	0.01701	0.15113	0.50701	0.895	1.58113E+05
11015	0,14339	0.2069	0.05324	0.04356	0.05537	0.01701	0.15298	0.49804	0.922	1.58074E+05

Çizelge 6.2. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
21007	0,07583	0.1259	0.06346	0,02813	0,06076	0,01615	0,14437	0,54306	0,755	1.46515E+05
21008	0,09208	0.1443	0.04617	0,03135	0,0582	0,01599	0,14626	0,53246	0,826	1.54270E+05
21009	0,10461	0.1581	0.04260	0,03524	0,05568	0,01604	0,14906	0,51756	0,85	1.51887E+05
21010	0,11795	0.1726	0.04343	0,03851	0,05389	0,01601	0,15093	0,50805	0,881	1.53114E+05
21011	0,13237	0.1861	0.04228	0,04139	0,0524	0,01593	0,15236	0,50103	0,919	1.56825E+05
21012	0,13708	0.1988	0.03918	0,04411	0,05157	0,01605	0,15381	0,49409	0,895	1.51061E+05

Çizelge 6.3. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
31008	0,05665	0.1323	0.04885	0,02652	0,06145	0,01731	0,14774	0,52451	0,66	1.41875E+05
31009	0,0771	0.1484	0.04151	0,03055	0,05789	0,01691	0,14992	0,51315	0,781	1.58589E+05
31010	0,08556	0.1630	0.04367	0,03447	0,05607	0,01703	0,1523	0,50129	0,775	1.53226E+05
31011	0,09534	0.1774	0.04301	0,03833	0,0543	0,01711	0,15455	0,49064	0,782	1.50149E+05
31012	0,10263	0.1899	0.04958	0,04169	0,05292	0,01718	0,15644	0,482	0,778	1.47164E+05
31013	0,12246	0.2030	0.04207	0,04428	0,05156	0,01689	0,15702	0,47943	0,86	1.59787E+05
31014	0,11996	0.2141	0.05413	0,04701	0,05122	0,01712	0,15832	0,47372	0,793	1.59787E+05

Çizelge 6.4. Mertens yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:0 olması durumu)

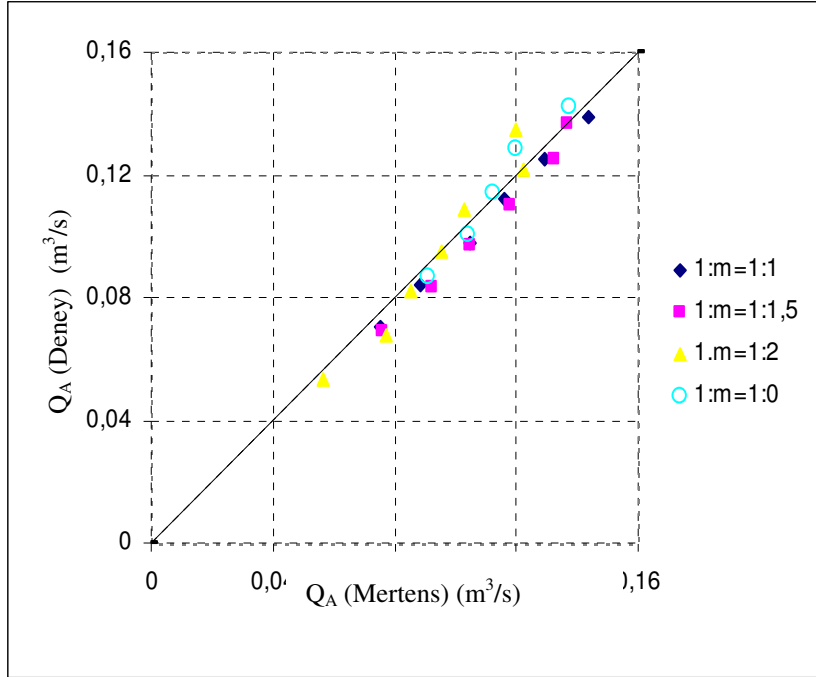
Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{i,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
41007	0,9086	0.1475	0.04617	0,02768	0,06534	0,01678	0,14242	0,55441	0,77	1.99839E+05
41008	0,10394	0.1620	0.04260	0,03097	0,0626	0,01681	0,14496	0,53972	0,802	1.98226E+05
41009	0,11225	0.1743	0.04343	0,03374	0,0609	0,01693	0,14695	0,52874	0,805	1.91850E+05
41010	0,12013	0.1870	0.04228	0,03657	0,05941	0,01705	0,14886	0,51862	0,803	1.85037E+05
41011	0,13746	0.1991	0.03918	0,03901	0,05773	0,01694	0,15019	0,51176	0,863	1.90989E+05

Çizelge 6.5. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları

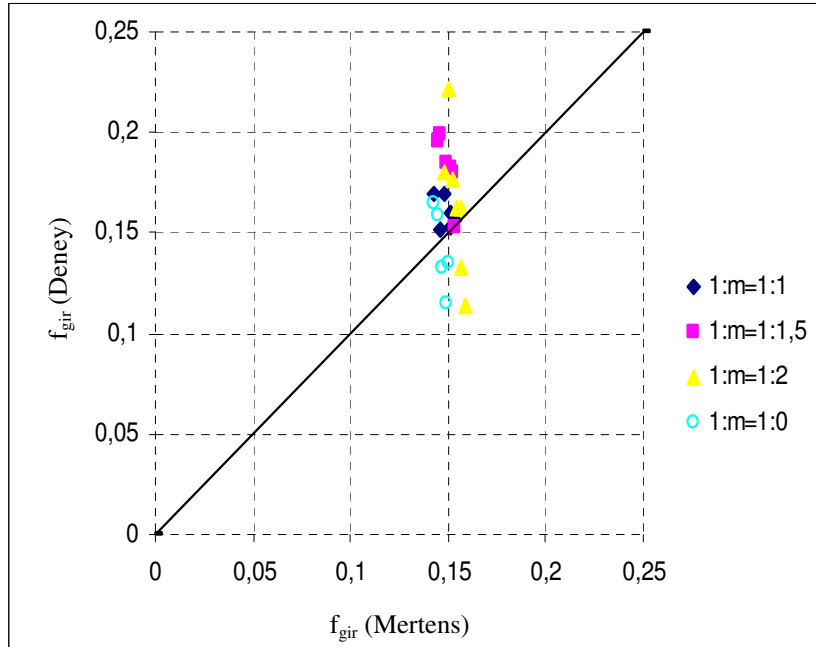
Deney No	Q _A (Deney) (m ³ /s)	Q _A (Mertens)Hesap (m ³ /s)	Hata Oranı (%)
11010	0,0702	0,07548	6,99
11011	0,0839	0,08816	4,83
11012	0,0976	0,10474	6,81
11013	0,1121	0,11621	3,53
11014	0,1253	0,12924	3,04
11015	0,1388	0,14339	3,20
21007	0,0692	0,07583	8,74
21008	0,0832	0,09208	9,64
21009	0,0968	0,10461	7,46
21010	0,1099	0,11795	6,82
21011	0,1254	0,13237	5,26
21012	0,1368	0,13708	0,20
31008	0,0536	0,05665	5,38
31009	0,0680	0,0771	11,80
31010	0,0818	0,08556	4,39
31011	0,0949	0,09534	0,46
31012	0,1086	0,10263	-5,81
31013	0,1214	0,12246	0,86
31014	0,1345	0,11996	-12,12
41007	0,0867	0,09086	9,45
41008	0,1007	0,10394	3,11
41009	0,1143	0,11225	-1,82
41010	0,1284	0,12013	-6,88
41011	0,1420	0,13746	-3,30

Çizelge 6.6. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları

Deney No	f_{gir} (Deney) (-)	f_{gir} (Mertens) Hesap (-)	Hata Oranı (%)
11010	0,16912	0,14289	15,51
11011	0,15206	0,14615	3,887
11012	0,16946	0,14763	12,88
11013	0,15982	0,15165	5,112
11014	0,15244	0,15113	0,859
11015	0,15676	0,15298	2,411
21007	0,19549	0,14437	26,15
21008	0,19958	0,14626	26,72
21009	0,18442	0,14906	19,17
21010	0,18201	0,15093	17,08
21011	0,17981	0,15236	15,27
21012	0,15257	0,15381	-0,813
31008	0,17998	0,14774	17,91
31009	0,22199	0,14992	32,47
31010	0,17604	0,15230	13,49
31011	0,16201	0,15455	4,605
31012	0,13282	0,15644	-17,78
31013	0,16224	0,15702	3,217
31014	0,11317	0,15832	-39,9
41007	0,16467	0,14242	13,51
41008	0,15908	0,14496	8,876
41009	0,13262	0,14695	-10,81
41010	0,11515	0,14886	-29,27
41011	0,13496	0,15019	-11,28



Şekil 6.1. Ana yatak deney debilerinin Mertens yaklaşımı ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması



Şekil 6.2. Ana yatak deney girişim dirençlerinin Mertens yaklaşımı ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması

6.3. Pasche Yaklaşımının İrdelenmesi

Pasche yaklaşımı ile yapılan hesaplar sonucunda elde edilen veriler (Bkz. Ek-3) farklı deney serileri için Çizelge 6.7, Çizelge 6.8, Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10 da verilmiş ve bu çizelgelerden alınan değerlere göre Şekil 6.3 ve Şekil 6.4 de gösterilen grafikler çizilmiştir. Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12’de yapılan hesaplar sonucu elde edilen ana yatak debileri ve girişim direnci değerleri deney verileriyle (Bkz. Ek-1) kıyaslanarak hata oranları gösterilmiştir.

Ana yatak debileri (Q_A) Pasche yaklaşımında bazı serilerde deneysel değerlerden daha büyük bazı serilerde daha küçük çıkmıştır. Bu değerler Çizelge 6.11’de verilmiştir. Tüm deney serileri için Pasche yaklaşımında %14,21 ile %-5,57 arası, hata payı çıkmaktadır.

Mertens ve Pasche yaklaşımlarında teorik açıdan yatay kayma gerilme dağılımı için yapılan kabullerin farklılığı, girişimin etkisindeki ayırım alanında farklı direnç katsayılarının bulunmasına sebep olmuştur. Pasche yaklaşımından elde edilen girişim direnç katsayıları Çizelge 6.12’de verilmiştir. Tüm deney serileri için Pasche yaklaşımında %38,92 ile %-24,33 arası, hata payı çıkmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ana yatak debileri hata oranları ortalamaları % 5,49 olarak çıkmaktadır. Pasche yaklaşımında b_{II} makrotürbülansın etkili olduğu II. bölgenin ortalama genişliği DVWK’nın önerdiği yaklaşım ile hesaplanmış ve EK-3’de verilmiştir. Bu hesaplarda elde edilen sonuçlardan görüldüğü üzere b_{II} değeri taşkın yatağı genişliği olan 0,4 m den büyük çıkmaktadır. Teorik olarak b_{II} değeri taşkın yatağından büyük olabilmesine rağmen pratikte böyle olamayacağından $b_{II} > 0,4$ değerlerinde $b_{II}=0,4$ olarak alınıp işlemler yapılmıştır. Şekil 6.3 incelendiğinde Pasche yaklaşımının deney sonuçları ile en uyum içinde olduğu durum dikdörtgen kesittir. Şekil 6.4’deki sonuçlar Şekil 6.3 ile uyum içindedir. Deney sonuçları ve Pasche ile hesaplanan f_{gir} (Deney) ve f_{gir} (Hesap) değerleri (Çizelge 6.12) dikdörtgen kesit için daha fazla uyum göstermektedir.

Çizelge 6.7. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	v_A (m/s)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	a_{NL} (m)	a_{NB} (m)	Ω (-)	$Re_{o,A}$ (-)
11010	0,07609	0,746	0,02703	0,06652	0,01697	0,13801	0,54087	1,361	0,060	0,626	1.5965E+05
11011	0,08976	0,783	0,03049	0,06409	0,01695	0,13757	0,52021	1,350	0,059	0,623	1.6066E+05
11012	0,10723	0,862	0,03275	0,06235	0,01672	0,13678	0,50998	1,330	0,059	0,617	1.7164E+05
11013	0,12194	0,894	0,03551	0,06127	0,01673	0,13540	0,49583	1,295	0,058	0,607	1.7121E+05
11014	0,13400	0,928	0,03746	0,06022	0,01670	0,13599	0,49053	1,310	0,058	0,612	1.7302E+05
11015	0,15008	0,965	0,03973	0,05930	0,01662	0,13520	0,48254	1,290	0,058	0,606	1.7718E+05

Çizelge 6.8. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	v_A (m/s)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	a_{NL} (m)	a_{NB} (m)	Ω (-)	$Re_{o,A}$ (-)
21007	0,07684	0,765	0,02739	0,06199	0,01605	0,13757	0,53153	1,350	0,059	0,623	1.5145E+05
21008	0,09387	0,842	0,03018	0,05989	0,01583	0,13639	0,51586	1,320	0,059	0,614	1.6182E+05
21009	0,10770	0,875	0,03327	0,05813	0,01581	0,13678	0,50312	1,330	0,059	0,617	1.6324E+05
21010	0,12223	0,913	0,03585	0,05685	0,01572	0,13643	0,49337	1,321	0,059	0,615	1.6738E+05
21011	0,13813	0,959	0,03800	0,05587	0,01560	0,13556	0,48562	1,299	0,058	0,609	1.7450E+05
21012	0,14382	0,939	0,04010	0,05539	0,01567	0,13520	0,47865	1,296	0,058	0,608	1.7022E+05

Çizelge 6.9. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	v_A (m/s)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	a_{NL} (m)	a_{NB} (m)	Ω (-)	$Re_{o,A}$ (-)
31008	0,05768	0,672	0,02557	0,06314	0,01715	0,13599	0,50070	1,310	0,058	0,612	1.4844E+05
31009	0,07927	0,803	0,02887	0,06040	0,01668	0,13560	0,49117	1,300	0,058	0,609	1.7013E+05
31010	0,08865	0,804	0,03207	0,05917	0,01673	0,13520	0,47830	1,290	0,058	0,606	1.6756E+05
31011	0,09973	0,818	0,03500	0,05812	0,01672	0,13504	0,46952	1,286	0,058	0,605	1.6809E+05
31012	0,10844	0,822	0,03734	0,05745	0,01670	0,13460	0,46300	1,275	0,057	0,602	1.6878E+05
31013	0,12588	0,884	0,04189	0,05376	0,01666	0,14567	0,47018	1,390	0,065	0,680	1.7123E+05
31014	0,12753	0,843	0,04159	0,05612	0,01659	0,13440	0,45457	1,270	0,057	0,600	1.7428E+05

Çizelge 6.10. Pasche yaklaşımı ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:0 olması durumu)

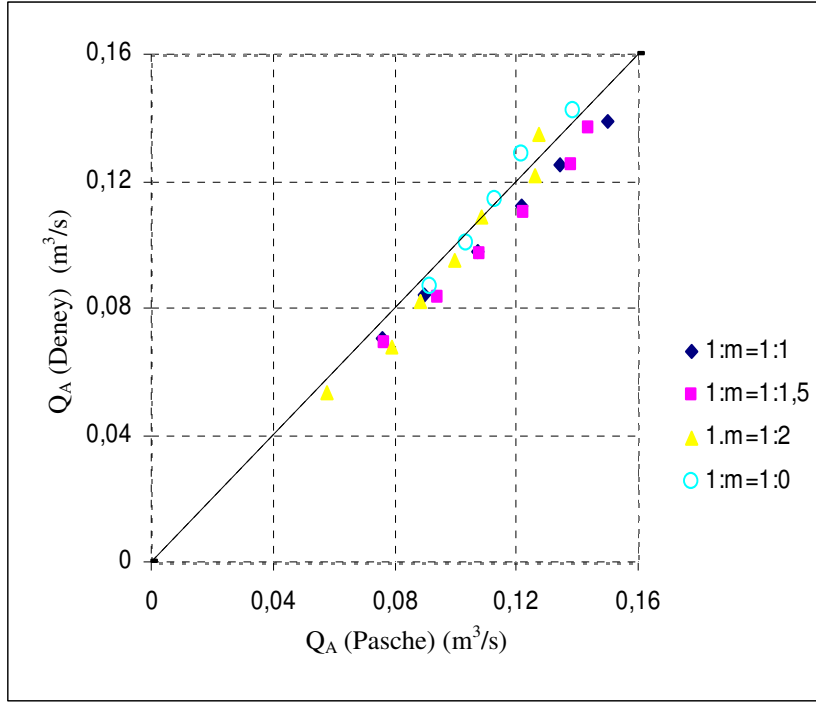
Deney No	Q_A (m ³ /s)	v_A (m/s)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	a_{NL} (m)	a_{NB} (m)	Ω (-)	$Re_{o,A}$ (-)
41007	0,09169	0,777	0,02718	0,06625	0,01671	0,13737	0,54477	1,345	0,059	0,621	2.0445E+05
41008	0,10368	0,800	0,03007	0,06411	0,01670	0,13757	0,52814	1,350	0,059	0,623	2.0250E+05
41009	0,11295	0,810	0,03335	0,06142	0,01687	0,14421	0,52504	1,355	0,064	0,669	1.9468E+05
41010	0,12162	0,813	0,03564	0,06068	0,01700	0,14316	0,51102	1,330	0,063	0,662	1.9135E+05
41011	0,13873	0,871	0,03831	0,05852	0,01686	0,14650	0,50840	1,410	0,066	0,686	1.9539E+05

Çizelge 6.11. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları

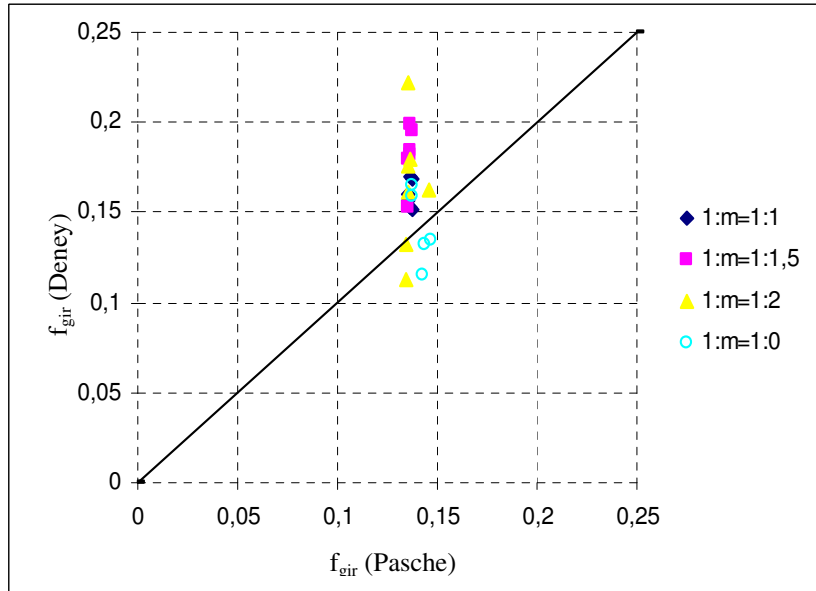
Deney No	Q_A (Deney) (m ³ /s)	Q_A (Pasche) Hesap (m ³ /s)	Hata Oranı (%)
11010	0,0702	0,07609	7,74
11011	0,0839	0,08976	6,53
11012	0,0976	0,10723	8,98
11013	0,1121	0,12194	8,07
11014	0,1253	0,134	6,49
11015	0,1388	0,15008	7,51
21007	0,0692	0,07684	9,93
21008	0,0832	0,09387	11,36
21009	0,0968	0,1077	10,11
21010	0,1099	0,12223	10,08
21011	0,1254	0,13813	9,21
21012	0,1368	0,14382	4,87
31008	0,0536	0,05768	7,08
31009	0,0680	0,07927	14,21
31010	0,0818	0,08865	7,72
31011	0,0949	0,09973	4,84
31012	0,1086	0,10844	-0,14
31013	0,1214	0,12588	3,56
31014	0,1345	0,12753	-5,46
41007	0,0867	0,09169	5,43
41008	0,1007	0,10368	2,87
41009	0,1143	0,11295	-1,19
41010	0,1284	0,12162	-5,57
41011	0,1420	0,13873	-2,35

Çizelge 6.12. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları

Deney No	f_{gir} (Deney) (-)	f_{gir} (Pasche) Hesap (-)	Hata Oranı (%)
11010	0,16912	0,13800	18,40
11011	0,15206	0,13757	9,52
11012	0,16946	0,13678	19,28
11013	0,15982	0,13540	15,28
11014	0,15244	0,13599	10,79
11015	0,15676	0,13520	13,75
21007	0,19549	0,13757	29,63
21008	0,19958	0,13639	31,66
21009	0,18442	0,13678	25,83
21010	0,18201	0,13643	25,04
21011	0,17981	0,13556	24,61
21012	0,15257	0,13544	11,23
31008	0,17998	0,13599	24,44
31009	0,22199	0,13560	38,92
31010	0,17604	0,13520	23,20
31011	0,16201	0,13504	16,64
31012	0,13282	0,13460	-1,34
31013	0,16224	0,14567	10,21
31014	0,11317	0,13440	-18,77
41007	0,16467	0,13737	16,57
41008	0,15908	0,13757	13,52
41009	0,13262	0,14421	-8,74
41010	0,11515	0,14316	-24,33
41011	0,13496	0,14650	-8,55



Şekil 6.3. Ana yatak deney debilerinin Pasche yaklaşımı ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması



Şekil 6.4. Ana yatak deney girişim dirençlerinin Pasche yaklaşımı ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması

6.4. Bu Çalışmada Önerilen Yaklaşımın İrdelenmesi

Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile yapılan hesaplar (Bkz. Ek-4) sonucunda elde edilen veriler farklı deney serileri için Çizelge 6.13, Çizelge 6.14, Çizelge 6.15 ve Çizelge 6.16'da verilmiş ve bu çizelgelerden alınan değerlere göre Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da gösterilen grafikler çizilmiştir. Çizelge 6.17 ve Çizelge 6.18'de yapılan hesaplar sonucu elde edilen ana yatak debileri ve girişim direnci değerleri deney verileriyle (Bkz. Ek-1) kıyaslanarak hata oranları gösterilmiştir.

Ana yatak debileri (Q_A) çalışmada önerilen yaklaşımda genelde deneysel değerlerden daha büyük çıkmıştır. Bu değerler Çizelge 6.17'de verilmiştir. Tüm deney serileri için önerilen yaklaşımda %10,77 ile %-5,34 arası, hata payı çıkmıştır.

Bu çalışmada önerilen yaklaşımdan elde edilen girişim direnç katsayıları Çizelge 6.18'de verilmiştir. Tüm deney serileri için önerilen yaklaşımda %30,4 ile %-18,87 arası, hata payı çıkmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ana yatak debileri hata oranları ortalamaları % 2,46 olarak çıkmıştır. Dolayısıyla yapılan hesaplar kabul edilebilir değerlerdedir.

Tüm deney serileri için hesaplanan ana yatak debileri ve girişim dirençleri ile deneylerden elde edilen veriler Mertens, Pasche ve bu çalışma için Şekil 6.7 ve Şekil 6.8'de gösterilen grafiklerde çizilmiştir. Şekil 6.7 ve Şekil 6.8 incelendiğinde bu çalışmada önerilen yaklaşımın Mertens ve Pasche yaklaşımlarına göre deney sonuçlarıyla daha uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir.

Çizelge 6.13.Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
11010	0,07681	0.1400	0.05682	0,02651	0,06751	0,01689	0,13335	0,53297	0.753	1.63528E+05
11011	0,09102	0.1558	0.05866	0,02965	0,06544	0,01683	0,12966	0,50416	0.748	1.66353E+05
11012	0,10512	0.1680	0.05324	0,03409	0,06052	0,01690	0,14552	0,52123	0.845	1.63313E+05
11013	0,11826	0.1830	0.05427	0,03775	0,05855	0,01700	0,14819	0,51050	0.867	1.58655E+05
11014	0,12938	0.1930	0.05491	0,04018	0,05716	0,01700	0,15076	0,50690	0.896	1.58578E+05
11015	0,14588	0.2069	0.05324	0,04209	0,05681	0,01686	0,14606	0,49215	0.938	1.64999E+05

Çizelge 6.14. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:1,5 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
21007	0,07242	0.1259	0.06346	0,03085	0,05672	0,01653	0,17070	0,58559	0,721	1.30608E+05
21008	0,08361	0.1443	0.04617	0,03803	0,05038	0,01679	0,19551	0,58680	0,750	1.21257E+05
21009	0,09539	0.1581	0.04260	0,04240	0,04850	0,01680	0,19478	0,56223	0,775	1.20631E+05
21010	0,11045	0.1726	0.04343	0,04392	0,04885	0,01655	0,17984	0,53085	0,825	1.24550E+05
21011	0,12906	0.1861	0.04228	0,04355	0,05044	0,01614	0,16351	0,51112	0,896	1.47195E+05
21012	0,13049	0.1988	0.03918	0,04867	0,04790	0,01646	0,17426	0,50728	0,852	1.33581E+05

Çizelge 6.15.Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:2 olması durumu)

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{0,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{0,A}$ (m)	$f_{0,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{0,A}$ (-)
31008	0,05631	0.1323	0.04885	0,02684	0,06090	0,01736	0,14820	0,51981	0,65	1.39754E+05
31009	0,07621	0.1484	0.04151	0,03127	0,05690	0,01702	0,15450	0,51671	0,772	1.54093E+05
31010	0,08457	0.1630	0.04367	0,03528	0,05509	0,01713	0,15727	0,50569	0,766	1.48818E+05
31011	0,09290	0.1774	0.04301	0,04037	0,05224	0,01733	0,16595	0,50023	0,762	1.40748E+05
31012	0,10343	0.1899	0.04958	0,04105	0,05353	0,01711	0,15248	0,47707	0,784	1.50007E+05
31013	0,11976	0.2030	0.04207	0,04630	0,04994	0,01710	0,16629	0,48554	0,841	1.51331E+05
31014	0,12768	0.2141	0.05413	0,04150	0,05620	0,01658	0,13453	0,45598	0,844	1.74738E+05

Çizelge 6.16.Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile elde edilen ana yatak akım değerleri
(1:m=1:0 olması durumu)

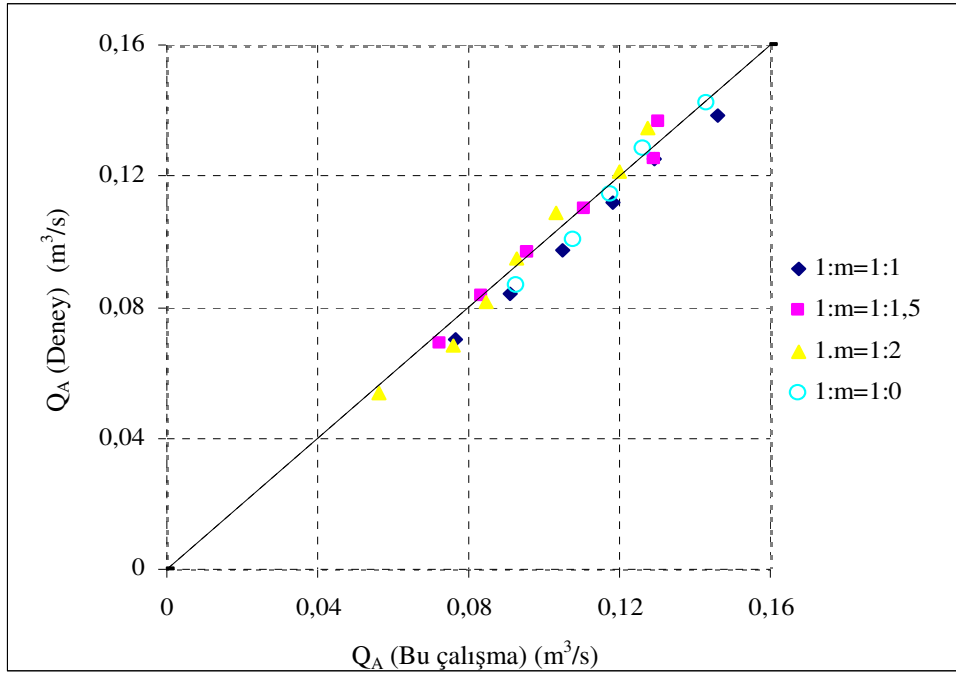
Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$A_{o,A}$ (m ²)	$f_{,A}$ (-)	$R_{o,A}$ (m)	$f_{o,A}$ (-)	f_{gir} (-)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	$Re_{o,A}$ (-)
41007	0,09298	0.1475	0.04617	0,02643	0,06763	0,01659	0,13030	0,53124	0,788	2.11683E+05
41008	0,10770	0.1620	0.04260	0,02884	0,06600	0,01651	0,12825	0,51267	0,831	2.16555E+05
41009	0,11755	0.1743	0.04343	0,03077	0,06523	0,01653	0,12720	0,50192	0,843	2.15180E+05
41010	0,12656	0.1870	0.04228	0,03295	0,06421	0,01660	0,12685	0,49055	0,846	2.10699E+05
41011	0,14319	0.1991	0.03918	0,03595	0,06134	0,01659	0,13401	0,49552	0,899	2.11416E+05

Çizelge 6.17. Deney serileri için ana yatak debileri ve hata oranları

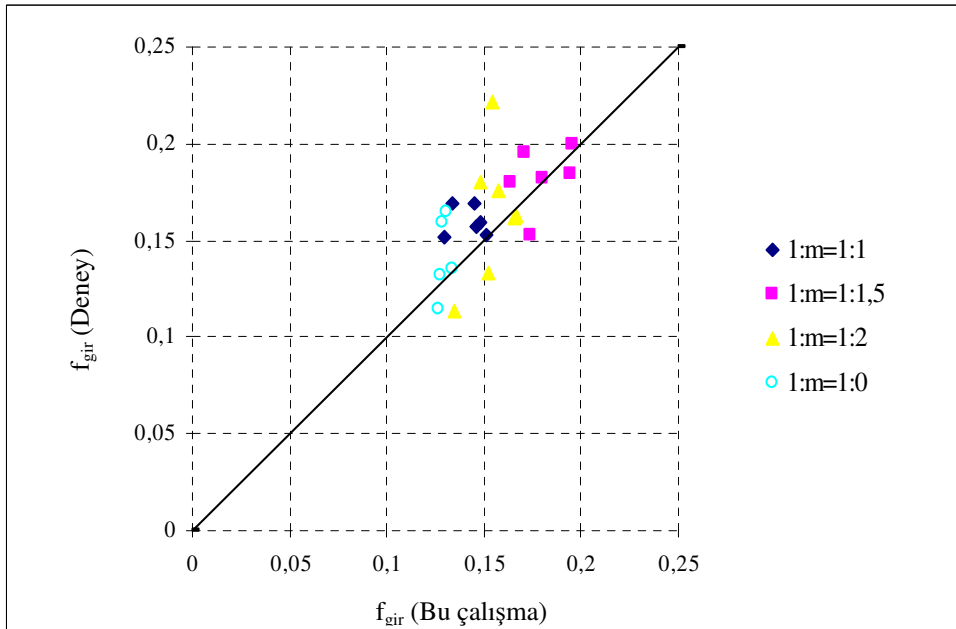
Deney No	Q_A (Deney) (m ³ /s)	Q_A (Bu Çalışma) Hesap (m ³ /s)	Hata Oranı (%)
11010	0,0702	0,07681	8,61
11011	0,0839	0,09102	7,82
11012	0,0976	0,10512	7,15
11013	0,1121	0,11826	5,21
11014	0,1253	0,12938	3,15
11015	0,1388	0,14588	4,85
21007	0,0692	0,07242	4,45
21008	0,0832	0,08361	0,49
21009	0,0968	0,09539	-1,48
21010	0,1099	0,11045	0,50
21011	0,1254	0,12906	2,84
21012	0,1368	0,13049	-4,84
31008	0,0536	0,05631	4,81
31009	0,0680	0,07621	10,77
31010	0,0818	0,08457	3,28
31011	0,0949	0,0929	-2,15
31012	0,1086	0,10343	-5,00
31013	0,1214	0,11976	-1,37
31014	0,1345	0,12768	-5,34
41007	0,0867	0,09298	6,75
41008	0,1007	0,1077	6,50
41009	0,1143	0,11755	2,76
41010	0,1284	0,12656	-1,45
41011	0,1420	0,14319	0,83

Çizelge 6.18. Deney serileri için ana yatak girişim dirençleri ve hata oranları

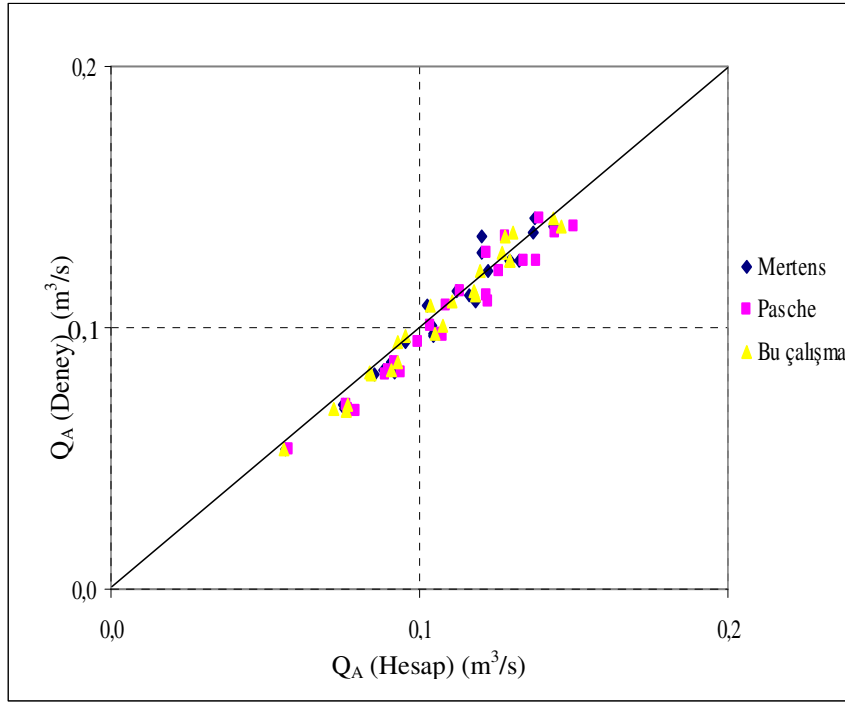
Deney No	f_{gir} (Deney) (-)	f_{gir} (Bu Çalışma) Hesap (-)	Hata Oranı (%)
11010	0,16912	0,13335	21,15
11011	0,15206	0,12966	14,73
11012	0,16946	0,14552	14,13
11013	0,15982	0,14819	7,277
11014	0,15244	0,15076	1,102
11015	0,15676	0,14606	6,826
21007	0,19549	0,17070	12,68
21008	0,19958	0,19551	2,039
21009	0,18442	0,19478	-5,618
21010	0,18201	0,17984	1,192
21011	0,17981	0,16351	9,065
21012	0,15257	0,17426	-14,22
31008	0,17998	0,14820	17,66
31009	0,22199	0,1545	30,4
31010	0,17604	0,15727	10,66
31011	0,16201	0,16595	-2,432
31012	0,13282	0,15248	-14,8
31013	0,16224	0,16629	-2,496
31014	0,11317	0,13453	-18,87
41007	0,16467	0,1303	20,87
41008	0,15908	0,12825	19,38
41009	0,13262	0,1272	4,087
41010	0,11515	0,12685	-10,16
41011	0,13496	0,13401	0,704



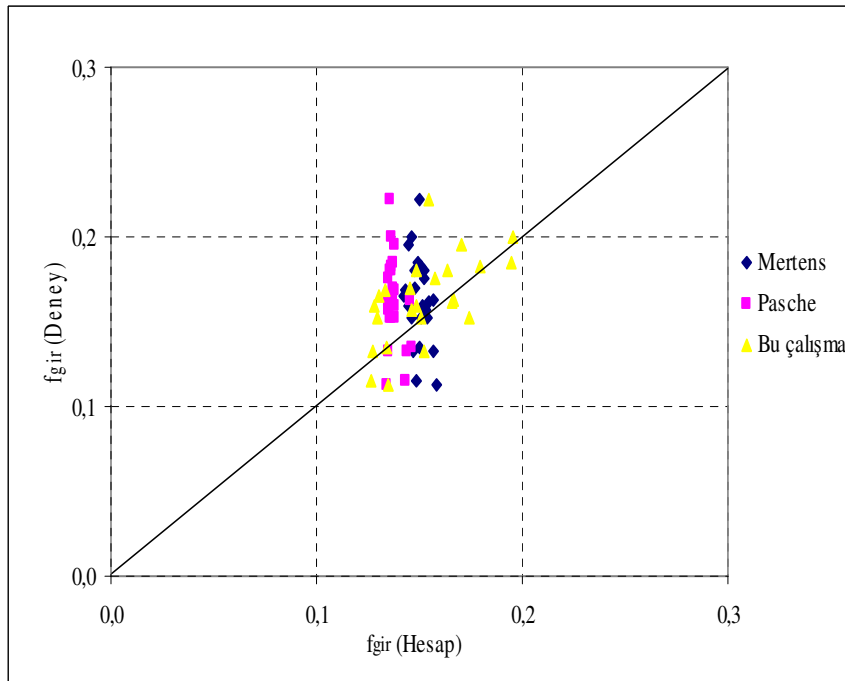
Şekil 6.5. Ana yatak deney debilerinin bu çalışmada önerilen yaklaşım ile hesaplanan debiler ile karşılaştırılması



Şekil 6.6. Ana yatak deney girişim dirençlerinin bu çalışmada önerilen yaklaşım ile hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması



Şekil 6.7. Ana yatak deney debilerinin hesaplanan debiler ile karşılaştırılması



Şekil 6.8. Ana yatak deney girişim dirençlerinin hesaplanan girişim dirençleri ile karşılaştırılması

6. SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında, direnç katsayılarının hesaplanması için literatürde en yaygın olarak bilinen Mertens, Pasche ve Nuding yaklaşımları hakkında bilgi verilmiş, taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kesitlerin taşıma hesabına yönelik yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Mertens, Pasche ve önerilen yaklaşım ile yapılmış hesaplar deney sonuçlarına göre irdelenerek, en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun içinde “Doğal Yataklı Bileşik Kanallarda Tek Boyutlu Model İle Hidrolik Hesaplar” [Özcan, 2007] konulu doktora tezi çalışmasındaki veriler kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği deneyler DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı Hidrolik Laboratuvarında yürütülmüştür. Ana yatak kanal kesiti için trapez kesit ve dikdörtgen kesit durumları irdelenmiştir. Çalışmada bitki örtüsü yapısı ve dağılımı ($d_p=0,022$ m, $a_x = 0,4$ m, $a_y = 0,1$ m), ana yatak genişliği ($b_A=0,40$ m), taşkın yatağı genişliği ($b_T=0,40$ m), kanal taban eğimi ($I_o=0,000119$) ve cidar kumul pürüzlülüğü sabit tutulmuştur. Deneyler 4 farklı seri için yapılmış, sırasıyla 1:m=1:1, 1:m=1:1,5 ve 1:m=1:2 ile trapez kesit durumu ve dikdörtgen kesit durumu araştırılmıştır. Deneylerde kesitten geçen toplam debi, akım derinliği, suyun sıcaklığı ve noktasal hızlar ölçülmüş olup, diğer akım karakteristikleri hesaplarla belirlenmiştir [Özcan, 2007].

DeneySEL verilerin değerlendirilmesi sonucu, $1 < b_{0A}/b_T < 2$ ve $0,244 < h_{gir}/h_A < 0,532$ durumu için girişim direnç katsayısı hata oranları Mertens yaklaşımında %32,47 ile %-39,90 arası, Pasche yaklaşımında %38,92 ile %-24,33 arası ve bu çalışmada önerilen yaklaşımda %30,4 ile %-18,87 arası çıkmıştır. Girişim direnç katsayıları için hata oranları ortalaması Mertens yaklaşımında %5,38, Pasche yaklaşımında %13,19 ve bu çalışmada önerilen yaklaşımda %5,22 olarak elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre yukarıda verilen sınır şartlarında girişim direnç katsayısındaki en büyük hata oranını Pasche yaklaşımı vermektedir. En küçük hata oranı bu çalışmada önerilen yaklaşımla elde edilmiştir.

Model deney verilerine göre yapılan hesaplar sonucunda $0,76 < Q_A/Q < 0,92$ aralığında ana yatak debileri hata oranları tüm deney serileri için Mertens yaklaşımında %11,80 ile %-12,12 arası, Pasche yaklaşımında %14,21 ile %-5,57 arası ve bu çalışmada önerilen yaklaşımda %10,77 ile %-5,34 arası çıkmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda ana yatak debileri için elde edilen hata oranları ortalaması verilen sınır değerleri için Mertens yaklaşımında %3,00, Pasche yaklaşımında %5,49 ve bu çalışmada önerilen yaklaşımda %2,46 çıkmıştır. Bu verilere göre bu çalışmada önerilen yaklaşımdan elde edilen ana yatak debileri, deney sonuçlarına daha yakın sonuçlar vermektedir.

Anayatağın dikdörtgen olduğu durumda, bu çalışmada önerilen yaklaşımla hesaplanan anayatak debileri Mertens ve Pasche yaklaşımlarıyla hesaplanan değerlerle karşılaştırıldığında daha güvenli sonuçlar vermektedir.

Ana yatak kesit şeklinin değişmesinin, girişimden kaynaklanan türbülans gerilmeleri dağılımını ve buna bağlı olarak girişim direnç katsayılarını (f_{gir}) etkilediği belirlenmiştir.

Bu çalışmada önerilen yaklaşım diğer iki yaklaşıma göre daha az iterasyon içerdiğinden uygulamada kullanımı daha kolaydır. Ancak $1 < b_{0A}/b_T < 2$ ve $0,244 < h_{gir}/h_A < 0,532$ aralığı için tek bitki örtüsü çapı ve dağılımı kullanıldığından hesaplarda bitki örtüsünün etkisi dikkate alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Baird, J.I., Ervine, D.A., "Resistance to flow in channels with overbank floodplainflow, channels and channel control structures", *1st International Conference on Hydraulic Design in Water Resources Engineering*, Germany, 4.137-4.150 (1984).
- Bock, J., "Einfluß der Querschnittsform auf die Widerstandsbeiwerte offener Gerinne", *Institut für Hydromechanik und Wasserbau der TH Darmstadt*, Techn. Bericht, Darmstadt, 2:17-23 (1966).
- Bollrich, G., Preissler, G., "Technische Hydromechanik, Band 1", *Verlag für Bauwesen*, ISBN 3-345-00518-2, Berlin, 248-249 (1992).
- Bretschneider, H., Schulz, A., "Anwendung von Fließformeln bei naturnahem Gewässerausbau", *Schriftenreihe des DVWK, Verlag Paul Parey*, Hamburg und Berlin, Heft 72 (1985).
- Bretschneider, H., Özbek, T., "Durchflußermittlung von geometrisch gegliederten Querschnitten", *Zeitschrift für Wasser und Umwelt*, 87. Jahrgang: 4 (1997).
- Cebe, K., "Farklı girişim alanları yaklaşımlarına göre taşkın yatağı bulunduran bileşik kesitli kanallarda debi hesap yöntemlerinin irdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 14-17 (2002).
- DVWK, "Hydraulische Berechnung von Fließgewässern", *Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, DVWK-Merkblätter*, Bonn, Heft 220, (1991).
- Helmiö, T., "Unsteady 1D flow model of compound channel with vegetated floodplains", *Journal of Hydrology*, 269: 89-99 (2002).
- Könemann, N., "Der wechselseitige Einfluß von Vorland und Flußbett auf das Widerstandsverhalten offener Gerinne mit gegliederten Querschnitten. Technischer Bericht", *Inst. Für Hydromechanik und Hydrologie, TU Darmstadt*. Bericht 25: 15 (1981).
- Knight, D.W., Demetriou, J.D., "Floodplain and main channel interaction", *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 109(8): 1073-1092 (1983).
- Knight, D.W., Shiono, K., "Turbulence measurements in a shear layer region of a compound channel", *Journal of Hydraulic Research*, 28(2): 175-196 (1990).
- Knight, D.W., Hamet, M.E., "Boundary shear stress in symmetrical compound channels", *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 110(10): 1412-1430 (1984).
- Mertens, W., "Zur Frage hydraulischer Berechnungen naturnaher Fließgewässer", *Wasserwirtschaft*, 79(4): 170-179 (1989).

Myers W.R.C., "Momentum transfer in a compound channel", *Journal of Hydraulic Research*, 16: 139-150 (1978).

Myers, W.R.C., Brennan, E.K., "Flow resistance in compound channels", *Journal of Hydraulic Research*, 28(2): 141-155 (1990).

Naot, D., Nezu, I., Nakagawa, H., "Hydrodynamic behaviour of partly vegetated open channels", *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 122(11): 625-633 (1996).

Nuding, A., "Fließwiderstandsverhalten in Gerinnen mit Ufergebüsch. Entwicklung eines Fließgewässers mit und ohne Gehölzufer, unter besonderer Berücksichtigung von Ufergebüsch", *TH Darmstadt, Institut für Wasserbau Konstruktiver Wasserbau und Wasserwirtschaft, Wasserbau-Mitteilungen*, Darmstadt, Nr. 35:28-50, (1991).

Nuding, A., "Zur Durchflußermittlung bei gegliederten Gerinnen", *Wasserwirtschaft*, 88(3): 130-132 (1998).

Özbek, T., Özcan, Ç., "Akarsularda Katı Madde", *İnşaat Mühendisleri Odası*, Ankara, 39-44 (2001).

Özcan, Ç., "Doğal yataklı bileşik kanallarda tek boyutlu model ile hidrolik hesaplar" Doktora Tezi, *Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 15-19, 25-30, 32-34, 45-50, 81-84, 92-95, 102-111, 152-166, 182-197 (2007).

Patel, V.C., "Calibration of the Preston tube and limitations on its use in pressure gradients", *Journal of Fluid Mechanics*, 23: 185-208 (1965).

Pasche, E., "Turbulenzmechanismen in naturnahen Fließgewässern und die Möglichkeiten ihrer mathematischen Erfassung", *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule*, Aachen, 343-1045 (1984).

Prinos, P., Townsend, R.D., "Comparison of methods for predicting discharge in compound open channels", *Advanced Water Resources*, 7: 13-20 (1984).

Schumacher, F., "Zur Durchflußberechnung gegliederter naturnah gestalteter Fließgewässer", *TU Berlin Mitteilung*, Berlin, 127: 49-78, (1994).

Schröder, W., "Gestaltungsmöglichkeiten einer Renaturierungsstrecke und hydraulische Nachweise", *Darmstaedter Wasserbau-Mitteilungen*, 29:14-16, (1989).

Sellin, R.H.J., "A laboratory investigation into the interaction between the flow in the channel, a river and that over its floodplain", *La Houille Blanche*, 7: 793 (1964).

Shiono, K., Knight, D.W., “Turbulence measurements in a shear layer region of a compound channel”, *Journal of Hydraulic Research*, 28(2): 175-196 (1990).

Tominaga, A., Nezu, I., “Turbulent structure in compound open channel flows”, *Journal of Hydraulic Engineering*, 117: 21-41 (1991).

Wormleaton, P.R., Hadjipanous, P., “Flow distribution in compound channels”, *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 111(2): 357-361 (1985).

Zheleznyakov, G.V., “Relative deficit of mean velocity of unstable river flow; kinematic effect in river beds with floodplains”, *Proceedings 11 th International Association of Hydraulic Research*. 23: 185-208 (1966)

EKLER

EK-1. Model deneylerinden elde edilen veriler

Bileşik kesitte elde edilen veriler

a) Tüm kesit için elde edilen veriler

Kısaltmalar:

Q	: Ölçülen akım debisi
T	: Suyun ölçülen sıcaklığı
ρ	: Suyun yoğunluğu
ν	: Suyun kinematik viskozitesi
I_E	: Hesapla belirlenen enerji çizgisi eğimi
h	: Ölçülen akım derinliği
B	: Bileşik kesitin toplam genişliği, su üst yüzü genişliği
A	: Bileşik kesitte toplam ıslak alan
U	: Bileşik kesitte toplam ıslak çevre
R	: Bileşik kesitte toplam hidrolik yarıçap
v_{ort}	: Noktasal hızlardan elde edilen ortalama hız
τ	: Bileşik kesitte akıma karşı gösterilen ortalama direnç gerilmesi
SF	: Bileşik kesitte akıma karşı gösterilen toplam direnç kuvveti
τ_o	: Bileşik kesitte ortalama cidar kayma gerilmesi (Patel eşitliğinden)
SF_o	: Bileşik kesitte cidar sürtünme kuvveti
SF_{bitki}	: Bileşik kesitte bitki örtüsü direnç kuvveti
Re	: Akımın Reynolds sayısı
Fr	: Akımın Froude sayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.2. Bileşik kesitte geometrik ve akım değerleri (2. aşama sonuçları) [Özcan, 2007]

Deney No	Q (m ³ /s)	T (°C)	ρ (kg/m ³)	v (m ² /s)	l _E (-)	h (m)	B (m)	A (m ²)	U (m)	R (m)	v _{ort} (m/s)	τ (N/m ²)	SF (N)	τ _o (N/m ²)	SF _o (N)	SF _{bitki} (N)	Re (-)	Fr (-)
11009	0,060	12,1	999,39	1,243E-06	1,122E-03	0,1220	1,60	0,10520	1,72684	0,06092	0,57034	0,67010	1,15715	0,65572	1,13233	0,02481	1,118E+05	0,710
11010	0,080	12,1	999,39	1,243E-06	1,808E-03	0,1400	1,60	0,13400	1,76284	0,07601	0,59701	1,34673	2,37408	0,72008	1,26939	1,10470	1,460E+05	0,659
11011	0,100	11,9	999,42	1,249E-06	2,066E-03	0,1558	1,60	0,15928	1,79444	0,08876	0,62783	1,79739	3,22531	0,87638	1,57262	1,65275	1,784E+05	0,635
11012	0,120	11,8	999,43	1,252E-06	2,540E-03	0,1680	1,60	0,17880	1,81884	0,09830	0,67114	2,44740	4,45143	0,99346	1,80694	2,64446	2,107E+05	0,641
11013	0,140	10,9	999,57	1,280E-06	2,780E-03	0,1830	1,60	0,20280	1,84884	0,10969	0,69034	2,98965	5,52740	1,02469	1,89450	3,63296	2,367E+05	0,619
11014	0,160	10,5	999,63	1,292E-06	3,042E-03	0,1930	1,60	0,21880	1,86884	0,11708	0,73126	3,49193	6,52587	1,22292	2,28545	4,24041	2,651E+05	0,631
11015	0,180	10,5	999,63	1,292E-06	3,327E-03	0,2069	1,60	0,24104	1,89664	0,12709	0,74676	4,14525	7,86206	1,19562	2,26766	5,59433	2,939E+05	0,614
21006	0,060	11,6	999,46	1,259E-06	1,340E-03	0,1259	1,60	0,10644	1,71236	0,06216	0,56370	0,81641	1,39798	0,63624	1,08946	0,30854	1,114E+05	0,698
21007	0,080	11,8	999,43	1,252E-06	1,931E-03	0,1443	1,60	0,13588	1,74916	0,07768	0,58875	1,47016	2,57154	0,66879	1,16982	1,40169	1,461E+05	0,645
21008	0,100	12,0	999,40	1,246E-06	2,388E-03	0,1581	1,60	0,15796	1,77676	0,08890	0,63307	2,08083	3,69713	0,77922	1,38448	2,31261	1,806E+05	0,643
21009	0,120	12,0	999,40	1,246E-06	2,651E-03	0,1726	1,60	0,18116	1,80576	0,10032	0,66240	2,60707	4,70773	0,86100	1,55475	3,15302	2,133E+05	0,629
21010	0,140	12,2	999,37	1,240E-06	2,938E-03	0,1861	1,60	0,20276	1,83276	0,11063	0,69047	3,18568	5,83858	0,96026	1,75992	4,07871	2,463E+05	0,619
21011	0,160	12,6	999,31	1,228E-06	3,272E-03	0,1988	1,60	0,22308	1,85816	0,12005	0,71723	3,85029	7,15444	0,92685	1,72224	5,43223	2,804E+05	0,613
21012	0,180	12,8	999,28	1,222E-06	3,177E-03	0,2102	1,60	0,24132	1,88096	0,12830	0,74590	3,99493	7,51428	1,07004	2,01270	5,50147	3,132E+05	0,613
31007	0,050	15,8	998,83	1,131E-06	1,119E-03	0,1208	1,60	0,09328	1,68881	0,05523	0,53602	0,60526	1,02217	0,54820	0,92581	0,09637	1,047E+05	0,709
31008	0,060	15,4	998,89	1,143E-06	1,563E-03	0,1323	1,60	0,11168	1,71181	0,06524	0,53725	0,99915	1,71035	0,55753	0,95438	0,75603	1,226E+05	0,649
31009	0,080	15,5	998,88	1,140E-06	2,271E-03	0,1484	1,60	0,13744	1,74401	0,07881	0,58207	1,75296	3,05719	0,69307	1,20872	1,84853	1,609E+05	0,634
31010	0,100	15,7	998,85	1,134E-06	2,325E-03	0,1630	1,60	0,16080	1,77321	0,09068	0,62189	2,06549	3,66256	0,77564	1,37537	2,28721	1,989E+05	0,626
31011	0,120	15,8	998,83	1,131E-06	2,454E-03	0,1774	1,60	0,18384	1,80201	0,10202	0,65274	2,45283	4,42003	0,83207	1,49939	2,92058	2,355E+05	0,615
31012	0,140	16,2	998,77	1,119E-06	2,503E-03	0,1899	1,60	0,20384	1,82701	0,11157	0,68681	2,73558	4,99795	0,93239	1,70349	3,29439	2,739E+05	0,614
31013	0,160	16,5	998,73	1,110E-06	3,086E-03	0,2030	1,60	0,22480	1,85321	0,12130	0,71174	3,66705	6,79582	0,98042	1,81693	4,97893	3,111E+05	0,606
31014	0,180	17,3	998,61	1,086E-06	2,678E-03	0,2141	1,60	0,24256	1,87541	0,12934	0,74208	3,39195	6,36131	1,11804	2,09679	4,26462	3,536E+05	0,609
41006	0,080	19,8	998,23	1,010E-06	1,363E-03	0,1316	1,60	0,13056	1,86320	0,07007	0,61275	0,93514	1,74235	0,76362	1,42278	0,31955	1,700E+05	0,685
41007	0,100	19,9	998,22	1,007E-06	1,941E-03	0,1475	1,60	0,15600	1,89500	0,08232	0,64103	1,56394	2,96367	0,81449	1,54346	1,42787	2,096E+05	0,656
41008	0,120	19,7	998,25	1,013E-06	2,201E-03	0,1620	1,60	0,17920	1,92400	0,09314	0,66964	2,00709	3,86163	0,90267	1,73673	2,12486	2,463E+05	0,639
41009	0,140	19,4	998,29	1,022E-06	2,295E-03	0,1743	1,60	0,19888	1,94860	0,10206	0,70394	2,29305	4,46824	1,03322	2,01333	2,45497	2,812E+05	0,638
41010	0,160	19,1	998,34	1,031E-06	2,358E-03	0,1870	1,60	0,21920	1,97400	0,11104	0,72993	2,56387	5,06108	1,11086	2,19283	2,86823	3,144E+05	0,630
41011	0,180	18,7	998,40	1,043E-06	2,785E-03	0,1991	1,60	0,23856	1,99820	0,11939	0,75453	3,25565	6,50544	1,14644	2,29083	4,21460	3,453E+05	0,624

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

b) Ana yatakta elde edilen veriler

Kısaltmalar:

Q_A	: Hesaplanan ana yatak akım debisi
h_A	: Ölçülen ana yatak akım derinliği
b_A	: Ana yatak genişliği
A_A	: Ana yatakta toplam ıslak alan
U_A	: Ana yatakta toplam ıslak çevre (ayırım alanları dahil)
R_A	: Ana yatakta toplam hidrolik yarıçap
v_A	: Noktasal hızlardan elde edilen ana yatak ortalama hızı
α_A	: Elde edilen ortamala hızların düzeltme katsayıları
R_{ideal}	: Ana yatağın girişim etkisi olmaksızın elde edilen ideal hidrolik yarıçapı
f_{ideal}	: Girişim etkisi dışında ana yatağın ideal Darcy-Weisbach direnç katsayısı
v_{ideal}	: Ana yatağın girişim etkisinden uzak kalan ideal hızı
τ_A	: Ana yatakta akıma karşı gösterilen ortalama direnç gerilmesi
SF_A	: Ana yatakta akıma karşı gösterilen toplam direnç kuvveti
f_A	: Ana yatakta toplam Darcy-Weisbach direnç katsayısı
Re_A	: Ana yatak akımının Reynolds sayısı
Fr_A	: Ana yatak akımının Froude sayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.3. Ana yatakta geometrik ve akım değerleri (2. aşama sonuçları) [Özcan, 2007]

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	b_A (m)	A_A (m ²)	U_A (m)	R_A (m)	v_A (m/s)	α_A (-)	R_{ideal} (m)	f_{ideal} (-)	v_{ideal} (m/s)	τ_A (N/m ²)	SF_A (N)	f_A (-)	Re_A (-)	Fr_A (-)
11010	0,0702	0.1400	0.80	0.10200	0.96284	0.10594	0.6882	1.02	0.11053	0.02577	0.7800	1.73583	1.67133	0.03460	2.34538E+05	0.615
11011	0,0839	0.1558	0.80	0.11464	0.99444	0.11528	0.7313	1.02	0.12213	0.02798	0.8411	2.15894	2.14693	0.03936	2.69888E+05	0.617
11012	0,0976	0.1680	0.80	0.12440	1.01884	0.12210	0.7845	1.02	0.13083	0.03025	0.9284	2.81137	2.86433	0.04563	3.05897E+05	0.635
11013	0,1121	0.1830	0.80	0.13640	1.04884	0.13005	0.8218	1.03	0.14122	0.03188	0.9829	3.27815	3.43825	0.04991	3.34039E+05	0.636
11014	0,1253	0.1930	0.80	0.14440	1.06884	0.13510	0.8680	1.02	0.14798	0.03236	1.0448	3.72663	3.98317	0.05182	3.63084E+05	0.652
11015	0,1388	0.2069	0.80	0.15552	1.09664	0.14181	0.8925	1.03	0.15713	0.03456	1.0894	4.27799	4.69142	0.05773	3.91903E+05	0.646
21007	0,0692	0.1443	0.80	0.10044	0.94915	0.10582	0.6890	1.05	0.11100	0.02585	0.8065	1.85217	1.75798	0.03725	2.32849E+05	0.621
21008	0,0832	0.1581	0.80	0.11148	0.97675	0.11413	0.7460	1.05	0.12135	0.02823	0.8974	2.47060	2.41316	0.04361	2.73247E+05	0.638
21009	0,0968	0.1726	0.80	0.12308	1.00575	0.12238	0.7866	1.05	0.13190	0.03000	0.9564	2.94115	2.95806	0.04808	3.08926E+05	0.640
21010	0,1099	0.1861	0.80	0.13388	1.03275	0.12963	0.8208	1.04	0.14143	0.03183	1.0120	3.45236	3.56542	0.05323	3.43149E+05	0.641
21011	0,1254	0.1988	0.80	0.14404	1.05815	0.13612	0.8705	1.04	0.15014	0.03235	1.0915	4.03758	4.27237	0.05671	3.85912E+05	0.655
21012	0,1368	0.2102	0.80	0.15316	1.08095	0.14169	0.8933	1.04	0.15777	0.03197	1.1092	4.08042	4.41073	0.05560	4.14256E+05	0.652
31008	0,0536	0.1323	0.80	0.08584	0.91181	0.09414	0.6247	1.06	0.09760	0.02406	0.7053	1.33342	1.21583	0.03184	2.05747E+05	0.609
31009	0,0680	0.1484	0.80	0.09872	0.94401	0.10458	0.6887	1.05	0.11023	0.02941	0.8172	2.15134	2.03089	0.04377	2.52620E+05	0.626
31010	0,0818	0.1630	0.80	0.11040	0.97321	0.11344	0.7408	1.05	0.12129	0.02813	0.8869	2.38964	2.32562	0.04331	2.96354E+05	0.637
31011	0,0949	0.1774	0.80	0.12192	1.00201	0.12168	0.7784	1.05	0.13186	0.02835	0.9464	2.70557	2.71101	0.04574	3.34882E+05	0.637
31012	0,1086	0.1899	0.80	0.13192	1.02701	0.12845	0.8229	1.05	0.14077	0.02808	0.9922	2.91279	2.99146	0.04516	3.77797E+05	0.647
31013	0,1214	0.2030	0.80	0.14240	1.05321	0.13521	0.8526	1.05	0.14986	0.03234	1.0594	3.78017	3.98131	0.05599	4.15387E+05	0.645
31014	0,1345	0.2141	0.80	0.15128	1.07541	0.14067	0.8890	1.04	0.15737	0.02840	1.0790	3.41198	3.66928	0.04747	4.60702E+05	0.653
41007	0,0867	0.1475	0.80	0.11800	1.09500	0.10776	0.7350	1.05	0.11265	0.02428	0.8405	1.89341	2.07328	0.03325	3.14627E+05	0.611
41008	0,1007	0.1620	0.80	0.12960	1.12400	0.11530	0.7767	1.04	0.12203	0.02565	0.9064	2.29796	2.58290	0.03711	3.53570E+05	0.616
41009	0,1143	0.1743	0.80	0.13944	1.14860	0.12140	0.8196	1.03	0.12980	0.02562	0.9551	2.52252	2.89737	0.03738	3.89347E+05	0.627
41010	0,1284	0.1870	0.80	0.14960	1.17400	0.12743	0.8582	1.04	0.13763	0.02536	1.0021	2.72105	3.19451	0.03758	4.24185E+05	0.634
41011	0,1420	0.1991	0.80	0.15928	1.19820	0.13293	0.8916	1.04	0.14492	0.02766	1.0699	3.35261	4.01710	0.04378	4.54391E+05	0.638

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

c) Ana yatakta cidara bağı veriler

Kısaltmalar:

Q_A	: Hesaplanan ana yatak akım debisi
h_A	: Ölçülen ana yatak akım derinliği
$b_{o,A}$	: Ana yatak taban genişliği
$A_{o,A}$	: Ana yatakta cidar etkisindeki ıslak alan (Einstein-Horton)
$U_{o,A}$	: Ana yatakta cidarın uzunluğu
$R_{o,A}$	: Ana yatakta cidara bağı hidrolik yarıçap (Einstein-Horton)
v_A	: Noktasal hızlardan elde edilen ana yatak ortalama hızı
$\tau_{o,A}$	: Ana yatakta ortalama cidar kayma gerilmesi
$SF_{o,A}$	: Ana yatakta cidarın akıma karşı gösterdiği direnç kuvveti
$f_{o,A}$	: Ana yatakta cidar Darcy-Weisbach direnç katsayısı
$Re_{o,A}$	: Ana yatak cidara bağı Reynolds sayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.4. Ana yatakta cidara bağlı geometrik ve akım değerleri [Özcan, 2007]

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_A (m)	$b_{0,A}$ (m)	$A_{0,A}$ (m ²)	$U_{0,A}$ (m)	$R_{0,A}$ (m)	v_A (m/s)	$\tau_{0,A}$ (N/m ²)	$SF_{0,A}$ (N)	$f_{0,A}$ (-)	$Re_{0,A}$ (-)
11009	0,0556	0.1220	0.60	0.08406	0.88284	0.09521	0.6351	1.04731	0.92461	0.02078	1.94540E+05
11010	0,0702	0.1400	0.60	0.05682	0.88284	0.06436	0.6882	1.14029	1.00669	0.01927	1.42492E+05
11011	0,0839	0.1558	0.60	0.05866	0.88284	0.06644	0.7313	1.34535	1.18773	0.02014	1.55543E+05
11012	0,0976	0.1680	0.60	0.05324	0.88284	0.06030	0.7845	1.50130	1.32541	0.01953	1.51076E+05
11013	0,1121	0.1830	0.60	0.05427	0.88284	0.06147	0.8218	1.67541	1.47912	0.01986	1.57891E+05
11014	0,1253	0.1930	0.60	0.05491	0.88284	0.06220	0.8680	1.85511	1.63777	0.01971	1.67159E+05
11015	0,1388	0.2069	0.60	0.05324	0.88284	0.06031	0.8925	1.96725	1.73677	0.01976	1.66675E+05
21006	0,0545	0.1259	0.50	0.06346	0.86056	0.07374	0.6358	0.96855	0.83350	0.01918	1.49019E+05
21007	0,0692	0.1443	0.50	0.04617	0.86056	0.05365	0.6890	1.01526	0.87369	0.01712	1.18045E+05
21008	0,0832	0.1581	0.50	0.04260	0.86056	0.04950	0.7460	1.15848	0.99694	0.01666	1.18498E+05
21009	0,0968	0.1726	0.50	0.04343	0.86056	0.05047	0.7866	1.31146	1.12859	0.01697	1.27397E+05
21010	0,1099	0.1861	0.50	0.04228	0.86056	0.04913	0.8208	1.41460	1.21735	0.01681	1.30039E+05
21011	0,1254	0.1988	0.50	0.03918	0.86056	0.04553	0.8705	1.46004	1.25645	0.01542	1.29064E+05
21012	0,1368	0.2102	0.50	0.04552	0.86056	0.05289	0.8933	1.64704	1.41738	0.01652	1.54647E+05
31007	0,0463	0.1208	0.40	0.06752	0.84721	0.07970	0.6036	0.87330	0.73987	0.01920	1.70090E+05
31008	0,0536	0.1323	0.40	0.04885	0.84721	0.05766	0.6247	0.88298	0.74807	0.01812	1.26004E+05
31009	0,0680	0.1484	0.40	0.04151	0.84721	0.04900	0.6887	1.08992	0.92339	0.01841	1.18365E+05
31010	0,0818	0.1630	0.40	0.04367	0.84721	0.05154	0.7408	1.17402	0.99464	0.01713	1.34657E+05
31011	0,0949	0.1774	0.40	0.04301	0.84721	0.05077	0.7784	1.22061	1.03411	0.01614	1.39728E+05
31012	0,1086	0.1899	0.40	0.04958	0.84721	0.05852	0.8229	1.43475	1.21553	0.01697	1.72107E+05
31013	0,1214	0.2030	0.40	0.04207	0.84721	0.04966	0.8526	1.50132	1.27193	0.01654	1.52574E+05
31014	0,1345	0.2141	0.40	0.05413	0.84721	0.06389	0.8890	1.67555	1.41954	0.01698	2.09240E+05
41006	0,0722	0.1316	0.80	0.08210	1.00000	0.08210	0.6857	1.09569	1.09569	0.01868	2.22954E+05
41007	0,0867	0.1475	0.80	0.06249	1.00000	0.06249	0.7350	1.18713	1.18713	0.01761	1.82441E+05
41008	0,1007	0.1620	0.80	0.06070	1.00000	0.06070	0.7767	1.30814	1.30814	0.01738	1.86147E+05
41009	0,1143	0.1743	0.80	0.06592	1.00000	0.06592	0.8196	1.48093	1.48093	0.01767	2.11401E+05
41010	0,1284	0.1870	0.80	0.06984	1.00000	0.06984	0.8582	1.61245	1.61245	0.01754	2.32474E+05
41011	0,1420	0.1991	0.80	0.06196	1.00000	0.06196	0.8916	1.68964	1.68964	0.01703	2.11793E+05

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

d) Ana yatakta girişime bağlı veriler

Kısaltmalar:

Q_A	:	Hesaplanan ana yatak akım debisi
h_{gir}	:	Ayırım alanında akım derinliği
A_{gir}	:	Ana yatakta girişim etkisindeki ıslak alan (Einstein-Horton)
R_{gir}	:	Ana yatakta girişime bağlı hidrolik yarıçap (Einstein-Horton)
v_A	:	Noktasal hızlardan elde edilen ana yatak ortalama hızı
τ_{gir}	:	Ayırım alanındaki girişim kayma gerilmesi
SF_{gir}	:	Ayırım alanında girişimin akıma karşı gösterdiği direnç kuvveti
f_{gir}	:	Girişimin Darcy-Weisbach direnç katsayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.5. Ana yatakta girişime bağlı geometrik ve akım değerleri [Özcan, 2007]

Deney No	Q_A (m ³ /s)	h_{gir} (m)	A_{gir} (m ²)	R_{gir} (m)	v_A (m/s)	τ_{gir} (N/m ²)	SF_{gir} (N)	f_{gir} (-)	C_{gir} (-)
11009	0,0556	0,0220	0,00354	0,08047	0,6351	0,88517	0,03895	0,01757	
11010	0,0702	0,0400	0,04518	0,56474	0,6882	10,00546	0,80044	0,16912	4,46732
11011	0,0839	0,0558	0,05598	0,50165	0,7313	10,15815	1,13365	0,15206	5,13520
11012	0,0976	0,0680	0,07116	0,52325	0,7845	13,02698	1,77167	0,16946	4,80270
11013	0,1121	0,0830	0,08213	0,49477	0,8218	13,48506	2,23852	0,15982	4,74947
11014	0,1253	0,0930	0,08949	0,48112	0,8680	14,34979	2,66906	0,15244	4,96440
11015	0,1388	0,1069	0,10227	0,47836	0,8925	15,60269	3,33586	0,15676	4,85222
21006	0,0545	0,0259	0,02226	0,42972	0,6358	5,64398	0,29236	0,11176	5,16297
21007	0,0692	0,0443	0,05427	0,61258	0,6890	11,59306	1,02714	0,19549	3,95657
21008	0,0832	0,0581	0,06889	0,59282	0,7460	13,87522	1,61230	0,19958	3,90186
21009	0,0968	0,0726	0,07965	0,54856	0,7866	14,25514	2,06985	0,18442	4,22835
21010	0,1099	0,0861	0,09160	0,53197	0,8208	15,31822	2,63780	0,18201	4,69679
21011	0,1254	0,0988	0,10486	0,53068	0,8705	17,01965	3,36308	0,17981	4,80749
21012	0,1368	0,1102	0,10764	0,48839	0,8933	15,20762	3,35176	0,15257	5,20665
31007	0,0463	0,0208	0,00912	0,21926	0,6036	2,40265	0,09995	0,05282	6,60512
31008	0,0536	0,0323	0,03699	0,57266	0,6247	8,77012	0,56655	0,17998	3,79361
31009	0,0680	0,0484	0,05721	0,59099	0,6887	13,14581	1,27251	0,22199	3,80938
31010	0,0818	0,0630	0,06673	0,52961	0,7408	12,06304	1,51994	0,17604	4,42668
31011	0,0949	0,0774	0,07891	0,50975	0,7784	12,25572	1,89719	0,16201	4,66605
31012	0,1086	0,0899	0,08234	0,45798	0,8229	11,22916	2,01900	0,13282	5,31009
31013	0,1214	0,1030	0,10033	0,48702	0,8526	14,72277	3,03289	0,16224	4,86205
31014	0,1345	0,1141	0,09715	0,42573	0,8890	11,16512	2,54788	0,11317	6,15937
41006	0,0722	0,0316	0,02318	0,36672	0,6857	4,89395	0,30930	0,08341	6,27634
41007	0,0867	0,0475	0,05551	0,58434	0,7350	11,10128	1,05462	0,16467	4,40177
41008	0,1007	0,0620	0,06890	0,55561	0,7767	11,97299	1,48465	0,15908	4,74357
41009	0,1143	0,0743	0,07352	0,49478	0,8196	11,11620	1,65187	0,13262	5,22910
41010	0,1284	0,0870	0,07976	0,45841	0,8582	10,58413	1,84164	0,11515	5,47997
41011	0,1420	0,0991	0,09732	0,49102	0,8916	13,38984	2,65387	0,13496	5,12332

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

e) Taşkın yatağında elde edilen veriler (tek taşkın yatağı için)

Kısaltmalar:

Q_T	:	Hesaplanan taşkın yatağı akım debisi
h_T	:	Ölçülen taşkın yatağı akım derinliği
b_T	:	Taşkın yatağı genişliği
A_T	:	Taşkın yatağında toplam ıslak alan
U_T	:	Taşkın yatağında toplam ıslak çevre
R_T	:	Taşkın yatağında toplam hidrolik yarıçap
v_T	:	Noktasal hızlardan elde edilen taşkın yatağı ortalama hızı
τ_T	:	Taşkın yatağında akıma karşı gösterilen ortalama direnç gerilmesi
SF_T	:	Taşkın yatağında akıma karşı gösterilen toplam direnç kuvveti
f_T	:	Taşkın yatağında toplam Darcy-Weisbach direnç katsayısı
Re_T	:	Taşkın yatağı akımının Reynolds sayısı
Fr_T	:	Taşkın yatağı akımının Froude sayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.6. Taşkın yatağında geometrik ve akım değerleri (2. aşama sonuçları) [Özcan, 2007]

Deney No	Q_T (m ³ /s)	h_T (m)	b_T (m)	A_T (m ²)	U_T (m)	R_T (m)	v_T (m/s)	τ_T (N/m ²)	SF_T (N)	f_T (-)	Re_T (-)	Fr_T (-)
11010	0,00490	0,0400	0,40	0,01600	0,44000	0,03636	0,3063	0,64426	0,28347	0,05497	3,58322E+04	0,489
11011	0,00808	0,0558	0,40	0,02232	0,45580	0,04897	0,3621	0,99159	0,45197	0,06054	5,67639E+04	0,489
11012	0,01120	0,0680	0,40	0,02720	0,46800	0,05812	0,4118	1,44696	0,67718	0,06832	7,64281E+04	0,504
11013	0,01395	0,0830	0,40	0,03320	0,48300	0,06874	0,4202	1,87346	0,90488	0,08492	9,02772E+04	0,466
11014	0,01733	0,0930	0,40	0,03720	0,49300	0,07546	0,4658	2,25054	1,10952	0,08301	1,08831E+05	0,488
11015	0,02060	0,1069	0,40	0,04276	0,50690	0,08436	0,4551	2,75145	1,39471	0,11254	1,18864E+05	0,432
21007	0,00540	0,0443	0,40	0,01772	0,44430	0,03988	0,3047	0,75479	0,33535	0,06508	3,88098E+04	0,462
21008	0,00842	0,0581	0,40	0,02324	0,45810	0,05073	0,3622	1,18739	0,54394	0,07244	5,89743E+04	0,480
21009	0,01159	0,0726	0,40	0,02904	0,47260	0,06145	0,3992	1,59680	0,75465	0,08021	7,87220E+04	0,473
21010	0,01505	0,0861	0,40	0,03444	0,48610	0,07085	0,4371	2,04015	0,99172	0,08547	9,98774E+04	0,476
21011	0,01731	0,0988	0,40	0,03952	0,49880	0,07923	0,4379	2,54100	1,26745	0,10608	1,12995E+05	0,445
21012	0,02159	0,1102	0,40	0,04408	0,51020	0,08640	0,4898	2,69026	1,37257	0,08978	1,38501E+05	0,471
31008	0,00319	0,0323	0,40	0,01292	0,43230	0,02989	0,2467	0,45771	0,19787	0,06022	2,57949E+04	0,438
31009	0,00601	0,0484	0,40	0,01936	0,44840	0,04318	0,3102	0,96039	0,43064	0,07994	4,69790E+04	0,450
31010	0,00911	0,0630	0,40	0,02520	0,46300	0,05443	0,3614	1,23970	0,57398	0,07604	6,93559E+04	0,460
31011	0,01255	0,0774	0,40	0,03096	0,47740	0,06485	0,4054	1,55921	0,74437	0,07600	9,29493E+04	0,465
31012	0,01572	0,0899	0,40	0,03596	0,48990	0,07340	0,4372	1,79976	0,88170	0,07542	1,14696E+05	0,466
31013	0,01930	0,1030	0,40	0,04120	0,50300	0,08191	0,4684	2,47614	1,24550	0,09042	1,38235E+05	0,466
31014	0,02275	0,1141	0,40	0,04564	0,51410	0,08878	0,4986	2,32823	1,19694	0,07504	1,63054E+05	0,471
41007	0,00663	0,0475	0,40	0,01900	0,44750	0,04246	0,3491	0,80662	0,36096	0,05305	5,88712E+04	0,511
41008	0,00967	0,0620	0,40	0,02480	0,46200	0,05368	0,3899	1,15676	0,53442	0,06098	8,26392E+04	0,500
41009	0,01286	0,0743	0,40	0,02972	0,47430	0,06266	0,4327	1,40780	0,66772	0,06026	1,06100E+05	0,507
41010	0,01580	0,0870	0,40	0,03480	0,48700	0,07146	0,4542	1,64988	0,80349	0,06410	1,25874E+05	0,492
41011	0,01899	0,0991	0,40	0,03964	0,49910	0,07942	0,4791	2,16584	1,08097	0,07562	1,45867E+05	0,486

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

f) Taşkın yatağında cidara bağlı veriler (tek taşkın yatağı için)

Kısaltmalar:

Q_T	: Hesaplanan taşkın yatağı akım debisi
h_T	: Ölçülen taşkın yatağı akım derinliği
$b_{o,T}$	: Taşkın yatağı taban genişliği
$A_{o,T}$	: Taşkın yatağında yatakta cidar etkisindeki ıslak alan (Einstein-Horton)
$U_{o,T}$	: Taşkın yatağında cidarın uzunluğu
$R_{o,T}$	: Taşkın yatağında cidara bağlı hidrolik yarıçap (Einstein-Horton)
v_T	: Noktasal hızlardan elde edilen taşkın yatağı ortalama hızı
$\tau_{o,T}$	: Taşkın yatağında ortalama cidar kayma gerilmesi
$SF_{o,T}$	: Taşkın yatağında cidarın akıma karşı gösterdiği direnç kuvveti
$f_{o,T}$	: Taşkın yatağında cidar Darcy-Weisbach direnç katsayısı
$Re_{o,T}$	: Taşkın yatağında cidara bağlı Reynolds sayısı

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.7. Taşkın yatağında cidara bağlı geometrik ve akım değerleri
[Özcan, 2007]

Deney No	Q_T (m ³ /s)	h_T (m)	$b_{o,T}$ (m)	$A_{o,T}$ (m ²)	$U_{o,T}$ (m)	$R_{o,T}$ (m)	v_T (m/s)	$\tau_{o,T}$ (N/m ²)	$SF_{o,T}$ (N)	$f_{o,T}$ (-)	$Re_{o,T}$ (-)
11009	0,00218	0,0220	0,40	0,00880	0,42200	0,02237	0,2479	0,24611	0,10386	0,03205	1,78463E+04
11010	0,00490	0,0400	0,40	0,00741	0,44000	0,01685	0,3063	0,29852	0,13135	0,02547	1,66027E+04
11011	0,00808	0,0558	0,40	0,00950	0,45580	0,02085	0,3621	0,42221	0,19244	0,02578	2,41695E+04
11012	0,01120	0,0680	0,40	0,00967	0,46800	0,02066	0,4118	0,51445	0,24076	0,02429	2,71733E+04
11013	0,01395	0,0830	0,40	0,00762	0,48300	0,01578	0,4202	0,43000	0,20769	0,01949	2,07205E+04
11014	0,01733	0,0930	0,40	0,01086	0,49300	0,02202	0,4658	0,65687	0,32384	0,02423	3,17645E+04
11015	0,02060	0,1069	0,40	0,00814	0,50690	0,01605	0,4551	0,52365	0,26544	0,02024	2,26222E+04
21006	0,00275	0,0259	0,40	0,00974	0,42590	0,02288	0,2654	0,30051	0,12799	0,03414	1,93019E+04
21007	0,00540	0,0443	0,40	0,00782	0,44430	0,01761	0,3047	0,33326	0,14807	0,02873	1,71360E+04
21008	0,00842	0,0581	0,40	0,00828	0,45810	0,01807	0,3622	0,42298	0,19377	0,02581	2,10083E+04
21009	0,01159	0,0726	0,40	0,00820	0,47260	0,01735	0,3992	0,45088	0,21309	0,02265	2,22285E+04
21010	0,01505	0,0861	0,40	0,00942	0,48610	0,01938	0,4371	0,55809	0,27129	0,02338	2,73220E+04
21011	0,01731	0,0988	0,40	0,00726	0,49880	0,01456	0,4379	0,46691	0,23289	0,01949	2,07632E+04
21012	0,02159	0,1102	0,40	0,00956	0,51020	0,01874	0,4898	0,58342	0,29766	0,01947	3,00357E+04
31007	0,00187	0,0208	0,40	0,00832	0,42080	0,02016	0,2248	0,22093	0,09297	0,03503	1,60230E+04
31008	0,00319	0,0323	0,40	0,00674	0,43230	0,01558	0,2467	0,23862	0,10316	0,03140	1,34483E+04
31009	0,00601	0,0484	0,40	0,00641	0,44840	0,01430	0,3102	0,31816	0,14266	0,02648	1,55632E+04
31010	0,00911	0,0630	0,40	0,00836	0,46300	0,01805	0,3614	0,41115	0,19036	0,02522	2,30021E+04
31011	0,01255	0,0774	0,40	0,00968	0,47740	0,02027	0,4054	0,48730	0,23264	0,02375	2,90499E+04
31012	0,01572	0,0899	0,40	0,00995	0,48990	0,02031	0,4372	0,49801	0,24398	0,02087	3,17380E+04
31013	0,01930	0,1030	0,40	0,00901	0,50300	0,01792	0,4684	0,54175	0,27250	0,01978	3,02436E+04
31014	0,02275	0,1141	0,40	0,01291	0,51410	0,02512	0,4986	0,65866	0,33862	0,02123	4,61284E+04
41006	0,00390	0,0316	0,40	0,01225	0,43160	0,02839	0,3089	0,37892	0,16354	0,03183	3,47298E+04
41007	0,00663	0,0475	0,40	0,00938	0,44750	0,02096	0,3491	0,39814	0,17817	0,02618	2,90586E+04
41008	0,00967	0,0620	0,40	0,00995	0,46200	0,02153	0,3899	0,46385	0,21430	0,02445	3,31373E+04
41009	0,01286	0,0743	0,40	0,01185	0,47430	0,02498	0,4327	0,56125	0,26620	0,02402	4,22989E+04
41010	0,01580	0,0870	0,40	0,01257	0,48700	0,02581	0,4542	0,59587	0,29019	0,02315	4,54608E+04
41011	0,01899	0,0991	0,40	0,01103	0,49910	0,02209	0,4791	0,60227	0,30059	0,02103	4,05624E+04

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

g) Taşkın yatağında bitki örtüsüne bağlı veriler (tek taşkın yatağı için)

Kısaltmalar:

- Q_T : Hesaplanan taşkın yatağı akım debisi
 h_p : Silindirik bitki gövdesinin su içerisindeki derinliği
 A_p : Bir silindirik bitki gövdesinin su içindeki kapladığı alan
 A_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsü etkisindeki ıslak alan (Einstein-Horton)
 U_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsünün kapladığı uzunluk
 R_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsüne bağlı hidrolik yarıçap (Einstein-Horton)
 v_T : Noktasal hızlardan elde edilen taşkın yatağı ortalama hızı
 τ_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsünün akıma gösterdiği direnç gerilmesi
 SF_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsünün akıma karşı gösterdiği direnç kuvveti
 f_{bitki} : Taşkın yatağında bitki örtüsü Darcy-Weisbach direnç katsayısı
 c_{WR} : Taşkın yatağında bitki örtüsü şekil direnç katsayısı

$$\tau_{bitki} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_{WR} \cdot \frac{A_p}{a_x \cdot a_y} \cdot v_T^2$$

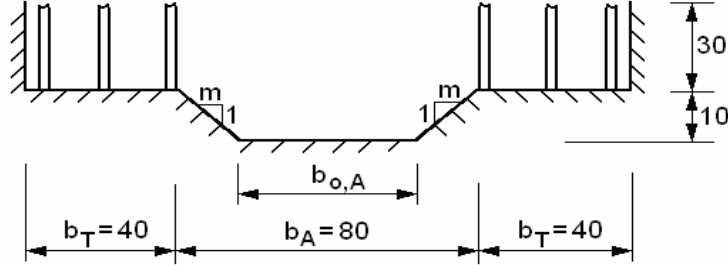
$$A_p = h_p \cdot d_p$$

EK-1. (Devam) Model deneylerinden elde edilen veriler

Çizelge 1.8. Taşkın yatağında bitki örtüsüne bağlı geometrik ve akım değerleri
[Özcan, 2007]

Deney No	Q_T (m ³ /s)	h_p (m)	A_p (m ²)	A_{bitki} (m ²)	U_{bitki} (m)	R_{bitki} (m)	v_T (m/s)	τ_{bitki} (N/m ²)	SF_{bitki} (N)	f_{bitki} (-)	CWR (-)
11009	0,00218	0,0220	4,840E-04	0,00000	0,40000	0,00000	0,2479	0,03101	0,01240	0,00404	0,083
11010	0,00490	0,0400	8,800E-04	0,00859	0,40000	0,02147	0,3063	1,38087	0,55235	0,11782	1,339
11011	0,00808	0,0558	1,228E-03	0,01282	0,40000	0,03204	0,3621	2,06594	0,82637	0,12614	1,028
11012	0,01120	0,0680	1,496E-03	0,01753	0,40000	0,04383	0,4118	3,30558	1,32223	0,15607	1,043
11013	0,01395	0,0830	1,826E-03	0,02558	0,40000	0,06395	0,4202	4,54120	1,81648	0,20585	1,127
11014	0,01733	0,0930	2,046E-03	0,02634	0,40000	0,06586	0,4658	5,30052	2,12021	0,19550	0,956
11015	0,02060	0,1069	2,352E-03	0,03462	0,40000	0,08656	0,4551	6,99292	2,79717	0,27023	1,149
21006	0,00275	0,0259	5,698E-04	0,00062	0,40000	0,00154	0,2654	0,38567	0,15427	0,04382	0,769
21007	0,00540	0,0443	9,746E-04	0,00990	0,40000	0,02474	0,3047	1,75211	0,70084	0,15107	1,550
21008	0,00842	0,0581	1,278E-03	0,01496	0,40000	0,03741	0,3622	2,89076	1,15631	0,17636	1,380
21009	0,01159	0,0726	1,597E-03	0,02084	0,40000	0,05210	0,3992	3,94127	1,57651	0,19797	1,240
21010	0,01505	0,0861	1,894E-03	0,02502	0,40000	0,06255	0,4371	5,09839	2,03936	0,21359	1,128
21011	0,01731	0,0988	2,174E-03	0,03226	0,40000	0,08064	0,4379	6,79028	2,71611	0,28347	1,304
21012	0,02159	0,1102	2,424E-03	0,03452	0,40000	0,08630	0,4898	6,87683	2,75073	0,22948	0,947
31007	0,00187	0,0208	4,576E-04	0,00000	0,40000	0,00000	0,2248	0,12046	0,04818	0,01910	0,417
31008	0,00319	0,0323	7,106E-04	0,00618	0,40000	0,01546	0,2467	0,94503	0,37801	0,12435	1,750
31009	0,00601	0,0484	1,065E-03	0,01295	0,40000	0,03237	0,3102	2,31066	0,92427	0,19232	1,806
31010	0,00911	0,0630	1,386E-03	0,01684	0,40000	0,04211	0,3614	2,85901	1,14360	0,17537	1,265
31011	0,01255	0,0774	1,703E-03	0,02128	0,40000	0,05321	0,4054	3,65072	1,46029	0,17796	1,045
31012	0,01572	0,0899	1,978E-03	0,02601	0,40000	0,06503	0,4372	4,11799	1,64720	0,17258	0,873
31013	0,01930	0,1030	2,266E-03	0,03219	0,40000	0,08047	0,4684	6,22366	2,48946	0,22727	1,003
31014	0,02275	0,1141	2,510E-03	0,03273	0,40000	0,08181	0,4986	5,33077	2,13231	0,17180	0,684
41006	0,00390	0,0316	6,952E-04	0,00039	0,40000	0,00097	0,3089	0,39944	0,15977	0,03356	0,483
41007	0,00663	0,0475	1,045E-03	0,00962	0,40000	0,02405	0,3491	1,78484	0,71394	0,11739	1,123
41008	0,00967	0,0620	1,364E-03	0,01485	0,40000	0,03713	0,3899	2,65608	1,06243	0,14001	1,026
41009	0,01286	0,0743	1,635E-03	0,01787	0,40000	0,04468	0,4327	3,06871	1,22748	0,13135	0,804
41010	0,01580	0,0870	1,914E-03	0,02223	0,40000	0,05558	0,4542	3,58528	1,43411	0,13930	0,728
41011	0,01899	0,0991	2,180E-03	0,02861	0,40000	0,07154	0,4791	5,26825	2,10730	0,18393	0,844

EK-2. Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı



Şekil 2.1. Araştırma kanalının geometrik özellikleri

Mertens yaklaşımında ilk önce bitki örtüsü parametresi (B) hesap edilir. Bunun için a_x (Akım doğrultusunda bitki elemanları arası mesafe), a_y (Akıma dik doğrultuda bitki elemanları arası mesafe) ve d_p (Bitki gövdesi çapı) verileri gereklidir. Bu veriler model deneylerinde kullanılan değerlerdir (Şekil 4.2).

$$a_x = 0,4 \text{ m}, a_y = 0,1 \text{ m}, d_p = 0,022 \text{ m}, b_{II} = 0,4 \text{ m}$$

Bitki örtüsü parametresi (B) değeri aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$B = \left(\frac{a_x}{d_p} - 1 \right)^2 \left(\frac{a_y}{d_p} \right) = \left(\frac{0,4}{0,022} - 1 \right)^2 \left(\frac{0,1}{0,022} \right) = 1341$$

$B < 6000$ için c katsayısını hesaplamada aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır.

$$c = 1,2 - 0,3 \cdot 10^{-3} B + 0,06(10^{-3} B)^{1,5} = 1,2 - 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1341 + 0,06(10^{-3} \cdot 1341)^{1,5} = 0,8908$$

Mertens ayırım alanı kumul pürüzlülüğü (k_{gir}) c katsayısı kullanılarak bulunur.

$$k_{gir} = 1,5 \cdot d_p + c \cdot b_{II} \rightarrow k_{gir} = 1,5 \cdot 0,022 + 0,8908 \cdot 0,4 = 0,389348 \text{ m bulunur.}$$

Hesap edilen bu parametreler tüm deney serileri için kullanılmıştır.

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

1.Seri 1:m=1:1 olması durumu için (11010-11015) serilerinde yapılan hesaplar

11010 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,808.10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,243.10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1400$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,04$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,10200$ m² (Çizelge 1.3), $U_A=0,96284$ m (Çizelge 1.3), $R_A=0,10594$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,88284$ m (Çizelge 1.4) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,74$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,74 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10594 \cdot 1,808 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02745$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10594}{0,02745} \rightarrow R_{o,A} = 3,860 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{v} = \frac{4 \cdot 0,74 \cdot 3,860 f_{o,A}}{1,243 \cdot 10^{-6}} = 9189126,25 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(9189126,25 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09$$

$f_{o,A} = 0,01704$, $R_{o,A} = 0,06578$ m ve $Re_{o,A} = 1,56591 \cdot 10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}} \right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left(\frac{0,389348}{14,84 \cdot 3,860 f_{gir}} \right)$$

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$f_{gir} = 0,14289, R_{gir} = 0,55157 m$ bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A} \cdot U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir} \cdot h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06578 \cdot 0,88284) + 2(0,55157 \cdot 0,04) = 0,1021 m^2 \cong 0,102 m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,74 \cdot 0,102 = 0,07548 m^3 / s$$

11011, 11012, 11013, 11014, 11015 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

2.Seri 1:m=1:1,5 olması durumu için (21007-21012) serilerinde yapılan hesaplar

21007 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,931 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,252 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1443 m$ (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,0443 m$ (Çizelge 1.7), $A_A=0,10044 m^2$ (Çizelge 1.3), $U_A=0,94915 m$ (Çizelge 1.3), $R_A=0,10582 m$ (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,86056 m$ (Çizelge 1.4) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,755 m/s$ olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,755 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10582 \cdot 1,931 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02813$$

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10582}{0,028131} \rightarrow R_{o,A} = 3,762 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4.v_A.R_{o,A}}{\nu} = \frac{4.0,755.3,762 f_{o,A}}{1,252.10^{-6}} = 9073795,49 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(9073795,49 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80$$

$f_{o,A} = 0,01615$, $R_{o,A} = 0,06076$ m ve $Re_{o,A} = 1,46515.10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,389348}{14,84.3,762 f_{gir}}\right)$$

$f_{gir} = 0,14437$, $R_{gir} = 0,54306$ m bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A}.U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir}.h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06076.0,86055) + 2(0,54306.0,0443) = 0,1004 m^2 \cong 0,10044 m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A . A_A = 0,755.0,10044 = 0,07583 m^3 / s$$

21008, 21009, 21010, 21011, 21012 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

3.Seri 1:m=1:2 olması durumu için (31008-31014) serilerinde yapılan hesaplar

31008 Serisi hesapları

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

Verilenler:

$I_E = 1,563 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v = 1,143 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A = 0,1323$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T = 0,0323$ m (Çizelge 1.7), $A_A = 0,08584$ m² (Çizelge 1.3), $U_A = 0,91181$ m (Çizelge 1.3), $R_A = 0,09414$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A} = 0,84721$ m (Çizelge 1.4) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A = 0,660$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,660 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,09414 \cdot 1,563 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02652$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,09414}{0,02652} \rightarrow R_{o,A} = 3,550 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{v} = \frac{4 \cdot 0,660 \cdot 3,550 f_{o,A}}{1,143 \cdot 10^{-6}} = 8200311,6 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(8200311,6 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07$$

$f_{o,A} = 0,01731$, $R_{o,A} = 0,06145$ m ve $Re_{o,A} = 1,41875 \cdot 10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,389348}{14,84 \cdot 3,550 f_{gir}}\right)$$

$f_{gir} = 0,14774$, $R_{gir} = 0,52451$ m bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A} \cdot U_{o,A} \quad \text{ve} \quad A_{gir} = R_{gir} \cdot h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06145 \cdot 0,84721) + 2(0,52451 \cdot 0,0323) = 0,08594 m^2 \cong 0,08584 m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,660 \cdot 0,08584 = 0,05665 \text{ m}^3 / \text{s}$$

31009, 31010, 31011, 31012, 31013, 31014 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

4.Seri 1:m=1:0 olması durumu için (41007-41011) serilerinde yapılan hesaplar

41007 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,941 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,007 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1475$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,0475$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,11800 \text{ m}^2$ (Çizelge 1.3), $U_A=1,09500$ m (Çizelge 1.3), $R_A=0,10776$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=1,00000$ m (Çizelge 1.4) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,770$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,770 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10776 \cdot 1,941 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02768$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10776}{0,02768} \rightarrow R_{o,A} = 3,893 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{v} = \frac{4 \cdot 0,770 \cdot 3,893 f_{o,A}}{1,007 \cdot 10^{-6}} = 11906900,47 f_{o,A}$$

EK-2. (Devam) Mertens yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(\text{Re}_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(11906900,47 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24$$

$$f_{o,A} = 0,01678, R_{o,A} = 0,06534 \text{ m ve } \text{Re}_{o,A} = 1,99839 \cdot 10^5 \text{ bulunur.}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,389348}{14,84 \cdot 3,893 f_{gir}}\right)$$

$$f_{gir} = 0,14242, R_{gir} = 0,55441 \text{ m bulunur.}$$

$$A_{o,A} = R_{o,A} \cdot U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir} \cdot h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06534 \cdot 1,00000) + 2(0,55441 \cdot 0,0475) = 0,1181 \text{ m}^2 \cong 0,1180 \text{ m}^2$$

$$\sum A \cong A_A \text{ olduğundan kabul edilen hız değeri (v}_A\text{) doğrudur.}$$

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,770 \cdot 0,1180 = 0,09086 \text{ m}^3 / \text{s}$$

41008, 41009, 41010, 41011 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

1.Seri 1:m=1:1 olması durumu için (11010-11015) serilerinde yapılan hesaplar

11010 Serisi hesapları

Verilenler:

$a_x=0,4$ m (Şekil 6.2), $a_y=0,1$ m (Şekil 6.2), $d_p=0,022$ m (Şekil 6.2), $I_E=1,808 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $\nu=1,243 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1400$ m (Çizelge 1.3) $h_T=0,04$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,10200$ m² (Çizelge 1.3), $U_A=0,96284$ m (Çizelge 1.3), $b_{III}=0,4$ m, $R_A=0,10594$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,88284$ m (Çizelge 1.4), $f_T=f_{o,T}+f_{bitki}=0,14329$ değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) kabul edilir. $v_{gir}=0,344$ m/s olsun

$$Re_p = \frac{v_{gir} \cdot d_p}{\nu} = \frac{0,344 \cdot 0,022}{1,243 \cdot 10^{-6}} = 6086,68$$

$800 < Re_p < 8000$ için, $c_{w\infty} = 1,0$ alınır.

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{w\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_{gir}^2 / 2} \right)^{-3/2}$$

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{1,0 \cdot 0,022} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{9,81 \cdot a_{NL} \cdot 1,808 \cdot 10^{-3}}{0,344^2 / 2} \right)^{-3/2} \rightarrow a_{NL} = 1,361 \text{ m bulunur.}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{w\infty} \cdot d_p)^{0,41}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot 1,361^{0,59} \cdot (1,0 \cdot 0,022)^{0,41} \rightarrow a_{NB} = 0,060 \text{ m bulunur.}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$\Omega = \left(0,07 \frac{1,361}{0,1}\right)^{3,3} + \left(\frac{0,060}{0,4}\right)^{0,95} = 0,626 \text{ bulunur.}$$

$$c_{gir} = -3,27 \log \Omega + 2,85$$

$$c_{gir} = -3,27 \log 0,626 + 2,85 = 3,515 \text{ bulunur}$$

$$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)}$$

$$b_{II} = \frac{1,0 \cdot 0,04}{0,14329 \cdot (0,068 e^{0,56 \cdot 3,515} - 0,056)} = 0,648 > 0,4 \text{ olduğundan } b_{II} = 0,4 \text{ m alınır.}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right]$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{0,4}{0,4} \right)^{1,07} \cdot 0,626 \right] \rightarrow f_{gir} = 0,13801 \text{ bulunur.}$$

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,746$ m/s olsun

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,746 \cdot R_{o,A}}{1,243 \cdot 10^{-6}} = 2399929,23 R_{o,A}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + \sum f_{gir} \cdot h_{gir}} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 \cdot f_{gir} \cdot h_{gir}}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,102}{f_{o,A} \cdot 0,88284 + 2 \cdot 0,13801 \cdot 0,04}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(2399929,23 R_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09 \text{ iterasyon yapılarak}$$

$$f_{o,A} = 0,01697 \text{ bulunur. Bulunan bu değer } R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,102}{f_{o,A} \cdot 0,88284 + 2 \cdot 0,13801 \cdot 0,04}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

denkleminde yerine konarak $R_{o,A} = 0,06652$ m ve $Re_{o,A} = 1,59653 \cdot 10^5$ bulunur.

$$f_A = \frac{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2f_{gir} \cdot h_{gir}}{U_A} \rightarrow f_A = \frac{0,01697 \cdot 0,88284 + 2 \cdot 0,13801 \cdot 0,04}{0,96284} = 0,02703$$

$$f_{gir} = 0,13801 \rightarrow R_{gir} = \frac{f_{gir} \cdot R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,13801 \cdot 0,06652}{0,01697} = 0,54087 \text{ m bulunur.}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8g \cdot R_A \cdot I_E}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{0,02703}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10594 \cdot 1,808 \cdot 10^{-3}} = 0,746 \text{ m/s olduğundan kabul edilen}$$

ana yatak akım hızı (v_A) doğrudur.

$$v_{gir}^*{}^2 = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2 \rightarrow v_{gir}^*{}^2 = \frac{0,13801}{8} \cdot 0,746^2, v_{gir}^* = 0,098 \text{ bulunur.}$$

$v_{gir} = c_{gir} \cdot v_{gir}^* \rightarrow v_{gir} = 3,515 \cdot 0,098 = 0,344 \text{ m/s olduğundan kabul edilen ayırım}$
alanındaki akım hızı (v_{gir}) doğrudur.

Kabül edilen ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) ve ana yatak akım hızı (v_A) doğru olana kadar işlemlere devam edilir. Yapılan işlemde ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) ve ana yatak akım hızı (v_A) doğru olduğundan, ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,746 \cdot 0,102 = 0,07609 \text{ m}^3 / \text{s}$$

11011, 11012, 11013, 11014, 11015 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

2.Seri 1:m=1:1,5 olması durumu için (21007-21012) serilerinde yapılan hesaplar

21007 Serisi hesapları.

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

Verilenler:

$a_x=0,4$ m (Şekil 6.2), $a_y=0,1$ m (Şekil 6.2), $d_p=0,022$ m (Şekil 6.2), $I_E=1,931.10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,252.10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1443$ m (Çizelge 1.3) $h_T=0,0443$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,10044$ m² (Çizelge 1.3), $U_A=0,94915$ m (Çizelge 1.3), $b_{III}=0,4$ m, $R_A=0,10582$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,86056$ m (Çizelge 1.4), $f_T=f_{o,T}+f_{bitki}=0,17981$ değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) kabul edilir. $v_{gir}=0,353$ m/s olsun

$$Re_p = \frac{v_{gir} \cdot d_p}{\nu} = \frac{0,353 \cdot 0,022}{1,252 \cdot 10^{-6}} = 6200,59$$

$800 < Re_p < 8000$ için, $c_{W\infty} = 1,0$ alınır.

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{W\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_{gir}^2 / 2} \right)^{-3/2}$$

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{1,0 \cdot 0,022} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{9,81 \cdot a_{NL} \cdot 1,931 \cdot 10^{-3}}{0,353^2 / 2} \right)^{-3/2} \rightarrow a_{NL} = 1,350 \text{ m bulunur.}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{w\infty} \cdot d_p)^{0,41}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot 1,350^{0,59} \cdot (1,0 \cdot 0,022)^{0,41} \rightarrow a_{NB} = 0,059 \text{ m bulunur.}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{1,350}{0,1} \right)^{3,3} + \left(\frac{0,059}{0,4} \right)^{0,95} = 0,623 \text{ bulunur.}$$

$$c_{gir} = -3,27 \log \Omega + 2,85$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$c_{gir} = -3,27 \log 0,623 + 2,85 = 3,521 \text{ bulunur}$$

$$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)}$$

$$b_{II} = \frac{1,0 \cdot 0,0443}{0,17981 \cdot (0,068 e^{0,56 \cdot 3,521} - 0,056)} = 0,569 > 0,4 \text{ olduğundan } b_{II} = 0,4 \text{ m alınır.}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right]$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{0,4}{0,4} \right)^{1,07} \cdot 0,623 \right] \rightarrow f_{gir} = 0,13757 \text{ bulunur.}$$

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A = 0,765$ m/s olsun

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,765 \cdot R_{o,A}}{1,252 \cdot 10^{-6}} = 2443191,80 R_{o,A}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + \sum f_{gir} \cdot h_{gir}} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 \cdot f_{gir} \cdot h_{gir}}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,10044}{f_{o,A} \cdot 0,86056 + 2 \cdot 0,13757 \cdot 0,0443}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(2443191,80 R_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80 \text{ iterasyon yapılarak}$$

$$f_{o,A} = 0,01604 \text{ bulunur. Bulunan bu değer } R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,10044}{f_{o,A} \cdot 0,86056 + 2 \cdot 0,13757 \cdot 0,0443}$$

denkleminde yerine konarak $R_{o,A} = 0,06199$ m ve $Re_{o,A} = 1,51456 \cdot 10^5$ bulunur.

$$f_A = \frac{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 f_{gir} \cdot h_{gir}}{U_A} \rightarrow f_A = \frac{0,01604 \cdot 0,86056 + 2 \cdot 0,13757 \cdot 0,0443}{0,94915} = 0,0273$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$f_{gir} = 0,13757 \rightarrow R_{gir} = \frac{f_{gir} \cdot R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,13757 \cdot 0,06826}{0,01604} = 0,53152 \text{ m bulunur.}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 g \cdot R_A \cdot I_E}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{0,0273}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10582 \cdot 1,931 \cdot 10^{-3}} = 0,765 \text{ m/s olduğundan kabul edilen}$$

ana yatak akım hızı (v_A) doğrudur.

$$v_{gir}^* = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2 \rightarrow v_{gir}^* = \frac{0,13757}{8} \cdot 0,765^2, v_{gir}^* = 0,100 \text{ bulunur.}$$

$v_{gir} = c_{gir} \cdot v_{gir}^* \rightarrow v_{gir} = 3,521 \cdot 0,100 = 0,353 \text{ m/s olduğundan kabul edilen ayırım alanındaki akım hızı } (v_{gir}) \text{ doğrudur.}$

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) ve ana yatak akım hızı (v_A) doğru olduğundan, ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,765 \cdot 0,10044 = 0,07683 \text{ m}^3 / \text{s}$$

21008, 21009, 21010, 21011, 21012 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

3.Seri 1:m=1:2 olması durumu için (31008-31014) serilerinde yapılan hesaplar

31008 Serisi hesapları.

Verilenler:

$a_x=0,4 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $a_y=0,1 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $d_p=0,022 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $I_E=1,563 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,143 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1323 \text{ m}$ (Çizelge 1.3) $h_T=0,0323 \text{ m}$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$A_A=0,08584 \text{ m}^2$ (Çizelge 1.3), $U_A=0,91181 \text{ m}$ (Çizelge 1.3), $b_{III} = 0,4 \text{ m}$,
 $R_A=0,09414 \text{ m}$ (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,84721 \text{ m}$ (Çizelge 1.4), $f_T=f_{o,T}+f_{bitki}=0,15574$
 değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) kabul edilir. $v_{gir} = 0,311 \text{ m/s}$ olsun

$$Re_p = \frac{v_{gir} \cdot d_p}{\nu} = \frac{0,311 \cdot 0,022}{1,143 \cdot 10^{-6}} = 5984,01$$

$800 < Re_p < 8000$ için, $c_{W\infty} = 1,0$ alınır.

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{W\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_{gir}^2 / 2} \right)^{-3/2}$$

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{1,0 \cdot 0,022} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{9,81 \cdot a_{NL} \cdot 1,563 \cdot 10^{-3}}{0,311^2 / 2} \right)^{-3/2} \rightarrow a_{NL} = 1,310 \text{ m bulunur.}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{w\infty} \cdot d_p)^{0,41}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot 1,310^{0,59} \cdot (1,0 \cdot 0,022)^{0,41} \rightarrow a_{NB} = 0,058 \text{ m bulunur.}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{1,310}{0,1} \right)^{3,3} + \left(\frac{0,058}{0,4} \right)^{0,95} = 0,612 \text{ bulunur.}$$

$$c_{gir} = -3,27 \log \Omega + 2,85$$

$$c_{gir} = -3,27 \log 0,612 + 2,85 = 3,547 \text{ bulunur}$$

$$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$b_{II} = \frac{1,0 \cdot 0,0323}{0,15574 \cdot (0,068 e^{0,56 \cdot 3,547} - 0,056)} = 0,471 > 0,4 \text{ olduğundan } b_{II} = 0,4 \text{ m alınır.}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right]$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{0,4}{0,4} \right)^{1,07} \cdot 0,612 \right] \rightarrow f_{gir} = 0,13599 \text{ bulunur.}$$

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A = 0,672$ m/s olsun

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,672 \cdot R_{o,A}}{1,143 \cdot 10^{-6}} = 2350924,45 R_{o,A}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + \sum f_{gir} \cdot h_{gir}} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 \cdot f_{gir} \cdot h_{gir}}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,08584}{f_{o,A} \cdot 0,84721 + 2 \cdot 0,13599 \cdot 0,0323}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(2350924,45 R_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07 \text{ iterasyon yapılarak}$$

$$f_{o,A} = 0,01715 \text{ bulunur. Bulunan bu değer } R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,08584}{f_{o,A} \cdot 0,84721 + 2 \cdot 0,13599 \cdot 0,0323}$$

denkleminde yerine konarak $R_{o,A} = 0,06314$ m ve $Re_{o,A} = 1,48441 \cdot 10^5$ bulunur.

$$f_A = \frac{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 f_{gir} \cdot h_{gir}}{U_A} \rightarrow f_A = \frac{0,01715 \cdot 0,84721 + 2 \cdot 0,13599 \cdot 0,0323}{0,91181} = 0,0255$$

$$f_{gir} = 0,13599 \rightarrow R_{gir} = \frac{f_{gir} \cdot R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,13599 \cdot 0,06314}{0,01715} = 0,50070 \text{ m bulunur.}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8g \cdot R_A \cdot I_E}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{0,0255}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,09414 \cdot 1,563 \cdot 10^{-3}} = 0,672 \text{ m/s olduğundan kabul edilen}$$

ana yatak akım hızı (v_A) doğrudur.

$$v_{gir}^{*2} = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2 \rightarrow v_{gir}^{*2} = \frac{0,13599}{8} \cdot 0,672^2, v_{gir}^* = 0,087 \text{ bulunur.}$$

$v_{gir} = c_{gir} \cdot v_{gir}^* \rightarrow v_{gir} = 3,547 \cdot 0,087 = 0,311 \text{ m/s olduğundan kabul edilen ayırım alanındaki akım hızı } (v_{gir}) \text{ doğrudur.}$

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) ve ana yatak akım hızı (v_A) doğru olduğundan, ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,672 \cdot 0,08584 = 0,05768 \text{ m}^3 / \text{s}$$

31009, 31010, 31011, 31012, 31013, 31014 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

4.Seri 1:m=1:0 olması durumu için (41007-41011) serilerinde yapılan hesaplar

41007 Serisi hesapları

Verilenler:

$a_x=0,4 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $a_y=0,1 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $d_p=0,022 \text{ m}$ (Şekil 6.2), $I_E=1,941 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,007 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1475 \text{ m}$ (Çizelge 1.3) $h_T=0,0475 \text{ m}$ (Çizelge 1.7), $A_A=0,11800 \text{ m}^2$ (Çizelge 1.3), $U_A=1,09500 \text{ m}$ (Çizelge 1.3), $b_{III} = 0,4 \text{ m}$, $R_A=0,10776 \text{ m}$ (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=1,00000 \text{ m}$ (Çizelge 1.4)

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$f_T = f_{o,T} + f_{bitki} = 0,14357$ değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) kabul edilir. $v_{gir} = 0,359$ m/s olsun

$$Re_p = \frac{v_{gir} \cdot d_p}{\nu} = \frac{0,359 \cdot 0,022}{1,007 \cdot 10^{-6}} = 7842,86 < 8000$$

$800 < Re_p < 8000$ için, $c_{w\infty} = 1,0$ alınır.

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{c_{w\infty} \cdot d_p} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{g \cdot a_{NL} \cdot I_E}{v_{gir}^2 / 2} \right)^{-3/2}$$

$$0,03 = 0,9 \left(\frac{a_{NL}}{1,0 \cdot 0,022} \right)^{-0,7} \cdot \left(1 + \frac{9,81 \cdot a_{NL} \cdot 1,941 \cdot 10^{-3}}{0,359^2 / 2} \right)^{-3/2} \rightarrow a_{NL} = 1,345 \text{ m bulunur.}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot a_{NL}^{0,59} \cdot (c_{w\infty} \cdot d_p)^{0,41}$$

$$a_{NB} = 0,24 \cdot 1,345^{0,59} \cdot (1,0 \cdot 0,022)^{0,41} \rightarrow a_{NB} = 0,059 \text{ m bulunur.}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{a_{NL}}{a_x} \right)^{3,3} + \left(\frac{a_{NB}}{a_y} \right)^{0,95}$$

$$\Omega = \left(0,07 \frac{1,345}{0,1} \right)^{3,3} + \left(\frac{0,059}{0,4} \right)^{0,95} = 0,621 \text{ bulunur.}$$

$$c_{gir} = -3,27 \log \Omega + 2,85$$

$$c_{gir} = -3,27 \log 0,621 + 2,85 = 3,524 \text{ bulunur}$$

$$b_{II} = \frac{c \cdot h_{gir}}{f_T \cdot (0,068 e^{0,56 c_{gir}} - 0,056)}$$

$$b_{II} = \frac{1,0 \cdot 0,0475}{0,14357 \cdot (0,068 e^{0,56 \cdot 3,524} - 0,056)} = 0,763 > 0,4 \text{ olduğundan } b_{II} = 0,4 \text{ m alınır.}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{b_{II}}{b_{III}} \right)^{1,07} \cdot \Omega \right]$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log \left[0,072 \left(\frac{0,4}{0,4} \right)^{1,07} \cdot 0,621 \right] \rightarrow f_{gir} = 0,13737 \text{ bulunur.}$$

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,777$ m/s olsun

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,777 \cdot R_{o,A}}{1,007 \cdot 10^{-6}} = 3086303,28 R_{o,A}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + \sum f_{gir} \cdot h_{gir}} = \frac{f_{o,A} \cdot A_A}{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 \cdot f_{gir} \cdot h_{gir}}$$

$$R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,11800}{f_{o,A} \cdot 1,00000 + 2 \cdot 0,13737 \cdot 0,0475}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(3086303,28 R_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24 \text{ iterasyon yapılarak}$$

$$f_{o,A} = 0,01670 \text{ bulunur. Bulunan bu değer } R_{o,A} = \frac{f_{o,A} \cdot 0,11800}{f_{o,A} \cdot 1,00000 + 2 \cdot 0,13737 \cdot 0,0475}$$

denkleminde yerine konarak $R_{o,A} = 0,06624$ m ve $Re_{o,A} = 2,04459 \cdot 10^5$ bulunur.

$$f_A = \frac{f_{o,A} \cdot U_{o,A} + 2 f_{gir} \cdot h_{gir}}{U_A} \rightarrow f_A = \frac{0,01670 \cdot 1,00000 + 2 \cdot 0,13737 \cdot 0,0475}{1,09500} = 0,0271$$

$$f_{gir} = 0,13737 \rightarrow R_{gir} = \frac{f_{gir} \cdot R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,13737 \cdot 0,06624}{0,01670} = 0,54476 \text{ m bulunur.}$$

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 g \cdot R_A \cdot I_E}$$

EK-3. (Devam) Pasche yaklaşımı ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{0,02718}} \cdot \sqrt{8.9,81 \cdot 0,10776.1,941.10^{-3}} = 0,777 \text{ m/s olduğundan kabul edilen}$$

ana yatak akım hızı (v_A) doğrudur.

$$v_{gir}^{*2} = \frac{f_{gir}}{8} \cdot v_A^2 \rightarrow v_{gir}^{*2} = \frac{0,13737}{8} \cdot 0,777^2, v_{gir}^* = 0,101 \text{ bulunur.}$$

$$v_{gir} = c_{gir} \cdot v_{gir}^* \rightarrow v_{gir} = 3,524 \cdot 0,101 = 0,359 \text{ m/s olduğundan kabul edilen ayırım alanındaki akım hızı } (v_{gir}) \text{ doğrudur.}$$

Ayırım alanındaki akım hızı (v_{gir}) ve ana yatak akım hızı (v_A) doğru olduğundan, ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

41008, 41009, 41010, 41011 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

EK-4. Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

1.Seri 1:m=1:1 olması durumu için (11010-11015) serilerinde yapılan hesaplar

11010 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,808.10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,243.10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1400$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,04$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,10200$ m² (Çizelge 1.3), $U_A=0,96284$ m (Çizelge 1.3), $R_A=0,10594$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,88284$ m (Çizelge 1.4) $k_{gir\ hesap}=0,33801$ m (Çizelge 3.20) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,753$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,753 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10594 \cdot 1,808 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02651$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10594}{0,02651} \rightarrow R_{o,A} = 3,996 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{v} = \frac{4 \cdot 0,753 \cdot 3,996 f_{o,A}}{1,243 \cdot 10^{-6}} = 9681975,69 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(9681975,69 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,09$$

$f_{o,A} = 0,01689$, $R_{o,A} = 0,06751$ m ve $Re_{o,A} = 1,63528 \cdot 10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,33801}{14,84 \cdot 3,996 f_{gir}}\right)$$

EK-4.(Devam) Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$f_{gir} = 0,13335, R_{gir} = 0,53297 m$ bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A} . U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir} . h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06751.0,88284) + 2(0,53297.0,04) = 0.1022 m^2 \cong 0,102 m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A . A_A = 0,753.0,102 = 0,07681 m^3 / s$$

11011, 11012, 11013, 11014, 11015 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

2.Seri 1:m=1:1,5 olması durumu için (21007-21012) serilerinde yapılan hesaplar

21007 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,931.10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,252.10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1443 m$ (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,0443 m$ (Çizelge 1.7), $A_A=0,10044 m^2$ (Çizelge 1.3), $U_A=0,94915 m$ (Çizelge 1.3), $R_A=0,10582 m$ (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,86056 m$ (Çizelge 1.4) $k_{gir \text{ hesap}}=0,53560 m$ (Çizelge 3.20) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,721 m/s$ olsun

EK-4.(Devam) Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E} , 0,721 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8,9,81,0,10582,1,931 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,03085$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10582}{0,03085} \rightarrow R_{o,A} = 3,430 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{\nu} = \frac{4 \cdot 0,721 \cdot 3,430 f_{o,A}}{1,252 \cdot 10^{-6}} = 7899405,20 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(7899405,20 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 0,80$$

$f_{o,A} = 0,01653, R_{o,A} = 0,05672 \text{ m}$ ve $Re_{o,A} = 1,30608 \cdot 10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,53560}{14,84 \cdot 3,430 f_{gir}}\right)$$

$f_{gir} = 0,17070, R_{gir} = 0,58559 \text{ m}$ bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A} \cdot U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir} \cdot h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,05672 \cdot 0,86055) + 2(0,58559 \cdot 0,0443) = 0,1005 m^2 \cong 0,10044 m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,721 \cdot 0,10044 = 0,07242 m^3 / s$$

21008, 21009, 21010, 21011, 21012 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

3.Seri 1:m=1:2 olması durumu için (31008-31014) serilerinde yapılan hesaplar

EK-4.(Devam) Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

31008 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E=1,563.10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v=1,143.10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A=0,1323$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T=0,0323$ m (Çizelge 1.7), $A_A=0,08584$ m² (Çizelge 1.3), $U_A=0,91181$ m (Çizelge 1.3), $R_A=0,09414$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A}=0,84721$ m (Çizelge 1.4) $k_{gir\ hesap}=0,38768$ m (Çizelge 3.20) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A=0,656$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E} , 0,656 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,09414 \cdot 1,563 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02684$$

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,09414}{0,02684} \rightarrow R_{o,A} = 3,507 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4 \cdot v_A \cdot R_{o,A}}{v} = \frac{4 \cdot 0,656 \cdot 3,507 f_{o,A}}{1,143 \cdot 10^{-6}} = 8049440,7 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(8049440,7 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,07$$

$f_{o,A} = 0,01736$, $R_{o,A} = 0,06090$ m ve $Re_{o,A} = 1,39754 \cdot 10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,38768}{14,84 \cdot 3,507 f_{gir}}\right)$$

$f_{gir} = 0,14820$, $R_{gir} = 0,51981$ m bulunur.

EK-4.(Devam) Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$A_{o,A} = R_{o,A} \cdot U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir} \cdot h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06090 \cdot 0,84721) + 2(0,51981 \cdot 0,0323) = 0,0856m^2 \cong 0,08584m^2$$

$$\sum A \cong A_A \text{ olduğundan kabul edilen hız değeri } (v_A) \text{ doğrudur.}$$

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A \cdot A_A = 0,656 \cdot 0,08584 = 0,05631 m^3 / s$$

31009, 31010, 31011, 31012, 31013, 31014 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

4.Seri 1:m=1:0 olması durumu için (41007-41011) serilerinde yapılan hesaplar

41007 Serisi hesapları

Verilenler:

$I_E = 1,941 \cdot 10^{-3}$ (Çizelge 1.2), $v = 1,007 \cdot 10^{-6}$ (Çizelge 1.2), $h_A = 0,1475$ m (Çizelge 1.3)
 $h_T = 0,0475$ m (Çizelge 1.7), $A_A = 0,11800$ m² (Çizelge 1.3), $U_A = 1,09500$ m (Çizelge 1.3), $R_A = 0,10776$ m (Çizelge 1.3), $U_{o,A} = 1,00000$ m (Çizelge 1.4) $k_{gir \text{ hesap}} = 0,32480$ m (Çizelge 3.20) değerleri okunur.

ÇÖZÜM:

Ana yatak akım hızı (v_A) kabul edilir. $v_A = 0,788$ m/s olsun

$$v_A = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R_A \cdot I_E}, \quad 0,788 = \frac{1}{\sqrt{f_A}} \cdot \sqrt{8 \cdot 9,81 \cdot 0,10776 \cdot 1,941 \cdot 10^{-3}} \rightarrow f_A = 0,02643$$

EK-4.(Devam) Bu çalışmada önerilen yaklaşım ile ana yatak taşıma kapasitesi hesabı

$$\frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{R_{gir}}{f_{gir}} \rightarrow \frac{R_A}{f_A} = \frac{R_{o,A}}{f_{o,A}} = \frac{0,10776}{0,02643} \rightarrow R_{o,A} = 4,077 f_{o,A}$$

$$Re_{o,A} = \frac{4.v_A.R_{o,A}}{v} = \frac{4.0,788.4,077 f_{o,A}}{1,007.10^{-6}} = 12761221,9 f_{o,A}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(Re_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24$$

$$\frac{1}{\sqrt{f_{o,A}}} = 2,03 \log(12761221,9 f_{o,A} \sqrt{f_{o,A}}) - 1,24$$

$f_{o,A} = 0,01659$, $R_{o,A} = 0,06763m$ ve $Re_{o,A} = 2,11683.10^5$ bulunur.

$$\frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{k_{gir}}{14,84 R_{gir}}\right) \rightarrow \frac{1}{\sqrt{f_{gir}}} = -2 \log\left(\frac{0,32480}{14,84.4,077 f_{gir}}\right)$$

$f_{gir} = 0,13030$, $R_{gir} = 0,53124 m$ bulunur.

$$A_{o,A} = R_{o,A}.U_{o,A} \text{ ve } A_{gir} = R_{gir}.h_T$$

$$\sum A = A_{o,A} + 2A_{gir} = (0,06763.1,00000) + 2(0,53124.0,0475) = 0,1180m^2 \cong 0,1180m^2$$

$\sum A \cong A_A$ olduğundan kabul edilen hız değeri (v_A) doğrudur.

Ana yatak debisi aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$Q_A = v_A . A_A = 0,788.0,1180 = 0,09298 m^3 / s$$

41008, 41009, 41010, 41011 serileri yukarıda gösterilen işlemlere benzer şekilde hesaplanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALTUN, Özgüven
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.04.1980 Rize
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 282 09 90
 Faks :
 e-mail : ozguvena@mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Anadolu Üniversitesi Müh.Mim. Fak. İnşaat Mühendisliği Bölümü	2004
Lise	Şavşat Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2006	Tercih Yapı Denetim Şirketi	Kontrol Mühendisi
2006-	Bayındırlık ve İskan Bakanlığı	Kontrol Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Kitap okumak , Futbol,