

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**IZGARA TİPİ YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN MESKUN  
BÖLGE DRENAJİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş. Müh. Halil İbrahim ŞAHİN**

**Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI MÜHENDİSLİĞİ**

**HAZİRAN 2006**

**IZGARA TİPİ YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN MESKUN  
BÖLGE DRENAJİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İnş. Müh. Halil İbrahim ŞAHİN**  
**(501031531)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ali UYUMAZ**  
**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Beyhan YEĞEN (İTÜ)**  
**Prof.Dr. Cumali KINACI (İTÜ)**

**HAZİRAN 2006**

## **ÖNSÖZ**

Bu tez çalışmasında bilgilerini, yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Ali UYUMAZ' a ve de başta ailem olmak üzere bana destek olan tüm sevdiklerime teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2006

Halil İbrahim ŞAHİN

## İÇİNDEKİLER

<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>v</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ÖZET</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. MESKUN BÖLGELERDE YAĞMUR SUYU DRENAJİ VE YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİ</b>	<b>3</b>
2.1. Meskun Bölge Drenajı Tanımı	3
2.2. Meskun Bölge Drenajının Önemi	3
2.3. Yağmur Suyu Giriş Yeri Tipleri	3
2.3.1. Cadde Arklarında Yapılan Izgaralı Girişler	5
2.3.2. Bordürde Teşkil Edilen Girişler	5
2.3.2.1. Bordürde Teşkil Edilen Düz Girişler	6
2.3.2.2. Bordürde Teşkil Edilen Çukurlaştırılmış Girişler	6
2.3.2.3. Bordürde Teşkil Edilen Saptırıcılı Girişler	7
2.3.3. Birleşik Girişler	7
2.3.4. Boyuna Doğrultuda Yerleştirilen Izgaralı Girişler	8
<b>3. YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN PROJELENDİRİLMESİNDE GENEL İLKELER</b>	<b>10</b>
3.1. Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Kapasitesini Etkileyen Faktörler	10
3.2. Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar	11
3.3. Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin ve Aralıklarının Belirlenmesi	12
<b>4. YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİK HESAPLARI</b>	<b>14</b>
4.1. Cadde Arklarında Akış	14
4.1.1. Üniform Enkesitli Arklarda Akış	16
4.1.2. Kompozit Enkesitli Arklarda Akış	18
4.1.3. V - Enkesitli Arklarda Akış	22
4.1.4. Dairsel Enkesitli Arklarda Akış	24
4.2. Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı	25
4.2.1. Sürekli Eğimli Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı	26
4.2.2. Çukur Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı	29
<b>5. FHWA' NIN DENEYSSEL VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>33</b>

5.1. Deney Düzenegi	33
5.2. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi	34
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>40</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>43</b>
<b>EKLER</b>	<b>44</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>95</b>

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 4.1</b>	Yol sınıfı ve proje hızına göre yayılma değerleri..... 14
<b>Tablo 4.2</b>	Manning pürüzlülük katsayısı değerleri..... 15
<b>Tablo 4.3</b>	Örnek 4.4 için bulunan $R_f$ , $R_s$ , $Q_i$ değerleri ..... 29
<b>Tablo 5.1</b>	Bütün ızgaraların A, B ve C katsayıları..... 35
<b>Tablo 5.2</b>	Bütün ızgaraların maksimum verimlilikleri ve bu değerleri sağlayan (W/T) oranları 39
<b>Tablo E.1</b>	ORE-L Izgarası için deney verileri ..... 66
<b>Tablo E.2</b>	ORE-T Izgarası için deney verileri ..... 67
<b>Tablo E.3</b>	TB45-1 Izgarası için deney verileri ..... 68
<b>Tablo E.4</b>	TB45-3 Izgarası için deney verileri..... 69
<b>Tablo E.5</b>	TB45-5 Izgarası için deney verileri ..... 70
<b>Tablo E.6</b>	MASS Izgarası için deney verileri ..... 71
<b>Tablo E.7</b>	TBV-3 Izgarası için deney verileri ..... 72
<b>Tablo E.8</b>	TBV-5 Izgarası için deney verileri ..... 73

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Izgaralı girişler.....	4
Şekil 2.2 : Bordür girişleri .....	4
Şekil 2.3 : Birleşik girişler .....	4
Şekil 2.4 : Boyuna doğrultuda yerleştirilen ızgaralı girişler .....	4
Şekil 2.5 : Bordürde teşkil edilen düz girişler .....	6
Şekil 2.6 : Bordürde teşkil edilen çukurlaştırılmış girişler .....	7
Şekil 2.7 : Bordürde teşkil edilen saptırcılı girişler .....	7
Şekil 2.8 : İki girişin aynı hizada olduğu birleşik giriş.....	8
Şekil 2.9 : Izgaralı girişin sistemin mansap tarafında bulunduğu birleşik giriş.....	8
Şekil 2.10 : Boyuna doğrultuda yerleştirilen ızgaralı girişlerin enkesiti.....	9
Şekil 2.11 : Boyuna doğrultuda yerleştirilen ızgaralı girişler.....	9
Şekil 3.1 : Her kavşakta dört tane girişin olduğu durum.....	13
Şekil 3.2 : Her kavşakta iki tane girişin olduğu durum.....	13
Şekil 3.3 : Birkaç blok arayla yerleştirilmiş yağmur suyu girişleri .....	13
Şekil 4.1 : Üniform enkesitli ark.....	15
Şekil 4.2 : Kompozit enkesitli ark .....	16
Şekil 4.3 : V-Enkesitli ark .....	16
Şekil 4.4 : Dairesel kesitli ark.....	16
Şekil 4.5 : Çukur yerlerde ızgara boyunca ortalama derinlik.....	30
Şekil 5.1 : Üçgen enkesitli arklarda etkili derinlik.....	37
Şekil D.1 : Üçgen enkesitli arklarda hız.....	45
Şekil D.2 : Üçgen enkesitli arklarda debi .....	46
Şekil D.3 : Üçgen enkesitli arklarda $E_0$ değeri.....	47
Şekil D.4 : Dairesel enkesitli arklarda akım.....	48
Şekil D.5 : P-50 ve P-100 Izgaraları.....	49
Şekil D.6 : P-30 Izgarası.....	50
Şekil D.7 : Eğrisel çubuklu ızgara.....	51
Şekil D.8 : 45°-60 ve 45°-85 Eğik çubuklu ızgaralar.....	52
Şekil D.9 : 30°-85 Eğik çubuklu ızgara.....	53
Şekil D.10 : Ağ Örgülü ızgara.....	54
Şekil D.11 : Izgaralı girişlerde $R_f$ katsayısı.....	55
Şekil D.12 : Izgaralı girişlerde $R_s$ katsayısı.....	56
Şekil D.13 : Çukur yerlerde ızgaralı girişlerin verimi.....	57
Şekil E.1 : ORE-L Izgarası.....	58
Şekil E.2 : ORE-T Izgarası.....	59
Şekil E.3 : TB45-1 Izgarası.....	60
Şekil E.4 : TB45-3 Izgarası.....	61
Şekil E.5 : TB45-5 Izgarası .....	62
Şekil E.6 : MASS Izgarası.....	63

Şekil E.7	: TBV-3 Izgarası.....	64
Şekil E.8	: TBV-5 Izgarası.....	65
Şekil E.9	: ORE-L Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	74
Şekil E.10	: ORE-T Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	75
Şekil E.11	: TB45-1 Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	76
Şekil E.12	: TB45-3 Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	77
Şekil E.13	: TB45-5 Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	78
Şekil E.14	: MASS Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	79
Şekil E.15	: TBV-3 Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	80
Şekil E.16	: TBV-5 Izgarası için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	81
Şekil E.17	: ORE-L Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	82
Şekil E.18	: ORE-T Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	83
Şekil E.19	: TB45-1 Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	84
Şekil E.20	: TB45-3 Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	85
Şekil E.21	: TB45-5 Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	86
Şekil E.22	: MASS Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	87
Şekil E.23	: TBV-3 Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	88
Şekil E.24	: TBV-5 Izgarası için A,B ve C katsayılarının S ile değişimi.....	89
Şekil E.25	: $S=0,005$ için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	90
Şekil E.26	: $S=0,010$ için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	91
Şekil E.27	: $S=0,028$ için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	92
Şekil E.28	: $S=0,054$ için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	93
Şekil E.29	: $S=0,075$ için ( $Q_i/Q$ ) oranının ( $W/T$ ) ile değişimi.....	94



## SEMBOL LİSTESİ

<b>a</b>	: Arktaki çökme
<b>A, B, C</b>	: İkinci derece denklemin katsayıları
<b>A<sub>1</sub></b>	: Islak alan
<b>A<sub>g</sub></b>	: Izgara net boşluk oranı
<b>C<sub>0</sub></b>	: Orifis katsayısı, 0,67
<b>C<sub>w</sub></b>	: Savak katsayısı, 1,66
<b>Ç</b>	: Islak çevre
<b>d</b>	: Akım derinliği
<b><math>\bar{d}</math></b>	: Froude sayısı için etkili akım derinliği
<b>D</b>	: Dairesel kesitli arkın çapı
<b>E</b>	: Izgaralı girişin verimi
<b>E<sub>0</sub></b>	: Cephe akımının toplam akıma oranı
<b>F</b>	: Froude sayısı
<b>g</b>	: Yerçekimi ivmesi
<b>K<sub>s</sub></b>	: Sabit, 0,0828
<b>K<sub>u</sub></b>	: Sabit, 1,179
<b>K<sub>v</sub></b>	: Sabit, 0,295
<b>L</b>	: Izgara uzunluğu
<b>n</b>	: Manning pürüzlülük katsayısı
<b>P</b>	: Bordür önündeki uzunluk hariç ızgara çevresi
<b>P<sub>etkili</sub></b>	: Etkili ızgara çevresi
<b>Q</b>	: Toplam debi
<b>Q<sub>i</sub></b>	: Izgara tarafından tutulan debi
<b>Q<sub>s</sub></b>	: Yol tarafındaki debi
<b>(Q<sub>s</sub>)<sub>i</sub></b>	: Yol tarafındaki debinin tutulan kısmı
<b>Q<sub>w</sub></b>	: Cephe akımı
<b>(Q<sub>w</sub>)<sub>i</sub></b>	: Cephe akımının tutulan kısmı
<b>r</b>	: Dairesel kesitin yarıçapı
<b>R</b>	: Hidrolik yarıçap
<b>R<sub>f</sub></b>	: Cephe akım oranı
<b>R<sub>s</sub></b>	: Yanal akım oranı
<b>S</b>	: Cadde boyuna eğimi
<b>S<sub>w</sub></b>	: Arkın enine eğimi
<b>S<sub>x</sub></b>	: Caddenin enine eğimi
<b>T</b>	: Üiform kesitte arktaki suyun yayılma miktarı
<b>T'</b>	: V kesit içindeki yayılma miktarı
<b>T<sub>s</sub></b>	: Yol tarafındaki yayılma
<b>T<sub>w</sub></b>	: Dairesel kesitte su yüzü genişliği
<b>V</b>	: Arktaki suyun ortalama hızı
<b>V<sub>0</sub></b>	: Yüzeysel sıçrama hızı
<b>W</b>	: Ark ve ızgara genişliği
<b>y</b>	: Bordür önündeki su derinliği

## IZGARA TİPİ YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN MESKUN BÖLGE DRENAJİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ

### ÖZET

Bu çalışmada yerleşim yerlerinde yağmur suyu drenajı için kullanılan yağmur suyu giriş yerlerinden ve ülkemizde de en çok kullanılan ızgara tipi girişlerin hidrolik hesaplarından bahsedilerek en uygun giriş tipinin belirlenmesi amacıyla daha önce yapılmış bir deneyin verileri kullanılmıştır.

Bu amaçla daha önce FHWA (Federal Highway Administration ) tarafından altı farklı ızgara tipi için yapılmış bir çalışmanın sonuçlarından faydalanılmıştır. FHWA' nın yaptığı çalışmada ızgaraların hidrolik verimliliklerini karşılaştırmak amacıyla hidrolik verimliliğin arktaki akımın miktarına göre değişimi incelenmiştir.

Izgaralı girişler çubuklarının dizilişine göre farklı tiplerde olabilir. Çubukların dizilişine göre ızgaraların kapasitesinde, diğer bir ifadeyle hidrolik verimliliklerinde farklılıklar görülür.

Bu çalışmada FHWA' nın deney sonuçlarından hareketle altı farklı boyuna eğim durumu için iki boyutsuz sayı elde edilmiş ve bütün ızgara tipleri için bunların birbirleriyle değişimi incelenmiştir. Bu boyutsuz sayılardan birincisi ızgara genişliğinin arktaki suyun yayılmasına oranı ( $W/T$ ), ikincisi ise giriş yerinin tuttuğu debinin arktaki toplam debiye oranıdır ( $Q_i/Q$ ).

Bu çalışmada ayrıca FHWA tarafından yapılmış deneyde kullanılmayan boyuna eğim değerlerindeki hidrolik verimlilikleri tahmin etmek için formüller türetilmiştir. Çubukları akım yönüne paralel olan ızgaraların hidrolik performansının çubukları akım yönüne dik olan ızgaralara göre daha iyi olduğu görülmüştür.

## **EXAMINATION OF GRATE INLETS WITHIN URBAN STORMWATER DRAINAGE**

### **SUMMARY**

In this study, it is discussed that the stormwater inlet types and hydraulic calculations of grate inlets which are most widely used inlet types in our country and also experiment's results had been used for determining the most suitable inlet type which is used in urban stormwater drainage.

For this aim, it is benefited from results of a study which are performed by FHWA (Federal Highway Administration) for six different grate types. In FHWA's experiment, to compare the hydraulic efficiency of grate inlets, it is investigated the variations of hydraulic efficiency by intercepted discharge.

Grate inlets can have different type according to their bar configuration. Bar configuration cause grate inlet capacity to change, in other words there would be some differences on hydraulic efficiency.

In this study, by using experiment results for six different longitudinal slope situation, two non-dimensional numbers had been obtained, and it is investigated that their change in value with each other for all grate inlets. The first one of these non-dimensional numbers is the ratio of grate width to the spread of water ( $W/T$ ) and the second one is the ratio of intercepted discharge to total discharge ( $Q_i/Q$ ).

Also, it is mentioned that, formulas had been derived to find the hydraulic efficiency for longitudinal slope values which are not used in experiments performed by FHWA. It is observed that parallel bar grates have better hydraulic performance than transverse bar grates.

## 1. GİRİŞ

Yağmur suyu giriş yerleri meskun bölge drenajının çok önemli parçalarıdır. Yağmur suyu giriş yerleri projelendirilirken caddenin enine ve boyuna eğimi, arkın eğimi ve arktaki akım göz önünde tutulmalıdır[1].

Giriş yerleri trafiği engellememeli ve özellikle yerleşim yerlerinde küçük çocuklar ve bisikletler için güvenli olmalıdır.

Etkili bir drenaj için yağmur sularının araç ve yaya trafiğine en az zarar verecek biçimde uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla girişler gerekli yerlerde bulunmalı ve yeterli kapasiteye sahip olmalıdır.

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde çalışmanın konusu hakkında bilgi verilmektedir.

İkinci bölümde meskun bölge drenajının tanımı ve öneminden bahsedilerek yağmur suyu giriş yerleri şekilleriyle açıklanmıştır. Her bir girişin diğerlerine göre üstünlükleri belirtilmiş ve Türk Standartlarına göre ızgaraların malzeme özelliklerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde yağmur suyu giriş yerlerinin projelendirilmesi hakkında bilgi verilmiş, yağmur suyu giriş yerlerinin kapasitesini etkileyen faktörler belirtilmiştir. Giriş yerlerinin projelendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlarla beraber trafik, akım ve yol durumuna göre giriş tipinin belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken hususlardan bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde üniform, kompozit, V- enkesitli ve dairesel enkesitli arklardaki akım hesapları anlatılmıştır. Izgara tipi girişlerin sürekli eğimli yerlerde ve çukur yerlerde hidrolik hesapları örneklerle açıklanmıştır.

Beşinci bölümde ızgaralı girişler ile ilgili FHWA tarafından yapılmış bir çalışmanın deney düzeneği ve deney verilerinin değerlendirilmesi anlatılmıştır. FHWA' nın yaptığı çalışmada altı farklı ızgaranın değişik akım değerleri için hidrolik verimliliklerine bakılmıştır. Altı farklı boyuna eğim değeri için ızgaraların hidrolik

verimlilikleri karşılaştırılmıştır. Bu bölümde daha önce FHWA tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarının nasıl değerlendirilebileceğinden bahsedilmiştir.

Altıncı bölümde öneriler ve bulunan sonuçlar sunulmuştur.

## **2. MESKUN BÖLGELERDE YAĞMUR SUYU DRENAJ VE YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİ**

### **2.1 Meskun Bölge Drenajı Tanımı**

Yerleşim bölgelerinde yağışlardan sonra meydana gelen fazla suların uzaklaştırılmasına meskun bölge drenajı denir [2]. Cadde arklarındaki fazla sular yağmur suyu giriş yerlerinden geçerek uzaklaştırılır.

### **2.2 Meskun Bölge Drenajının Önemi**

Trafik güvenliğinin sağlanması ve yolların servis ömürlerinin uzaması için etkili bir drenaj sağlanmalıdır [3].

Yollardaki yağmur sularının trafiğe zarar vermeden uzaklaştırılması gerekir. Yağmur suları çukur yerlerde birikmemeli ve en kısa şekilde yağmur suyu giriş yerlerine ulaşmalıdır. Yağmur sularının arklarda toplanması için yollar uygun geometriye sahip olmalı, yeterli enine eğim sağlanmalıdır.

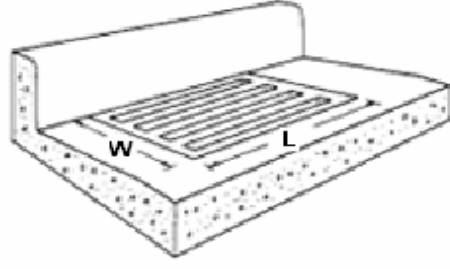
### **2.3 Yağmur Suyu Giriş Yeri Tipleri**

Otoyol ve cadde arklarına yerleştirilen yağmur suyu giriş yerleri meskun bölge drenajının çok önemli parçalarıdır. Cadde arkından akan yağmur suları bu girişlerden geçerek uzaklaştırılır.

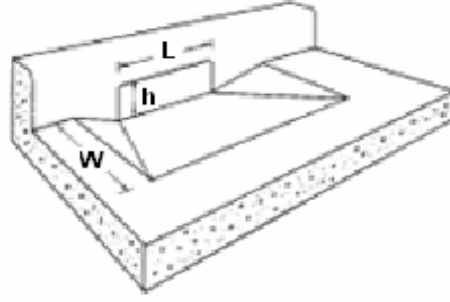
Yağmur suyu giriş yerlerinin dört ana tipi mevcuttur [4].

1. Cadde arklarında yapılan ızgaralı girişler
2. Bordürde teşkil edilen bordür girişleri
3. Birleşik girişler
4. Boyuna doğrultuda yerleştirilen ızgaralı girişler

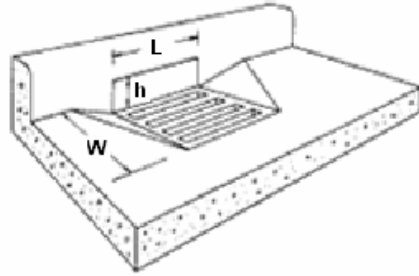
Bütün türlerde çukurlaştırma yapılabilir veya birkaç giriş yan yana da planlanabilir.



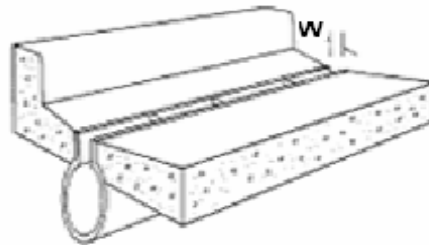
Şekil 2.1 : Izgaralı Girişler [4]



Şekil 2.2 : Bordür Girişleri [4]



Şekil 2.3 : Birleşik Girişler [4]



Şekil 2.4 : Boyuna Doğrultuda Yerleştirilen Izgaralı Girişler [4]

Izgara takımları ve bakım rögarı kapama elemanları, hareketli ızgaralar dışında aşağıda verilen malzemelerden birisinden yapılmış olmalıdır [5].

- a) Lamel grafitli dökme demir
- b) Küresel grafitli dökme demir
- c) Dökme çelik
- d) Levha çelik ( Hadde çelik )
- e) a ve d' de verilen malzemelerden birinin beton ile kombinasyonu
- f) Betonarme

Giriş kapasitesinin yetersiz olması yada girişlerin gereken yerlerde bulunmaması önemli zararlara ve trafiğin aksamasına sebep olur.

### **2.3.1 Cadde Arklarında Yapılan Izgaralı Girişler**

Izgaralı girişler bordürde yapılan girişlere göre yağmur sularını alma açısından daha verimli, ancak döküntü ve sürüntü maddeleri ile tıkanmaları daha kolaydır [2]. Bu tip yapılar arka yapılan yatay bir açıklık şeklinde olup üzerleri bir veya daha fazla sayıda ızgara ile örtülür. Araç ve yaya trafiğinin müsaade ettiği durumlarda yağmur suyu girişini hızlandırmak için çukurlaştırma yapılabilir. Bisiklet tekerleklerinin ızgaraların aralarına girmemesi için ızgara çubukları arası serbest mesafe 2.5 cm' den büyük olmamalıdır [2].

İyi bir ızgaralı giriş aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır [6].

1. Bisiklet ve yayalar için güvenli olmalı
2. Sağlam olmalı
3. Hidrolik açıdan verimli olmalı
4. Tıkanmaya karşı etkili olmalı
5. Ekonomik olmalı

### **2.3.2 Bordürde Teşkil Edilen Girişler**

Bu tür girişlerde bordürde düşey bir su alma yapısı bulunur. Arktaki su bu boşluktan geçerek uzaklaştırılır. Bordürdeki girişlerin kapasiteleri ızgaralı girişlere göre daha az olmakla birlikte bordürde teşkil edildikleri için trafiği engellemezler [2]. Bordür

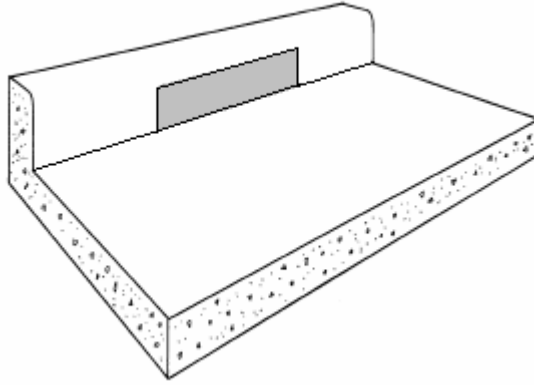


girişlerinde tıkanma hemen hemen olmazken, ızgaralı girişlerde tıkanma daha kolay olur. Bordür girişlerinin düz, çukurlaştırılmış ve saptırcılı (deflektörlü) olmak üzere üç tipi mevcuttur [2].

Deflektörlü girişlerde saptırcılar cadde yüzeyi ile aynı hizada olduğundan trafiği engellemezler. Çukurlaştırma bazen trafik için sakıncalı olabileceği gibi yüksekliği 15 cm' den büyük olan bordür girişleri çocuklar için tehlikeli olabilir. Bu sebeple daraltıcı çubuklarla bu tehlikenin önlenmesi yoluna gidilebilir [2].

### **2.3.2.1 Bordürde Teşkil Edilen Düz Girişler**

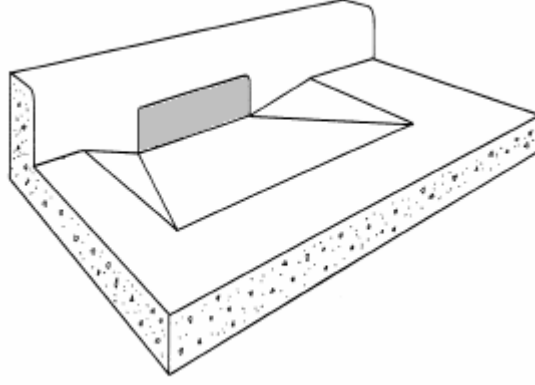
Bu girişlerde giriş yerinin önü düzdür. Trafik durumunun çukurlaştırmaya müsaade etmediği durumlarda veya saptırcıların tıkanmasının söz konusu olduğu yerlerde tercih edilir.



**Şekil 2.5 : Bordürde Teşkil Edilen Düz Girişler**

### **2.3.2.2 Bordürde Teşkil Edilen Çukurlaştırılmış Girişler**

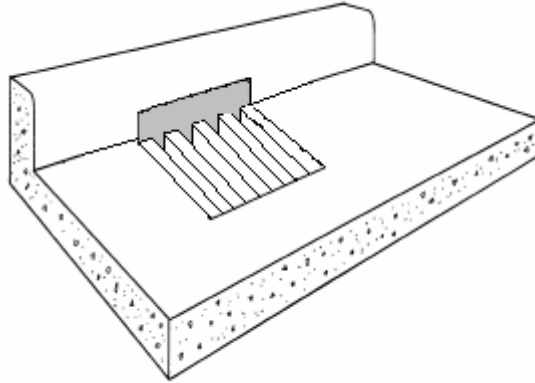
Bu girişlerde trafik durumu açısından sakınca yoksa, girişin ön tarafı çukurlaştırılarak yağmur suyunun girişe yönlendirilmesi sağlanır.



**Şekil 2.6 :** Bordürde Teşkil Edilen Çukurlaştırılmış Girişler

### 2.3.2.3 Bordürde Teşkil Edilen Saptırıcı Girişler

Bu girişlerde girişin ön tarafında bordüre dik saptırıcılar bulunur. Çukurlaştırmada olduğu gibi suyun girişe yönelmesi sağlanır ve ayrıca saptırıcılar trafiğe engel olmaz. Tıkanma sorunu olabilecek yerlerde bu tip girişler tercih edilmemelidir.



**Şekil 2.7 :** Bordürde Teşkil Edilen Saptırıcı Girişler

### 2.3.3 Birleşik Girişler

Birleşik girişlerde ızgaralı girişler ile bordür girişleri beraber projelendirilir. Genelde Şekil 2.8 ve Şekil 2.9’ da görüldüğü gibi iki girişin aynı hizada olduğu veya aralarında mesafe bırakmış birleşik girişler şeklinde projelendirilir. Bu tip girişlerde ızgaralı girişin sistemin mansap tarafında bulunması daha uygundur. Bu sayede ızgaranın tamamen veya kısmen tıkanması durumunda kabaran suyun bordür girişi tarafından tutulması sağlanmış olur [2].



**Şekil 2.8 : İki Girişin Aynı Hizada Olduğu Birleşik Giriş [4]**

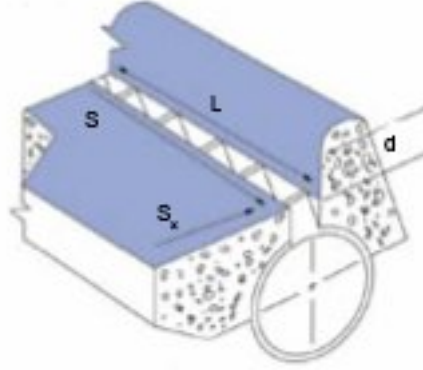


**Şekil 2.9 : Izgaralı Girişin Sistemin Mansap Tarafında Bulunduğu Birleşik Giriş [4]**

#### **2.3.4 Boyuna Doğrultuda Yerleştirilen Izgaralı Girişler**

Boyuna yerleştirilen ızgaralı girişler, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’ de görüldüğü gibi dar ızgaraların altına yerleştirilmiş borulardan oluşturulmuştur. Bu tip ızgaraların genişlikleri uzunluklarına göre çok küçüktür. Bunlar genellikle otoparklarda, büyük

alış veriş merkezlerinin önünde, büyük meydanlarda ve otoyollarda kullanılmaktadır [4].



Şekil 2.10 : Boyuna Doğrultuda Yerleştirilen Izgaralı Girişlerin Enkesiti



Şekil 2.11 : Boyuna Doğrultuda Yerleştirilen Izgaralı Girişler

### **3. YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN PROJELENDİRİLMESİNDE GENEL İLKELER**

#### **3.1 Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Kapasitesini Etkileyen Faktörler**

Yağmur suyu giriş yerleri arasındaki mesafe girişlerin kapasiteleriyle ilgilidir. Giriş kapasitesinin yetersiz olması yada girişlerin gereken yerlerde bulunmaması önemli zararlara ve trafiğin aksamasına sebep olur [3].

Genel olarak giriş kapasitesi aşağıdaki parametrelere bağlıdır [4].

- Giriş tipi ve geometrisine
- Arktaki suyun derinliği ve yayılma miktarına
- Enine eğime
- Boyuna eğime

İzgaralı girişlerin kapasitesi için ızgara üzerindeki akımın miktarı, çubukların dizilişi, boşluklar ve akım hızı önemlidir [4].

Bordür girişlerinde ise kapasite giriş uzunluğu, akım hızı, cadde ve arkın enine eğimi ve girişin önündeki su derinliğine göre değişir [4].

Genellikle bordürdeki girişlerin kapasiteleri ızgaralı girişlere göre daha azdır [1,2].

Çukurlaştırılmış girişlerin kapasitesi çukurlaştırılmamışlardan fazladır. Boyuna eğimin artması bordür girişlerinin kapasitelerini önemli ölçüde azaltır. Caddelerde boyuna eğimin artmasıyla ızgara tipi girişlerin kapasitesi genellikle azalır fakat bu azalma bordür girişlerinininkine göre daha azdır. Çukurlaştırılmamış birleşik bir girişin kapasitesi yalnız ızgaralı girişin kapasitesinden biraz fazladır. Cadde arkının enine eğiminin değişmesi bordür girişlerinde ızgaralı girişlere göre kapasiteyi daha fazla etkiler [7].

Aralarında mesafe bulunmadan yapılan birleşik girişlerin kapasitesinde yalnız ızgaralı girişe göre çok fazla artış olmaz fakat tıkanmaya karşı daha etkilidir [7].

Daha önceki çalışmalara göre, açıklıkları bordüre paralel olan ızgaraların verimlerinin açıklıkları bordüre dik veya bordürle belli bir açı yapmış girişlere göre daha iyi olduğu ve tıkanmaya karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir [8].

Giriş tipinin seçimi sadece kapasiteye göre yapılmaz. Bunun yanında arktaki akımla birlikte gelen sürüntü maddeleri ve araç trafiğini engelleme durumu da göz önünde bulundurulur. Izgara girişleri projelendirilirken araç, yaya ve bisiklet güvenliği göz önünde tutulmalıdır [6].

### **3.2 Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar**

Araç ve yaya trafiğinin güvenliği açısından yağmur suyu drenajının sağlanması çok önemlidir. Etkili bir drenajın sağlanması için trafik durumu, yol geometrisi ve akım şartlarına göre uygun giriş tipinin seçilmesi ayrıca girişlerin gereken yerlerde ve yeterli kapasitede olması gerekir. Giriş yerlerinin projelendirilmesi sırasında aşağıdaki hususlar göz önünde tutulmalıdır.

- a) Boyuna eğim arttıkça kapasite azalır. Bordür girişleri genelde çukur yerlerde ve eğimin %3' ten az olduğu yerlerde kullanılır [9].
- b) Izgaralı girişler değişik eğimler altında rahatlıkla kullanılabilir. Izgaralı girişler için tıkanma önemli bir sorundur ancak bordür girişlerinin aksine %3' ten fazla eğimli yerlerde de kullanılabilir [9].
- c) Bordür girişleri yerleşim yerlerindeki yollarda kullanılırken, giriş yüksekliği 15 cm veya daha fazla olabilir. Bu durumda çocukların güvenliği için girişe 2 cm çapında demir çubuk yerleştirilir [4].
- d) Çukur yerlerdeki ızgaraların tıkanma sorunu olduğundan buralarda tek başına ızgaralı giriş yerine bordür girişleri veya birleşik girişler kullanılmalıdır [2].
- e) Su ile beraber gelen çöplerin olduğu çukur yerlerde bordür girişleri daha etkilidir. Tıkanma sorunu varsa ve proje debisi küçükse çukurlaştırılmış bordür girişi yapmak uygun olur. Debi büyükse çukurlaştırılmış bir birleşik giriş teşkil edilebilir [2].

- f) Yol ve trafik durumuna göre mümkün olduğu kadar fazla bir enine eğim kullanılmalıdır. Bu sayede özellikle bordür girişlerinin kapasitesi arttırılmış olur [2].
- g) Tıkanma sorununun olduğu yerlerde bir giriş tıkanırsa diğer girişin bunu telafi etmesi düşünülerek güvenlik faktörü hesaplanmalıdır [10].
- h) Mansabın sonundaki giriş yerlerinin gelen yağmur suyunun tamamını alacak şekilde projelendirilmesi gerekir [11].
- i) Cadde eğimi %5' ten büyükse, saptırcılı bir giriş yapılır, ancak bu taktirde sürüntü maddelerinin saptırcının dişleri arasına toplanmaması gerekir [2].
- j) Cadde eğimi %5' ten küçükse, saptırcılar arasındaki yarıkların tıkanmasının problem olması muhtemel caddelerde, çukurlaştırılmamış bir ark girişi, veya çukurlaştırılmamış bir birleşik giriş yapılır ve ızgaralar boyuna doğrultuda yapılır [2].

### **3.3 Yağmur Suyu Girişlerinin Yerlerinin ve Aralıklarının Belirlenmesi**

Yollardaki trafik şeritleri ve yaya geçitlerinin su altında kalmaması için arktaki suyun yayılma miktarının Tablo 4.1' de belirtilen değerleri aşmaması gerekir [4].

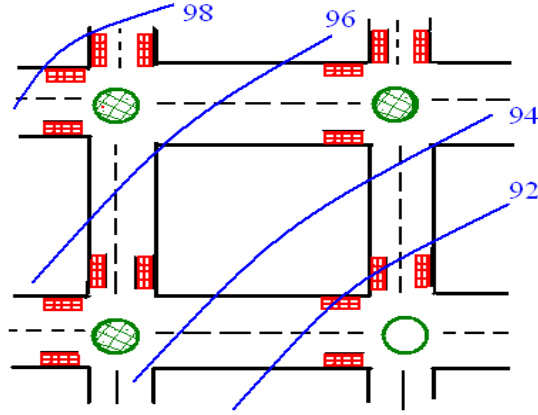
Yağmur suyu giriş yerlerinin ekonomik ve etkili bir drenaj yapacak şekilde belirlenmesi gerekir. Genel olarak yağmur suyu giriş yerlerinin ve tipinin belirlenmesinde bölgenin şehirleşme durumu, araç ve yaya yoğunluğu, ticaret ve sanayi bölgesi olması belirleyicidir.

Meskun bölgenin tesviye eğrili bir planı üzerinde giriş yerleri yerleştirilirken en ideal durum Şekil 3.1'de görüldüğü gibi, caddenin eğimine göre her bir kavşakta dört adet giriş yapılır. Böylece yaya geçitleri su baskınından korunur. Bu halde arktaki akış yolu bir blok uzunluğu kadardır [2].

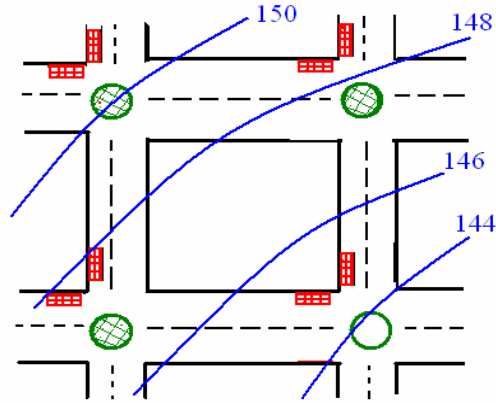
Caddenin eğim durumuna göre, kesişen caddeler arasındaki mesafe 90-150 m yi geçiyorsa veya çatı ve kaplamalı yüzeylerden gelen yağmur suları doğrudan cadde arkına veriliyorsa daha giriş yerine gelmeden arktaki su derinliği trafiği engelleyecek duruma gelebilir [2].

Her kavşakta dört tane girişin gerekli görülmediği yerlerde daha az maliyetli olan her kavşakta iki tane girişin olduğu durum tercih edilebilir. Bu diziliş Şekil 3.2' de

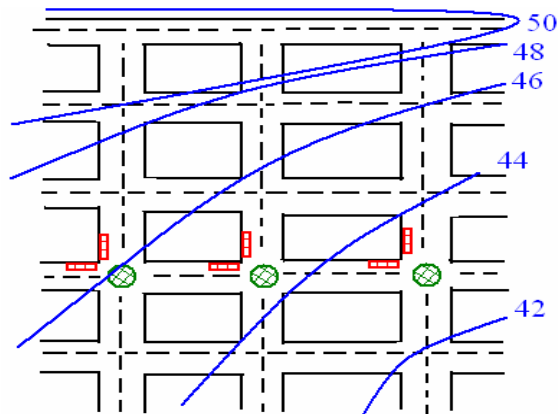
gösterilmiştir. Daha önemsiz yerlerde Şekil 3.3’ te gösterilen yağmur suyu girişlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi yoluna da gidilebilmektedir [2].



Şekil 3.1 : Her Kavşakta Dört Tane Girişin Olduğu Durum [2]



Şekil 3.2 : Her Kavşakta İki Tane Girişin Olduğu Durum [2]



Şekil 3.3 : Birkaç Blok Arayla Yerleştirilmiş Yağmur Suyu Girişleri [2]



## 4. YAĞMUR SUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİK HESAPLARI

### 4.1. Cadde Arklarında Akış

Yağışlardan sonra yağmur suları cadde arklarında akışa geçer. Caddeye doğru yayılan yağmur suları araçların yol ile olan temasını azaltarak kazalara sebep olabilir. Yağmur sularının trafiğe olan olumsuz etkisini azaltmak için su derinliği ve yayılma miktarı yolun ve trafiğin durumuna göre sınırlandırılmalıdır. Arktaki su derinliği ve yayılma miktarı arkın şekline bağlıdır. Yayılma miktarının yol sınıfı ve trafik durumuna göre değişimi Tablo 4.1’ de verilmiştir [4].

**Tablo 4.1:** Yol Sınıfı ve Proje Hızına Göre Yayılma Değerleri

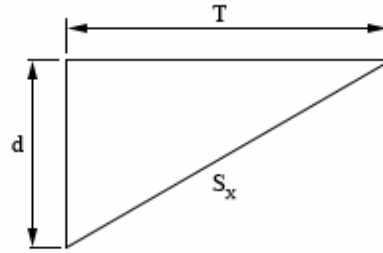
Yol Sınıfı	Proje Hızı	Yayılma ( m )
Yüksek yoğunluklu, bölünmüş yada çift yönlü yollar	<70 km/s	Banket + 1m
	>70 km/s	Banket
	Çukur yerlerde	Banket + 1m
Yan yollar	<70 km/s	1/2 Şerit
	>70 km/s	Banket
	Çukur yerlerde	1/2 Şerit
Ara sokaklar	Düşük yoğunluklu	1/2 Şerit
	Yüksek yoğunluklu	1/2 Şerit
	Çukur yerlerde	1/2 Şerit

Arktaki akımın hesaplarında Manning formülü kullanılır. Manning pürüzlülük katsayısı değerleri Tablo 4.2’ de verilmiştir [4].

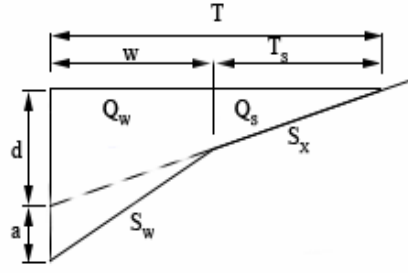
**Tablo 4.2:** Manning Pürüzlülük Katsayısı Değerleri

Ark veya Cadde Tipi	Manning Pürüzlülük Katsayısı
Mala ile düzeltilmiş beton ark	0,012
Asfalt kaplama ; Düz yüzey	0,013
Pürüzlü yüzey	0,016
Beton ark - asfalt kaplama ; Düz	0,013
Pürüzlü	0,015
Beton kaplama ; Mala ile düzeltilmiş	0,014
Tırmık ile düzeltilmiş	0,016
Sedimentasyon olabilecek küçük eğimli arklarda yukarıdaki değerlere 0,02 eklenir.	

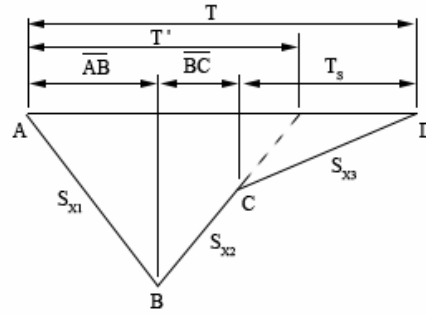
Cadde arkları Şekil 4.1 , Şekil 4.2 , Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ te görüldüğü gibi üniform, kompozit, V-enkesitli ve dairesel enkesitlerde olabilir [4].



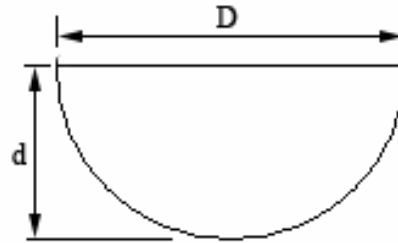
**Şekil 4.1:** Üniform Enkesitli Ark



Şekil 4.2 : Kompozit Enkesitli Ark



Şekil 4.3 : V – Enkesitli Ark



Şekil 4.4 : Dairesel Enkesitli Ark

#### 4.1.1 Üniorm Enkesitli Arklarda Akış

Yayıma miktarı arktaki su derinliğine ve arkın enine eğime bağıdır [4].

$$S_x = \frac{d}{T} \quad (4.1)$$

Bu ifadede,

d : Su derinliğini, [m]

T : Yayılma miktarını, [m]

$S_x$  : Yolun enine eğimini

göstermektedir.

Islak Alan;

$$A_1 = \frac{Td}{2} = \frac{T^2 S_x}{2} \quad (4.2)$$

Islak Çevre;

$$\Ç = d + T = S_x T + T = T(1 + S_x) \cong T \quad (4.3)$$

Bu durumda hidrolik yarıçap,

$$R = \frac{A_1}{\Ç} = \left[ \frac{T^2 S_x / 2}{T} \right] = \frac{TS_x}{2} \quad (4.4)$$

şeklinde belirlenebilir.

Üçgen enkesitli arklarda hız aşağıdaki formülle hesaplanabilir[4].

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = \frac{0,752}{n} S_x^{2/3} T^{2/3} S^{1/2} \quad (4.5)$$

Bu ifadede,

$n$  : Manning pürüzlülük katsayısını

$R$ : Hidrolik yarıçapı, [m]

$S$ : Yolun boyuna eğimini,

$S_x$ :Yolun enine eğimini,

$T$ : Yağmur suyunun caddede yayılma genişliğini, [m]

göstermektedir.

Üçgen enkesitli arklarda hız Şekil D.1' den de bulunabilir.

Üçgen enkesitli arklarda debi aşağıdaki formülle hesaplanabilir [4].

$$Q = \frac{0,376}{n} S_x^{5/3} S^{1/2} T^{8/3} \quad (4.6)$$

Üçgen enkesitli arklarda debi Şekil D.2' den de bulunabilir.

#### 4.1.2 Kompozit Enkesitli Arklarda Akış

Kompozit enkesitlerde akım, arktaki akım ve yol tarafındaki akım olmak üzere ikiye ayrılır [4,7].

$$Q = Q_w + Q_s \quad (4.7)$$

Bu ifadede,

Q : Toplam debiyi, [m<sup>3</sup>/s]

Q<sub>w</sub> : Arktaki debiyi (Cephe akımı), [m<sup>3</sup>/s]

Q<sub>s</sub> : Yol tarafındaki debiyi (Yanal akım), [m<sup>3</sup>/s]

göstermektedir.

Yayılma miktarı;

$$T = W + T_s \quad (4.8)$$

Burada,

W : Arkın genişliğini, [m]

T<sub>s</sub> = Yol tarafındaki yayılma genişliğini, [m]

ifade etmektedir.

Bordür önündeki su derinliği ise;

$$y = d + a = TS_x + a \quad (4.9)$$

formülünden bulunur. Burada,

y : Bordür önündeki su derinliğini, [m]

a : Arktaki çökmeyi, [m]

gösterir.

Bu durumda arkın enine eğimi

$$S_w = S_x + \frac{a}{W} \quad (4.10)$$

olur. Burada,

$S_w =$  Arkın enine eğimini

gösterir.

Kompozit kesitlerde yol tarafındaki debi ;

$$Q_s = \frac{0,376}{n} S_x^{5/3} S^{1/2} T_s^{8/3} \quad (4.11)$$

olur. Bu durumda arktaki ve yol tarafındaki debi ise;

$$Q_w = E_0 Q \quad (4.12)$$

$$Q_s = (1 - E_0) Q \quad (4.13)$$

olur. Burada,

$E_0$  : Cephe akımının toplam akıma oranını

göstermektedir.  $E_0$  değeri aşağıdaki formülle hesaplanır [4].

$$E_0 = \left\{ 1 + \frac{S_w / S_x}{\left( 1 + \frac{S_w / S_x}{(T/W) - 1} \right)^{8/3} - 1} \right\}^{-1} \quad (4.14)$$

$E_0$  değeri Şekil D.3' ten de bulunabilir.

Yağmur suyu giriş yerlerinin verimi;

$$E = \frac{Q_i}{Q} \quad (4.15)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Bu bağıntıda,

$E =$  Verimi

$Q_i =$  Yağmur suyu giriş yerinin tuttuğu debiyi, [ $m^3/s$ ]

$Q =$  Toplam debiyi, [ $m^3/s$ ]

ifade etmektedir.

### Örnek 4.1

Şekil 4.2' deki kompozit enkesit için

$$W = 0,6 \text{ m}$$

$$S = 0,01$$

$$S_x = 0,02$$

$$n = 0,016$$

$$a = 50 \text{ mm (çukurlaştırma)}$$

olması durumunda

1.  $T = 2,5 \text{ m}$  olduğu durumda arktaki akımı bulunuz.
2.  $Q = 0,12 \text{ m}^3 / \text{s}$  olduğu durumda arktaki yayılmayı bulunuz.

### Çözüm :

1. İlk önce (4.10) denkleminde arkın enine eğimi bulunur;

$$S_w = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0,6} + 0,020$$

$$S_w = 0,103 \text{ bulunur.}$$

Yol tarafındaki debinin bulunması için yol tarafındaki yayılmanın bulunması gerekir.

$$T_s = T - W = 2,5 - 0,6$$

$$T_s = 1,9 \text{ m bulunur.}$$

(4.11) denklemi veya Şekil D.2' den ;

$$Q_s = \frac{0,376}{0,016} 0,02^{5/3} 1,9^{8/3} 0,01^{1/2}$$

$$Q_s = 0,019 \text{ m}^3/\text{s} \text{ bulunur.}$$

(4.14) denklemi veya Şekil D.3' ten ;

$$E_0 = \left\{ 1 + \frac{0,103/0,020}{\left( 1 + \frac{0,103/0,020}{(2,5/0,6)-1} \right)^{8/3} - 1} \right\}^{-1}$$

$E_0 = 0,70$  bulunur.

(4.13) denkleminde;

$$Q = \frac{0,019}{1 - 0,7}$$

$Q = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$  bulunur.

2. Yayılmanın bulunması için iterasyon yapılır.

$Q_S = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  değeri için yayılma hesaplanır.

$$Q_W = Q - Q_S = 0,12 - 0,04$$

$Q_W = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  bulunur ve  $E_0$  değeri hesaplanır.

$$E_0 = Q_W / Q = 0,08 / 0,12 = 0,67$$

$$S_W / S_X = 0,103 / 0,020 = 5,15 \text{ olur.}$$

(4.14) denklemi veya Şekil D.3' den

$W / T = 0,23$  bulunur ve yol tarafındaki yayılma hesaplanır.

$$T = W / (W / T) = 0,6 / 0,23$$

$$T = 2,6 \text{ m}$$

$$T_S = T - W = 2,6 - 0,6 = 2 \text{ m}$$

(4.11) denkleminde veya Şekil D.2' den

$$Q_S = \frac{0,376}{0,016} \cdot 0,02^{5/3} \cdot 2^{8/3} \cdot 0,01^{1/2}$$

$Q_S = 0,022 \text{ m}^3/\text{s}$  olarak hesaplanır.

Tahmin edilen  $Q_S$  değeri ile bulunan değer yakın olmadığı için başka bir  $Q_S$  değeri için tekrar hesap yapılır.

$Q_S = 0,058 \text{ m}^3/\text{s}$  değeri için



$$Q_w = 0,12 - 0,058 = 0,062 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$E_0 = 0,062 / 0,12 = 0,52$$

$$S_w / S_x = 5,15$$

$$W / T = 0,17$$

$$T = 0,60 / 0,17 = 3,5 \text{ m}$$

$$T_s = 3,5 - 0,6 = 2,9 \text{ m}$$

$$Q_s = 0,059 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tahmin edilen  $Q_s$  doğru olduğundan yayılma miktarı  $T = 3,5 \text{ m}$  olarak bulunmuş olur.

#### 4.1.3 V - Enkesitli Arklarda Akış

V – Enkesitli arklarda akım hesapları için Şekil D.2 kullanılabilir. Diğer kesitlerdeki  $S_x$  yerine burada

$$S_x = \frac{S_{x1}S_{x2}}{(S_{x1} + S_{x2})} \quad (4.16)$$

ifadesi kullanılır [4].

#### Örnek 4.2

Şekil 4.3 teki V – enkesitli ark için

$$S = 0,01 \quad S_{x1} = 0,25 \quad S_{x3} = 0,02$$

$$n = 0,016 \quad S_{x2} = 0,04 \quad \overline{BC} = 0,6 \text{ m}$$

$Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  olması durumunda yayılmayı bulunuz.

#### Çözüm :

V – enkesitli ark için (4.16) denkleminde  $S_x$  bulunur.

$$S_x = (0,25)(0,04) / (0,25 + 0,04)$$

$$S_x = 0,0345$$

Akımın V – enkesiti içinde kaldığı kabul edilerek (4.6) denkleminde veya Şekil D.2’ den  $T$  bulunur.

$$T' = \left[ \frac{(0,05) \cdot (0,016)}{(0,376) \cdot (0,0345)^{1,67} (0,01)^{0,5}} \right]^{0,375}$$

$$T' = 1,94 \text{ m}$$

T' değerinin V- enkesit içinde kalıp kalmadığı kontrol edilir. Bunun için B noktasındaki derinlik bulunur ve  $\overline{AB}$  hesaplanır.

$$d_B = \overline{BC} S_{x2} \quad \overline{AB} = d_B / S_{x1}$$

$$d_B = (0,6)(0,04) \quad \overline{AB} = (0,024) / (0,25)$$

$$d_B = 0,024 \text{ m} \quad \overline{AB} = 0,096 \text{ m}$$

$$\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC}$$

$$\overline{AC} = 0,096 + 0,60$$

$$\overline{AC} = 0,7 \text{ m}$$

0,7 m < T' olduğundan yayılma V enkesitin içinde değildir. Bu durumda yayılmanın bulunması için iterasyon yapılır.  $T_{\overline{BD}}$  değerinin bulunması için C noktasındaki derinlik bulunur.

$$d_C = d_B - \overline{BC} S_{x2}$$

B noktasındaki derinliğin bulunması için eğimler kullanılır.

$$(d_B / 0,25) + (d_B / 0,04) = 1,94$$

$$d_B = 0,067 \text{ m}$$

$$d_C = 0,067 - (0,60)(0,04) = 0,043 \text{ m}$$

$$T_S = d_C / S_{x3} = 0,043 / 0,02 = 2,15 \text{ m}$$

$$T_{\overline{BD}} = T_S + \overline{BC} = 2,15 + 0,6 = 2,75 \text{ m}$$

$\overline{BD} = 2,75 \text{ m}$  kullanılarak  $S_{x2}$  ve  $S_{x3}$  için ağırlıklı eğim bulunur.

0,6 m  $S_{x2}$  eğiminde ve 2,15 m  $S_{x3}$  eğiminde olduğunda

$$\frac{(0,6)(0,04) + (2,15)(0,02)}{2,75} = 0,0243$$

bu eğim kullanılarak  $S_x$  hesaplanır.

$$S_x = \frac{S_{x1} S_{x2}}{(S_{x1} + S_{x2})}$$

$$S_x = \frac{(0,25)(0,0243)}{(0,25 + 0,0243)} = 0,0221$$

(4.6) denkleminden veya Şekil D.2' den T yayılması hesaplanır.

$$T = \left[ \frac{(0,05).(0,016)}{(0,376).(0,0221)^{1,67} (0,01)^{0,5}} \right]^{0,375}$$

T = 2,57 m olur.

Bulunan T değeri 2,75 m değerinden küçük olduğundan  $T_{\overline{BD}} = 2,50$  m değeriyle tekrar ağırlıklı eğim hesaplanır.

0,6 m  $S_{x2}$  eğiminde ve 1,95 m  $S_{x3}$  eğiminde olduğunda

$$\frac{(0,6)(0,04) + (1,90)(0,02)}{2,50} = 0,0248$$

bu eğim kullanılarak  $S_x$  hesaplanır.

$$S_x = \frac{(0,25)(0,0248)}{(0,25 + 0,0248)} = 0,0226$$

(4.6) denkleminden veya Şekil D.2' den tekrar T yayılması hesaplanır.

$$T = \left[ \frac{(0,05)(0,016)}{(0,376)(0,0226)^{1,67} (0,01)^{0,5}} \right]^{0,375}$$

T = 2,53 m olur.

Bulunan T değeri  $T_{\overline{BD}} = 2,50$  değerine çok yakın olduğundan kabul edilir.

#### 4.1.4 Dairesel Enkesitli Arklarda Akış

Dairesel enkesitlerde akış aşağıdaki formülle veya Şekil D.4 ile hesaplanır [4].

$$\frac{d}{D} = K_u \left[ \frac{Qn}{D^{2,67} S^{0,5}} \right]^{0,488} \quad (4.17)$$

Bu formülde;

$K_u : 1,179$

d : Dairesel kesitte su derinliğini, [m]

D : Dairesel kesitin çapını, [m]

gösterir. Dairesel enkesitte su derinliği için ise aşağıdaki formül kullanılır [4].

$$T_w = 2(r^2 - (r - d)^2)^{0,5} \quad (4.18)$$

Bu formülde;

$T_w$  : Dairesel kesitte su yüzü genişliğini, [m]

r : Dairesel kesitin yarıçapını, [m]

ifade etmektedir.

### Örnek 4.3

Çapı 1,5 m olan dairese kesitli arktaki akım derinliğinin ve su yüzeyi genişliğini bulunuz [4].

$$S = 0,01$$

$$n = 0,016$$

$$Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Çözüm :**

Dairesel kesitlerde akım derinliği (4.17) formülü veya Şekil D.4 ile hesaplanır.

$$\frac{d}{1,5} = 1,179 \left[ \frac{(0,5)(0,016)}{1,5^{2,67} 0,01^{0,5}} \right]^{0,488}$$

$$d = 0,3 \text{ m olur.}$$

Su yüzü genişliği (4.18) formülü ile bulunur.

$$T_w = 2 [(0,75)^2 - (0,75-0,3)^2]^{0,5}$$

$$T_w = 1,2 \text{ m olur.}$$

## 4.2 Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Izgaralı girişlerin kapasitesi ızgara tipine, arktaki suyun derinliğine ve hızına bağlıdır [4]. Izgaralı girişlerin verimleri yolun her iki tarafındaki eğimlerin eşit olması

durumunda yüksektir. Tıkanma sorununun olmadığı veya az olduğu yerlerde bu tip girişler çok etkilidir. Izgara tipleri aşağıda belirtilmiştir [4].

- P-50 : Paralel çubuklar arası 48 mm olan ızgara (Şekil D.5)
- P-50x100 : Paralel çubukların arası 48 mm olan ayrıca bunlara dik 102 mm aralıklarla 10 mm çapında çubuklar olan ızgara (Şekil D.5)
- P-30 : Paralel çubukların arası 29 mm olan ızgara (Şekil D.6)
- Eğrisel Çubuklu Izgaralar : Boyuna çubukların arası 83 mm, enine çubukların arası 108 mm olan ızgara (Şekil D.7)
- 45°- 60 Eğik Çubuklu : 45° eğik çubukların arası 102 mm ve boyuna çubukların arası 57 mm olan ızgara (Şekil D.8)
- 45°- 85 Eğik Çubuklu : 45° eğik çubukların arası 102 mm ve boyuna çubukların arası 83 mm olan ızgara (Şekil D.8)
- 30°- 85 Eğik Çubuklu : 30° eğik çubukların arası 102 mm ve boyuna çubukların arası 83 mm olan ızgara (Şekil D.9)
- Ağ Örgülü Izgara : Petek şeklinde boyuna ve enine çubuklardan oluşan ızgara (Şekil D.10)

#### 4.2.1 Sürekli Eğimli Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Sürekli eğimli yerlerde toplam debi (4.12) ve (4.13) denklemlerinde belirtildiği gibi ikiye ayrılır [4,7]. Arktaki suyun hızı yüzeysel sıçrama hızından küçükse ızgara cephe akımının hepsini tutar. Arktaki suyun hızı yüzeysel sıçrama hızından büyükse akımın bir kısmı tutulur [4,7].

Cephe akımının ızgaralı giriş tarafından tutulan kısmı  $(Q_w)_i$  ise;

$$(Q_w)_i = R_f Q_w \quad (4.19)$$

$$R_f = \begin{cases} 1 - K_v (V - V_0); V \geq V_0 \\ 1; V \leq V_0 \end{cases} \quad (4.20)$$

olarak hesaplanır. Bu iki denklemde,

$K_v : 0,295$

$R_f$  : Cephe akımının giriş tarafından tutulma katsayısını

$V$  : Ortalama hızı, [m/s]

$V_0$  : Yüzeysel sıçrama hızını, [m/s]

ifade eder.

$R_f$  ayrıca Şekil D.11' den de bulunabilir [4].

Yanal akımının ızgaralı giriş tarafından tutulan kısmı  $(Q_s)_i$  ise;

$$(Q_s)_i = R_s \cdot Q_s \quad (4.21)$$

$$R_s = \left( 1 + \frac{K_s \cdot V^{1,8}}{S_x \cdot L^{2,3}} \right)^{-1} \quad (4.22)$$

olarak hesaplanır. Bu iki denklemde,

$K_s$  : 0,0828

$R_s$  : Yanal akımın giriş tarafından tutulma katsayısını

$L$  : Izgara uzunluğunu, [m]

ifade eder.

$R_s$  ayrıca Şekil D.12' den de bulunabilir [4].

Akım hızının düşük, yayılmanın da az miktarda ızgara genişliğini aştığı durumda yanal akımın tamamının tutulduğu kabul edilir [7].

Toplam tutulan debi, cephe akımının tutulan kısmı ile yanal akımın tutulan kısmının toplamına eşittir [4,7].

$$Q_i = (Q_w)_i + (Q_s)_i \quad (4.23)$$

$Q_i$  : Izgara tarafından tutulan debi, [m<sup>3</sup>/s]

Girişin verimi giriş tarafından tutulan debinin toplam debiye oranıdır [4].

$$E = \frac{Q_i}{Q} \quad (4.24)$$

$E$  : Giriş verimi

Diğer bir ifadeyle verim;

$$E = R_f E_0 + R_s (1 - E_0) \quad (4.25)$$

olur [4].

#### Örnek 4.4

Şekil 4.1' de görülen üniform enkesitli ark için;

$$T = 3 \text{ m}$$

$$S = 0,04$$

$$S_x = 0,025$$

$n = 0,016$  değerleri verilmiştir.

Bu koşullar altında aşağıdaki ızgaraların kapasitelerini bulunuz.

- P-50;  $W = 0,6 \text{ m}$  ve  $L = 0,6 \text{ m}$
- Ağ örgülü ızgara;  $W = 0,6 \text{ m}$  ve  $L = 0,6 \text{ m}$
- a ve b deki ızgaraların uzunluğunun  $1,2 \text{ m}$  olduğu durum

#### Çözüm :

(4.6) denklemi veya Şekil D.2' den toplam debi

$$Q = \frac{0,376}{0,016} 0,025^{5/3} 3^{8/3} 0,04^{1/2}$$

$$Q = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

bulunur. (4.14) denklemi veya Şekil D.3' ten  $E_0$

$$\frac{W}{T} = \frac{0,6}{3} = 0,2$$

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2,67}$$

$$E_0 = 0,45$$

olarak hesaplanır. (4.5) denklemi veya Şekil D.1' den akım hızı bulunur.

$$V = \frac{0,752}{0,016} 0,025^{2/3} 3^{2/3} 0,04^{1/2}$$

$$V = 1,66 \text{ m/s}$$

Son olarak (4.20) veya Şekil D.11' den  $R_f$ , (4.22) veya Şekil D.12' den  $R_s$  bulunur.

Bulunan  $R_f$  ve  $R_s$  değerleri için (4.23) denkleminde ızgaraların kapasitesi bulunur.

Tablo 4.3' te bulunan sonuçlar görülmektedir.

**Tablo 4.3:** Örnek 4.4 için bulunan  $R_f$ ,  $R_s$ ,  $Q_i$  değerleri

Izgara	Boyut ( W x L )	$R_f$	$R_s$	$Q_i$
P-50	0,6 m x 0,6 m	1,0	0,036	0,091 m <sup>3</sup> /s
Ağ Örgülü	0,6 m x 0,6 m	0,9	0,036	0,082 m <sup>3</sup> /s
P-50	0,6 m x 1,2 m	1,0	0,155	0,103 m <sup>3</sup> /s
Ağ Örgülü	0,6 m x 1,2 m	1,0	0,155	0,103 m <sup>3</sup> /s

Tablo 4.3' te bulunan sonuçlara göre ızgara uzunluğunun 0,6 m yerine 1,2 m olması durumunda kapasite P-50 ızgarasında %13, Ağ Örgülü ızgarada %26 artmaktadır. Buna göre ızgaranın tuttuğu debiyi arttırmak için ızgara uzunluğunu arttırmak etkili ve ekonomik bir çözüm değildir. Izgara kapasitesinde esas belirleyici bordüre dik olan boyut yani ızgara genişliğidir [4].

#### 4.2.2 Çukur Yerlerde Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

Çukur yerlerde ızgaralı girişler orifis veya savak şeklinde davranırlar. Orifis akımın başlama derinliği ızgara tipine bağlıdır. Küçük ızgaraların orifis şeklinde davrandığı derinliklerde daha büyük ızgaralar savak davranışı gösterebilir. Izgaralı girişlerin tıkanma sorunu olduğundan çukur yerlerde ızgaralı girişler yerine birleşik girişler veya bordür girişleri tercih edilmelidir [4].

Savak koşullarında ızgaralı girişlerin kapasitesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [4].

$$Q_i = C_w P d^{1,5} \quad (4.26)$$

Bu bağıntıda,

P : Bordür önündeki uzunluk hariç ızgara çevresini, [m]

$C_w$  : Savak katsayısını, [1,66]

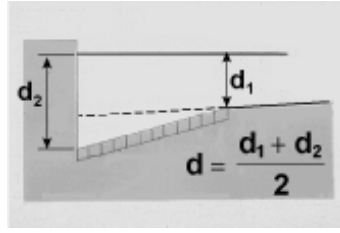
d : Izgara boyunca ortalama derinliğini, [m]

ifade etmektedir.

(4.26) denklemindeki ortalama derinlik aşağıdaki formülle hesaplanır [4].



$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (4.27)$$



**Şekil 4.5 :** Çukur Yerlerde Izgara Boyunca Ortalama Derinlik

Orifis koşullarında ızgaralı girişlerin kapasitesi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [4].

$$Q_i = C_0 A_g (2gd)^{0,5} \quad (4.28)$$

Bu bağıntıda;

$C_0$  : Orifis katsayısını, [0,67]

$A_g$  : Izgaranın net boşluk alanını, [ $m^2$ ]

$g$  : Yerçekim ivmesini, [ $9,81 \text{ m/s}^2$ ]

ifade etmektedir.

#### **Örnek 4.5**

Çukur yerde yapılan bir ızgara için;

$$Q = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_x = S_w = 0,05$$

$$n = 0,016$$

$$T_{\text{limit}} = 3 \text{ m}$$

olması durumunda %50 tıkanma olacağı kabul edilerek genişliği 0,6 m olan ızgaranın uzunluğunu ve arktaki su derinliğini bulunuz [4].

#### **Çözüm :**

İlk önce bordür yüzündeki su derinliği ve ızgara çevresinin bulunması gerekir .

Bordür yüzündeki su derinliği  $d_2$  ise;

$$d_2 = TS_x = 3(0,05)$$

$$d_2 = 0,15 \text{ m bulunur.}$$

Ortalama derinlik

$$d = d_2 - (W / 2)S_w$$

$$d = 0,15 - (0,6 / 2).(0,05)$$

$$d = 0,135 \text{ m}$$

(4.26) denklemi veya Şekil D.13' ten

$$P = Q_i / [C_w d^{1,5}]$$

$$P = (0,19) / [(1,66)(0,135)^{1,5}]$$

$$P = 2,31 \text{ m bulunur.}$$

Izgaranın  $W = 0,6 \text{ m}$  ve  $L = 1,2 \text{ m}$  ebatlarında olduğu kabul edilirse

$$P = 0,3 + 1,2 + 0,3 = 1,8 \text{ m olur.}$$

Izgara uzunluğunun  $1,2 \text{ m}$  olması durumunda bulunan ızgara etkili çevresi  $1,8 \text{ m}$  olur. Bu değer gerekli olan  $2,31$  değerinden küçük olduğundan ızgara uzunluğu yetersizdir.

$$P_{\text{etkili}} = 2,4 \text{ m} = (0,5)2W + L$$

$$\text{eğer } W = 0,6 \text{ m ise } L \geq 1,8 \text{ m}$$

$$\text{eğer } W = 0,9 \text{ m ise } L \geq 1,5 \text{ m}$$

$W = 0,6 \text{ m}$  ve  $L = 0,9 \text{ m}$  ebatlarında iki ızgara seçilmesi durumunda ise

$$P_{\text{etkili}} = (0,5)2(0,6) + (1,8)$$

$P_{\text{etkili}} = 2,4 \text{ m}$  olduğundan  $W = 0,6 \text{ m}$  ve  $L = 0,9 \text{ m}$  ebatlarında iki ızgara yeterli etkili çevreye sahiptir.

(4.26) denkleminde veya Şekil D.13' ten su derinliği bulunur.

$$d = [Q / (C_w P)]^{0,67}$$

$$d = [0,19 / ((1,66)(2,4))]^{0,67}$$

$$d = 0,130 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

Çukur yerlerde yapılan ızgaralar için tıkanma sorununa karşı ızgara uzunluğunu arttırmak gereklidir, ancak bunun yerine birleşik giriş yapmak daha etkili bir çözüm yoludur.

## 5. FHWA' NIN DENEYSEL VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1 Deney Düzenegi

Konuyla ilgili olarak Amerika' da FHWA (Federal Highway Administration) tarafından deneysel bir çalışma yapılmıştır. FHWA' nın yaptığı bu çalışmada deney düzenegine altı farklı ızgara yerleştirilmiş ve ızgaraların gelen akımın ne kadarını tuttuğu tespit edilmiştir. Her bir ızgara için %0,5 ile %13 arasında değişen boyuna eğim değerleri ile bu ölçümler yapılmıştır. Arktaki toplam debi  $Q$ , ızgara tarafından tutulan debi ise  $Q_i$  ile gösterilerek bulunan değerler tablo haline getirilmiştir.

FHWA' nın yaptığı çalışma üç ana başlıkta yapılmıştır.

Birincisi; ORE-L, ORE-T, TB45-1 ve MASS ızgaraları ile gerçek boyutları ile deneyler yapılmıştır. İkinci olarak TB45-5 ızgarasının 1/1,27 oranında küçültülmesi ile yapılan TB45-3 ile deneyler yapılmış daha sonra bulunan sonuçlar TB45-5' e analitik olarak uyarlanmıştır. Son olarak TBV-5' in 1/1,27 oranında küçültülmüş modeli olan TBV-3 ile deneyler yapılmış ve benzer şekilde sonuçlar TBV-5' e yansıtılmıştır [6].

Çalışmada 885 cm uzunluğunda 89 cm genişliğinde bir model kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan ızgaralar ve detayları Şekil E.1, Şekil E.2, Şekil E.3, Şekil E.4, Şekil E.5, Şekil E.6, Şekil E.7, Şekil E.8 de verilmiştir. Model geometrisi ve akım durumu aşağıda özetlenmiştir [6].

Debi;  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  ve  $0,091 \text{ m}^3/\text{s}$  arasında değişen debiler kullanılmıştır.

Boyuna Eğim;  $0,005$  ;  $0,010$  ;  $0,028$  ;  $0,054$  ;  $0,075$  ve  $0,130$  eğimleri kullanılmıştır.

Enine Eğim; bütün deneylerde enine eğim  $1/25'$  tir.

Ark Enkesiti; çalışmada üniform enkesitli ark kullanılmıştır.

Yüzey Pürüzlülüğü; Manning pürüzlülük katsayısı  $0,013$  olarak alınmıştır.

## 5.2 Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada ise FHWA' nın yaptığı deneylerin sonuçlarından yararlanılarak iki boyutsuz sayı elde edilmiştir. Bu boyutsuz sayılar, ızgaranın tuttuğu akımın arktaki toplam akıma oranı ( $Q_i/Q$ ) ve ızgara genişliğinin arktaki suyun yayılmasına oranıdır ( $W/T$ ). Bu sayede ızgaraların gelen yağmur suyunu tutma oranlarını diğer bir ifadeyle hidrolik performanslarını karşılaştırma imkanı bulunmuştur.

Bütün ızgaralar için her bir boyuna eğim değeri için ( $Q_i/Q$ )' nun ( $W/T$ ) ile değişim grafikleri çizilmiştir (Şekil E.9, Şekil E.10, Şekil E.11, Şekil E.12, Şekil E.13, Şekil E.14, Şekil E.15 ve Şekil E.16). Bu sayede bütün boyuna eğim değerleri için ( $Q_i/Q$ )' nun ( $W/T$ )' ye bağlı ikinci derece denklemi elde edilmiştir. Denklemlerde ( $W/T$ )<sup>2</sup>' nin katsayısı A, ( $W/T$ )' nin katsayısı B ve sabit sayı da C ile belirtilerek değerler Tablo 5.1' de gösterilmiştir.

**Tablo 5.1:** Bütün Izgaraların A, B ve C Katsayıları

ORE-L IZGARASI				ORE-T IZGARASI		
S	A	B	C	A	B	C
0,005	-20,79	12,64	-1,11	-21,69	13,73	-1,33
0,010	-5,73	5,45	-0,31	-4,28	4,56	-0,27
0,028	-5,78	5,65	-0,41	-2,23	3,02	-0,07
0,054	-6,21	6,21	-0,60	-2,62	3,62	-0,34
0,075	-2,40	2,81	0,10	-0,84	1,59	0,07
0,130						
MASS IZGARASI				TB45-5 IZGARASI		
S	A	B	C	A	B	C
0,005	-6,46	5,78	-0,38	-14,44	10,86	-1,28
0,010	-1,37	2,54	0,05	-5,60	6,07	-0,72
0,028	-4,00	4,50	-0,33	-6,78	7,32	-1,07
0,054	-3,66	4,79	-0,64	-5,65	6,72	-1,12
0,075	-1,23	2,07	-0,04	-2,29	3,44	-0,43
0,130	-2,16	2,89	-0,31	-0,34	0,98	0,18
TB45-1 IZGARASI				TB45-3 IZGARASI		
S	A	B	C	A	B	C
0,005	-13,71	9,07	-0,65	-7,05	5,98	-0,37
0,010	-4,64	4,80	-0,18	-5,10	5,11	-0,33
0,028	-7,54	7,10	-0,66	-5,11	5,49	-0,51
0,054	-7,64	7,40	-0,83	-4,48	5,12	-0,55
0,075	-2,16	2,80	0,05	-2,20	2,92	-0,11
0,130				0,11	0,18	0,55
TBV-5 IZGARASI				TBV-3 IZGARASI		
S	A	B	C	A	B	C
0,005	-9,38	8,30	-0,98	-7,56	6,64	-0,54
0,010	-4,08	5,15	-0,67	-3,35	4,17	-0,3
0,028	-3,29	4,45	-0,60	-2,73	3,64	-0,28
0,054	-3,52	4,96	-0,89	-2,78	3,95	-0,53
0,075	-1,38	2,52	-0,37	-0,54	1,41	0,04
0,130						

Denklemlerdeki A, B ve C katsayılarını tek değişkene indirmek amacıyla bu üç katsayının her birinin S (boyuna eğim) ile değişimi belirlenmiştir. Deneyde kullanılan boyuna eğim değerlerindeki A, B ve C katsayılarının her birinin boyuna eğim ile değişim grafikleri Şekil E.17, Şekil E.18, Şekil E.19, Şekil E.20, Şekil E.21, Şekil E.22, Şekil E.23 ve Şekil E.24' te verilmiştir. Bu grafiklerden elde edilen her bir katsayıların boyuna eğime bağlı ifadeleri asıl denklemlerde yerine konulmuş ve  $(Q_i/Q)$ ' nun  $(W/T)$ ' ye bağlı ifadesi üç değişken (A, B, C) yerine tek değişken (S) cinsinden bulunmuştur. Denklemlerin boyuna eğime bağlı ifadeleri aşağıda verilmiştir.

ORE-L Izgarası için

$$Q_i/Q = (-4008,30.S^2+475,63.S-16,97).(W/T)^2 + (1076,20.S^2-170,79.S+10,39).(W/T) \\ +69,82.S^2+4,46.S-0,75$$

ORE-T Izgarası için

$$Q_i/Q = (-6944,10.S^2+734,97.S-18,49).(W/T)^2 + (3373,71.S^2-377,67.S+11,92).(W/T) \\ -322,85.S^2+37,32.S-1,06$$

TB45-1 Izgarası için

$$Q_i/Q = (554,62.S^2+49,05.S-9,87).(W/T)^2 + (-1691,30.S^2+84,50.S+6,52).(W/T) \\ +474,77.S^2-33,45.S-0,20$$

TB45-3 Izgarası için

$$Q_i/Q = (4,90.S^2+51,15.S-6,57).(W/T)^2 + (-261,76.S^2-9,78.S+5,78).(W/T) \\ +111,33.S^2-7,48.S-0,33$$

TB45-5 Izgarası için

$$Q_i/Q = (-608,99.S^2+163,66.S-11,41).(W/T)^2 + (57,32.S^2-71,53.S+9,25).(W/T) \\ +81,25.S^2-0,82.S-1,06$$

MASS Izgarası için

$$Q_i/Q = (-243,19.S^2+52,01.S-4,70).(W/T)^2 + (75,36.S^2-24,86.S+4,68).(W/T) \\ +23,28.S^2-3,56.S-0,20$$

TBV-3 Izgarası için

$$Q_i/Q = (-869,07.S^2+137,58.S-6,48).(W/T)^2 + (11,74.S^2-53,45.S+5,78).(W/T) \\ +163,20.S^2-8,22.S-0,35$$

TBV-5 Izgarası için

$$Q_i/Q = (-1431,20.S^2+189,14.S-8,13).(W/T)^2 + (415,16.S^2-88,81.S+7,35).(W/T) \\ +85,75.S^2-2,05.S-0,79$$

Bütün ızgara tipleri için  $W/T$ ,  $Q_i/Q$ , hız ve Froude sayısı değerleri Tablo E.1, Tablo E.2, Tablo E.3, Tablo E.4, Tablo E.5, Tablo E.6, Tablo E.7 ve Tablo E.8' de verilmiştir.

Akım rejiminin ızgara kapasitesine olan etkisini belirlemek amacıyla akımın Froude sayıları bulunmuştur. Akım hızı fazla ve derinliği az ise akım sel rejimindedir. Froude sayısı 1' den büyüktür. Akım hızı düşük ve derinliği fazla ise akım nehir rejimindedir. Froude sayısı 1' den küçüktür [12]. Froude sayısı aşağıdaki denklem ile ifade edilir.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot d}} \quad (5.1)$$

Bu ifadede,

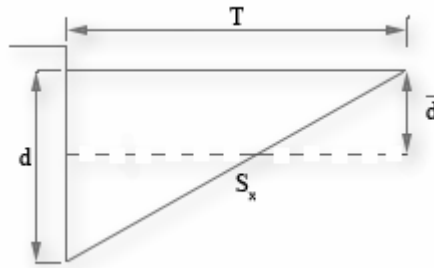
$V$ : Ortalama akım hızını, [m/s]

$g$  : Yerçekimi ivmesini, [m/s<sup>2</sup>]

$d$  : Su derinliğini, [m]

ifade etmektedir.

Burada geçen su derinliği dikdörtgen kesitli kanallar için kullanılan su derinliğidir. Ark enkesiti üçgen olduğundan  $d$  yerine üçgen kesitin aynı alana sahip dikdörtgen kesite benzetilmesiyle bulunan etkili derinlik ( $\bar{d}$ ) kullanılmıştır.



**Şekil 5.1:** Üçgen Enkesitli Arklarda Etkili Derinlik



$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \bar{d}}} \quad (5.2)$$

$\bar{d}$  : Etkili derinlik, [m]

Izgaraların aynı enine ve boyuna eğim değerlerinde hidrolik performanslarının karşılaştırılması amacıyla her bir boyuna eğim değeri için bütün ızgaraların verimlilikleri  $W/T$ ' ye bağlı olarak Şekil E.25, Şekil E.26, Şekil E.27, Şekil E.28 ve Şekil E.29' da verilmiştir.

Izgaraların en verimli olduğu diğer bir ifadeyle gelen yağmur suyunu tutma oranının en fazla olduğu noktanın bulunması amacıyla  $(Q_i/Q)$ ' nun  $(W/T)$ ' ye bağlı ikinci derece denkleminin türevi alınmalıdır. Buradan bulunan  $(W/T)$  değeri  $(Q_i/Q)$ ' yu maksimum yapan değerdir. Her bir ızgaranın bütün boyuna eğim değerlerindeki maksimum  $(Q_i/Q)$  ve bu değerleri sağlayan  $(W/T)$  oranları bulunmuş ve Tablo 5.2' de gösterilmiştir.

**Tablo 5.2:** Bütün Izgaraların Maksimum Verimlilikleri ve Bu Değerleri Sağlayan (W/T) Oranları

	ORE-L IZGARASI		ORE-T IZGARASI	
S	(W/T)	maksimum (Qi/Q)	(W/T)	maksimum (Qi/Q)
0,005	0,30	0,81	0,32	0,84
0,010	0,48	0,99	0,53	0,94
0,028	0,49	0,97	0,68	0,95
0,054	0,50	0,95	0,69	0,91
0,075	0,59	0,92	0,95	0,82
0,130				
	MASS IZGARASI		TB45-5 IZGARASI	
S	(W/T)	maksimum (Qi/Q)	(W/T)	maksimum (Qi/Q)
0,005	0,45	0,91	0,38	0,76
0,010	0,93	1,23	0,54	0,92
0,028	0,56	0,94	0,54	0,91
0,054	0,65	0,93	0,59	0,88
0,075	0,84	0,83	0,75	0,86
0,130	0,67	0,66	1,44	0,89
	TB45-1 IZGARASI		TB45-3 IZGARASI	
S	(W/T)	maksimum (Qi/Q)	(W/T)	maksimum (Qi/Q)
0,005	0,33	0,85	0,42	0,90
0,010	0,52	1,06	0,50	0,95
0,028	0,47	1,01	0,54	0,96
0,054	0,48	0,96	0,57	0,91
0,075	0,65	0,96	0,66	0,86
0,130			-0,82	0,48
	TBV-5 IZGARASI		TBV-3 IZGARASI	
S	(W/T)	maksimum (Qi/Q)	(W/T)	maksimum (Qi/Q)
0,005	0,44	0,86	0,44	0,92
0,010	0,63	0,96	0,62	1,00
0,028	0,68	0,90	0,67	0,93
0,054	0,70	0,86	0,71	0,87
0,075	0,91	0,78	1,31	0,96
0,130				

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Izgaralı yağmur suyu giriş yerleri projelendirilirken yaya ve araç güvenliğini tehlikeye düşürmeyecek, bunun yanında hidrolik performansı yüksek olan ızgara tipi seçilmelidir. Çok sayıda giriş yapmak veya hidrolik verimliliği düşük ızgara kullanmak ekonomik değildir. Izgara çubuklarının yapısı ızgaraların hidrolik verimliliğini ve güvenliğini belirler.

Daha önceki çalışmalarda bordüre paralel çubuklu ızgaraların daha iyi hidrolik performansa sahip oldukları gözlenmiştir [2]. Izgaraların biçiminin belirlenmesinde araç, yaya ve bisiklet güvenliği göz önünde tutulmalıdır.

Bisiklet güvenliği için iki çözüm önerilmiştir. Birincisi paralel çubuklar arasındaki boşlukları azaltmak, diğeri ise çubukların doğrultularını 45° yada 90° döndürmektir. Bu iki çözüm de ızgaraların hidrolik performansını azaltmanın yanında ızgaraların tıkanmasını kolaylaştırmaktadır [6].

FHWA' nın deney verilerinin değerlendirilmesinden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Deney sonuçlarına göre genel olarak ızgara verimlerinin %50' nin altına düşmediği görülmüştür. Diğeri bir ifadeyle arktaki debinin en az yarısı ızgara tarafından tutulmuştur. Boyuna eğim ve debinin az olduğu durumlarda ise arktaki suyun tamamına yakını tutulmuştur. Deney koşullarında ızgaraların tıkanması söz konusu olmadığından gerçekte bu oranlar biraz daha düşüktür.
- ORE-L ve ORE-T ızgaralarında %0,5 boyuna eğim değerindeki A, B, C katsayıları diğeriyle farklılık göstermiştir. Bu yüzden her katsayıyı bütün boyuna eğim değerleri için temsil eden ideal bir eğri geçirilmesi tam olarak mümkün olmamıştır. Düşük boyuna eğim değerlerinde bu katsayılar diğeriyle ayrı olarak değerlendirilebilir.
- Aynı boyuna eğim durumunda (W/T) oranı azaldıkça hidrolik verimlilik ( $Q_i/Q$ ) de azalmaktadır.

- Aynı toplam debi miktarı için boyuna eğim arttıkça yüzeysel sıçramadan dolayı ızgara tarafından tutulan debi dolayısıyla hidrolik verimlilik azalmıştır.
- Cadde arklarından akan yağmur suları akım hızı fazla derinliği az olduğunda genelde sel rejimindedir. Deneyledeki bütün akımların sel rejiminde olduğu görülmüştür. Boyuna eğim arttıkça ortalama hız ve Froude sayısı artmaktadır.
- Aynı boyuna eğim durumunda Froude sayısı arttıkça ızgara veriminin ( $Q_i/Q$ ) azaldığı görülmüştür.

Izgaraların aynı enine ve boyuna eğim koşullarında hidrolik performansları karşılaştırıldığında ise;

- Bütün boyuna eğim değerlerine göre en iyi verime sahip ızgaralar TB45-1 ve ORE-L ızgaraları olmuştur.
- Izgara çubuklarının akım yönüne dik olduğu durumda çubukların yatayla  $45^\circ$  açı yaptığı, TB45-1 ızgarasının hidrolik verimliliğinin diğer bordüre dik çubuklu ızgaralardan daha iyi olduğu görülmüştür.
- Çubukları akım yönüne dik olan TB45-5, TBV-3 ve TBV-5 ızgaralarının hidrolik verimlilikleri diğerlerine göre daha azdır. Ayrıca bu ızgaraların tıkanması diğerlerine göre daha kolay olmaktadır.
- Deneyde kullanılan ızgaraları aynı boyuna eğim durumunda daha önce belirtilen iki boyutsuz sayının değişimi bakımından karşılaştırıldığında en etkili ızgaranın çubukları akım yönüne paralel olan ORE-L ve TB45-1 tipi ızgaraların olduğu anlaşılır.
- Tablo 5.2' deki sonuçlar incelenerek ızgaraların hidrolik performanslarını karşılaştırmak mümkündür. Örneğin %2,8 boyuna eğim değerinde ORE-T ızgarasının ( $Q_i/Q$ ) değeri 0,95 ve TB45-1 ızgarasının ( $Q_i/Q$ ) değeri ise 1,01 dir. Bu verimlilikleri sağlayan ( $W/T$ ) değerleri ise ORE-T ızgarasında 0,68 ve TB45-1 ızgarasında ise 0,47 dir. Buradan da görüleceği gibi TB45-1 ızgarası daha düşük ( $W/T$ ) oranı ile ORE-T ızgarasından daha yüksek verimliliğe sahiptir. Izgara verimliliklerinin en fazla 1 olabileceği halde birkaç tanesinin 1' den büyük olduğu görülmüştür. Bu durum deneyde kullanılan debilerin geniş bir aralıkta seçilmesi ve daha fazla sayıda deneme yapılarak giderilebilir.

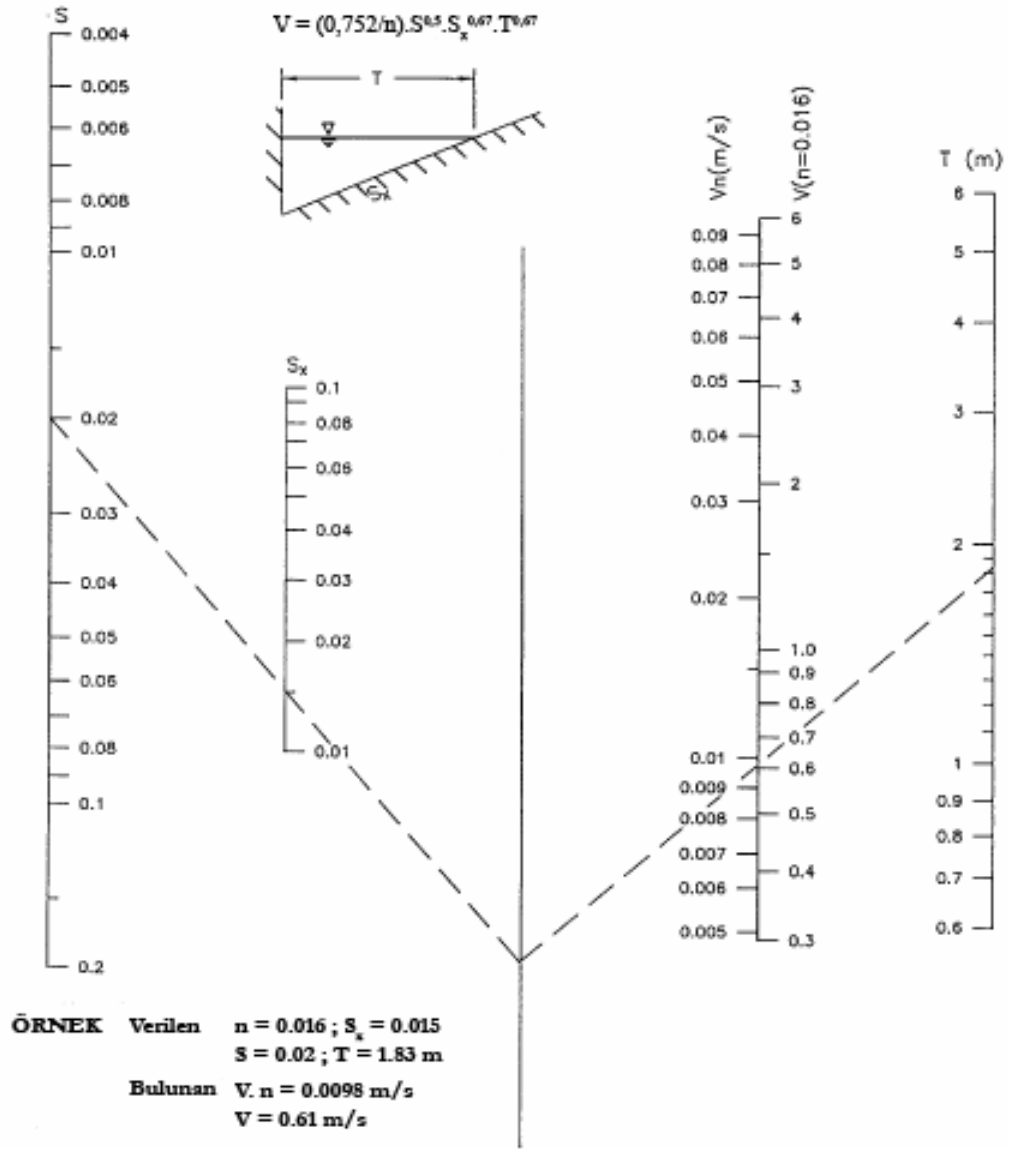
Genel olarak çubukları bordüre, diğer bir ifadeyle akım yönüne paralel olan ızgaraların hidrolik verimliliğinin daha iyi olduğu söylenebilir. ubukları akım yönüne dik olan ızgaraların özellikle yüksek boyuna eğim değerlerinde hidrolik verimliliklerinde önemli azalma görülmüştür. Iızgaralı girişler projelendirilirken tıkanma durumu göz önünde bulundurulmalıdır.

Iızgaraların projelendirilirken göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta hidrolik performansı en iyi olan ızgara kullanmaktır. Bunun yanında mümkün olduğu kadar tıkanmaya karşı etkili olan ızgaralar tercih edilmelidir.

## KAYNAKLAR

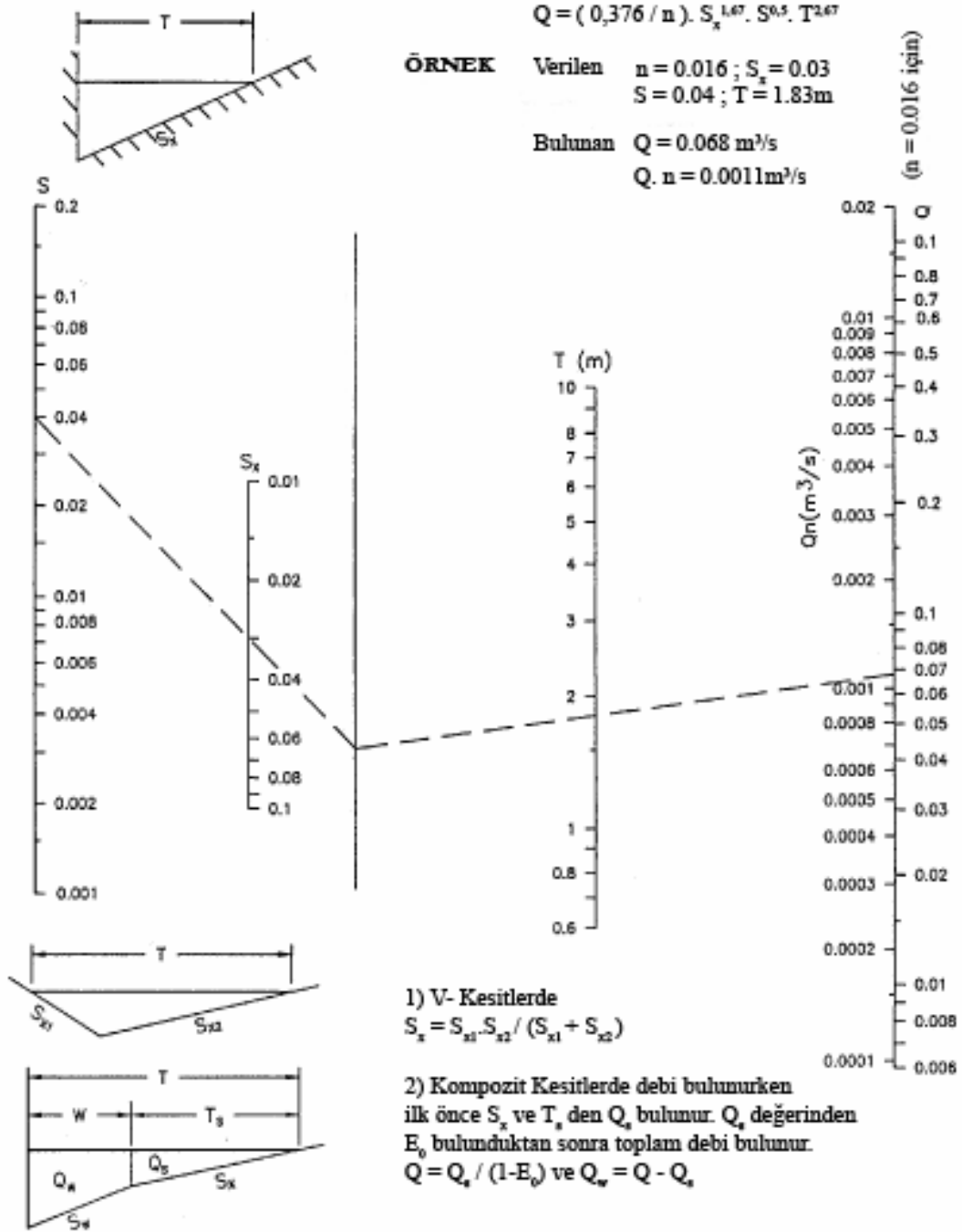
- [1] **Uyumaz, A.**, 1991. Yağmursuyu Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [2] **Muslu, Y.**, 1993. Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [3] **Schall, J.D., Richardson, E.V.**, 2001. Introduction to Highway Hydraulic Design Series Number 4 (HDS 4), Colorado, USA
- [4] **Brown, S.A., Stein, S.M.**, 2001. Urban Drainage Design Manual Hydraulic Engineering Circular 22, Second Edition, Colorado, USA
- [5] **TS 1478**, 1999. Taşıt ve yaya trafiğine maruz alanlardaki ızgara takımları ve bakım rögarı kapama elemanları-tasarım şartları, tip deneyleri, işaretleme, kalite kontrol, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [6] **Woo, D.C., and Jones, J.S.**, 2001. Hydraulic Characteristics of Two Bicycle-safe Grate Inlet Designs, Washington, D.C., USA
- [7] **Jens, S.W.**, 1979. Design of Urban Highway Drainage, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington D.C. 20590, USA
- [8] **Muslu, Y.**, Yağmur Suyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı, *İTÜ Dergisi*, Cilt 34, Yıl 34, Sayı 5, 1976, pp.14-21
- [9] U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1984. Drainage of Highway Pavements. Hydraulic Engineering Circular No. 12.
- [10] **Yu, S.L.**, 1992. VDOT Manual of Practice for Planning Stormwater Management. Virginia Transportation Research Council, Charlottesville, Virginia.
- [11] **Alexander, D. and Heaney, J.P.**, December 2002. Comparison of Conventional and Low Impact Development Drainage Design, University of Colorado, Final Report to Sustainable Futures Society.
- [12] **Chow, V.T.**, 1959. Open Channel Hydraulics, Mc-Graw Hill Inc, New York.

## **EKLER**

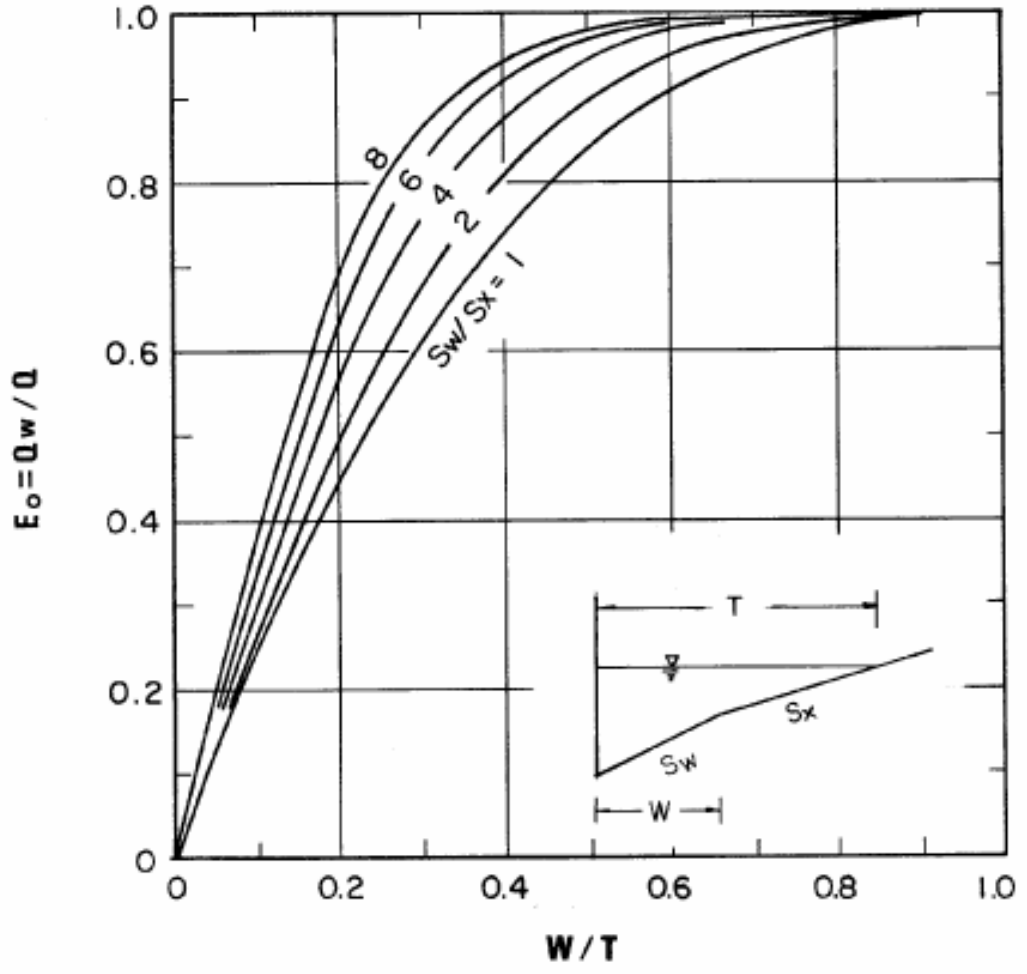


Şekil D.1 : Üçgen Enkesitli Arklarda Hız

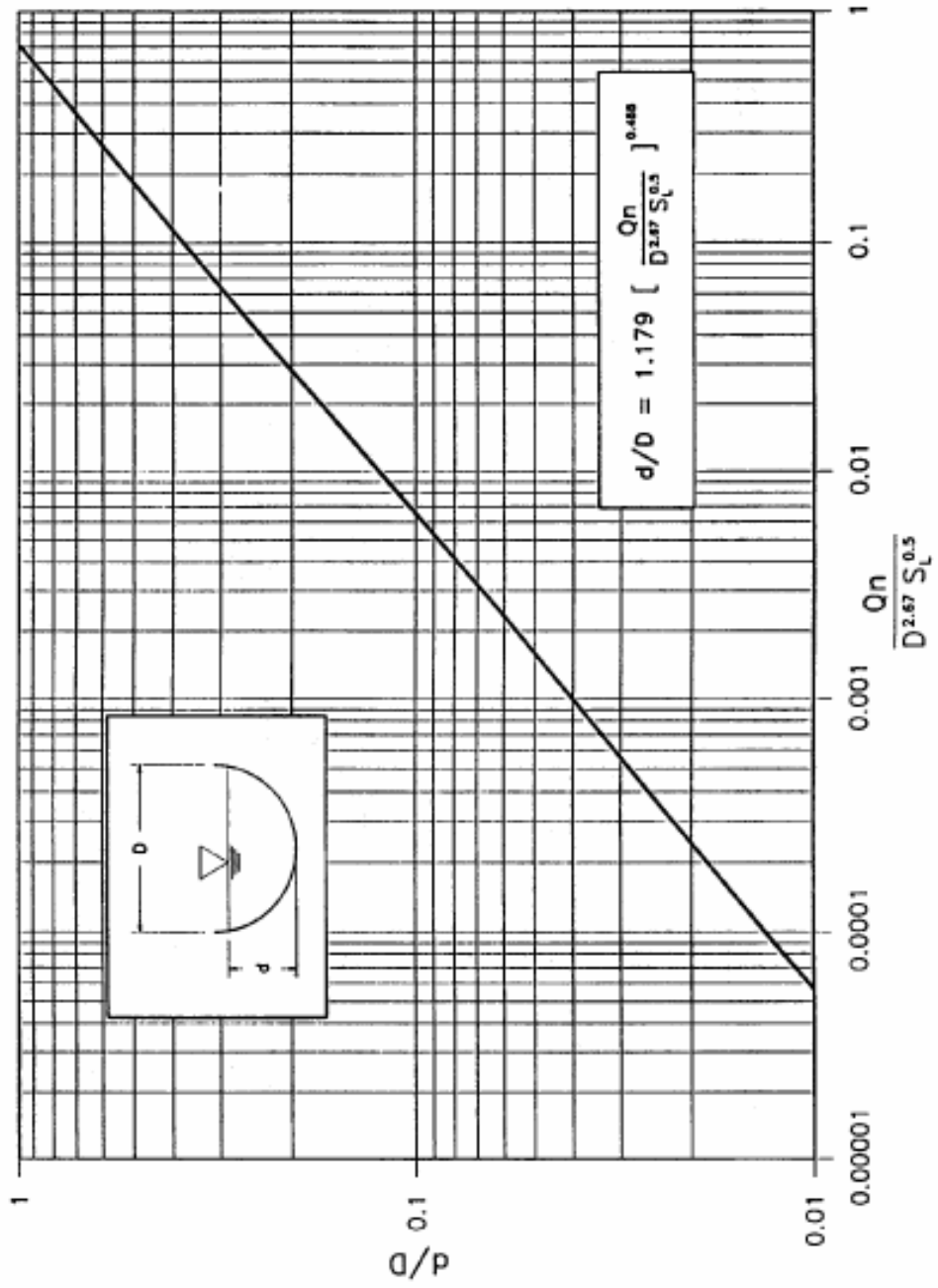




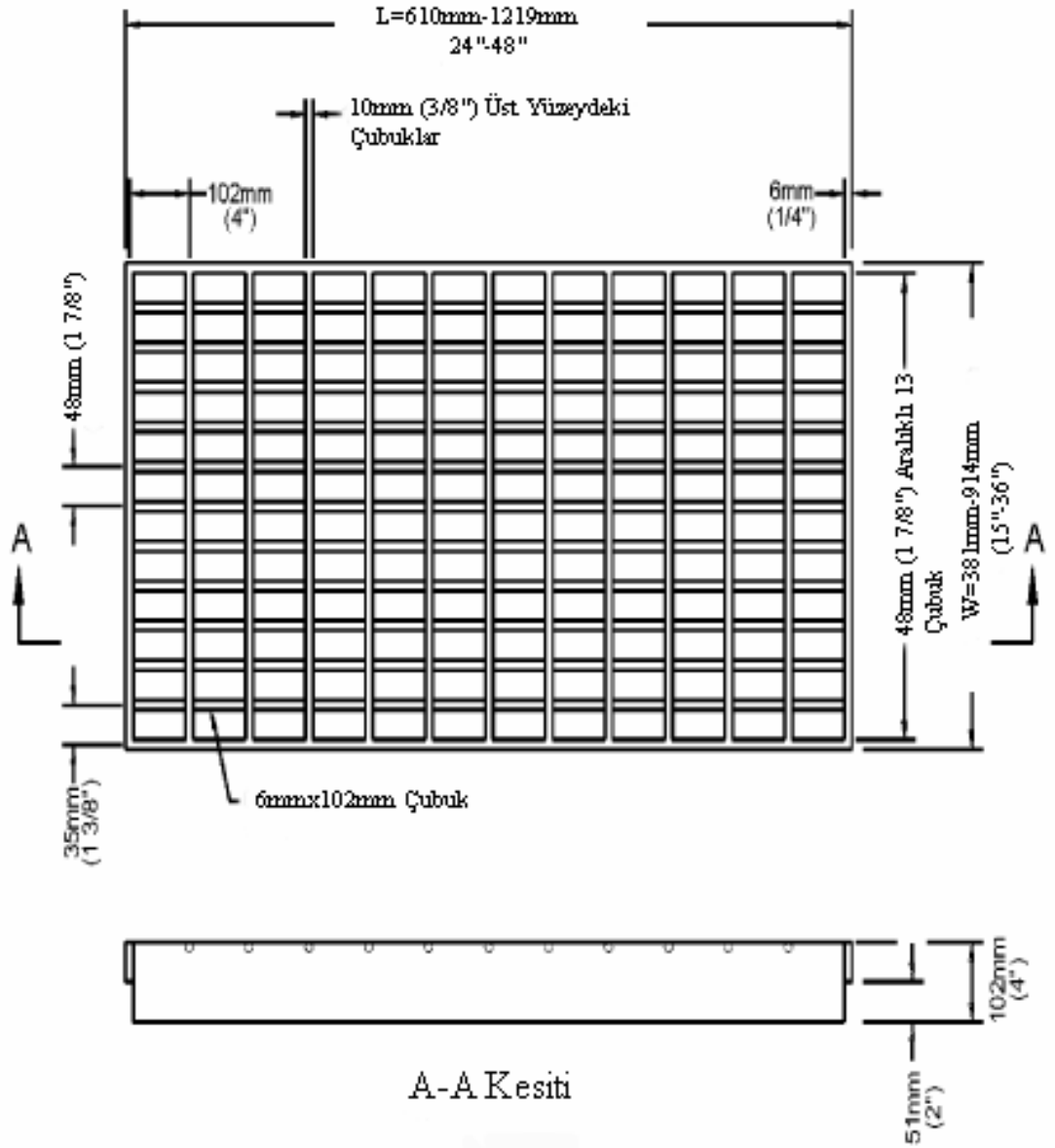
Şekil D.2 : Üçgen Enkesitli Arklarda Debi



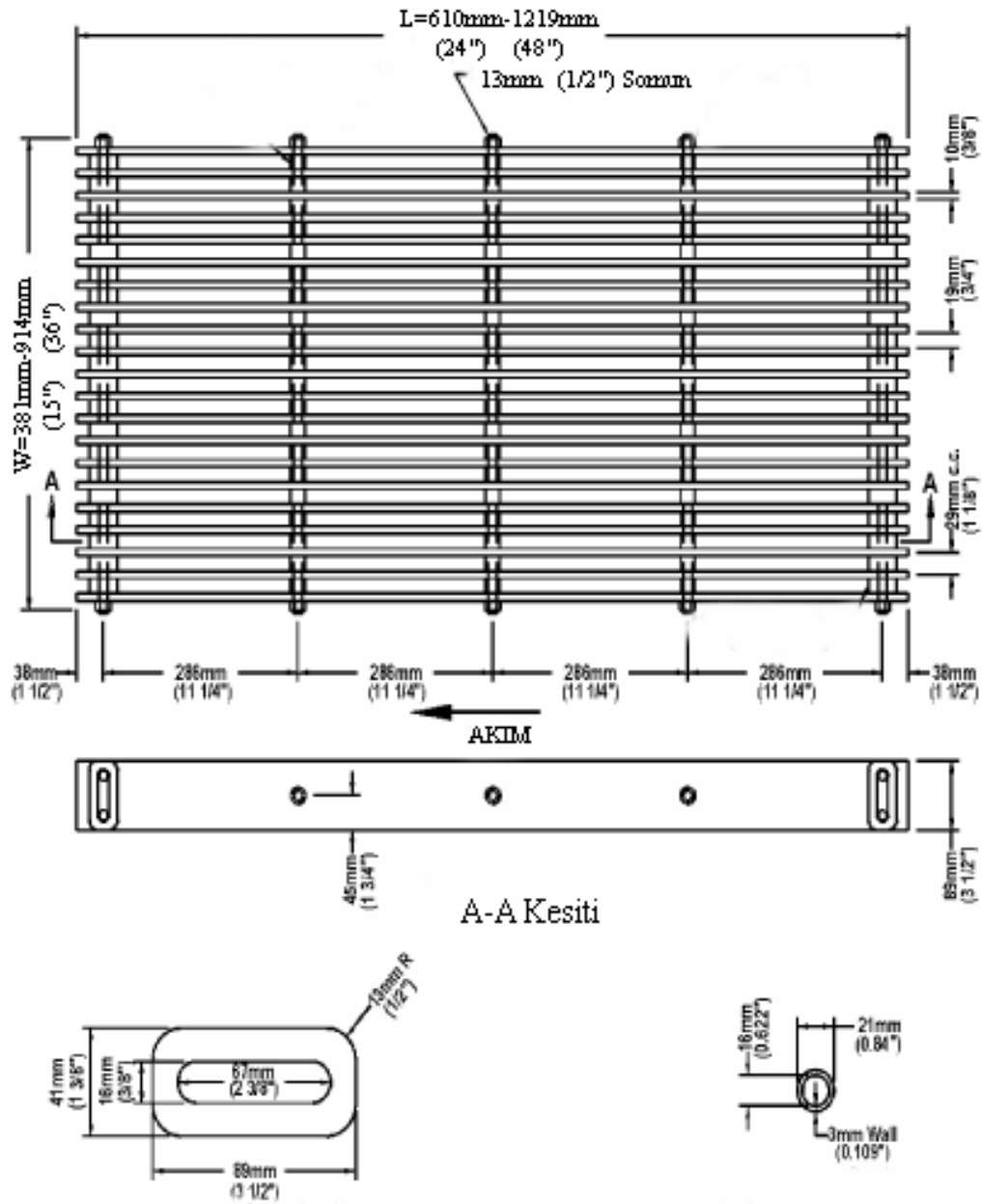
Şekil D.3 : Üçgen Enkesitli Arklarda  $E_0$  Değeri



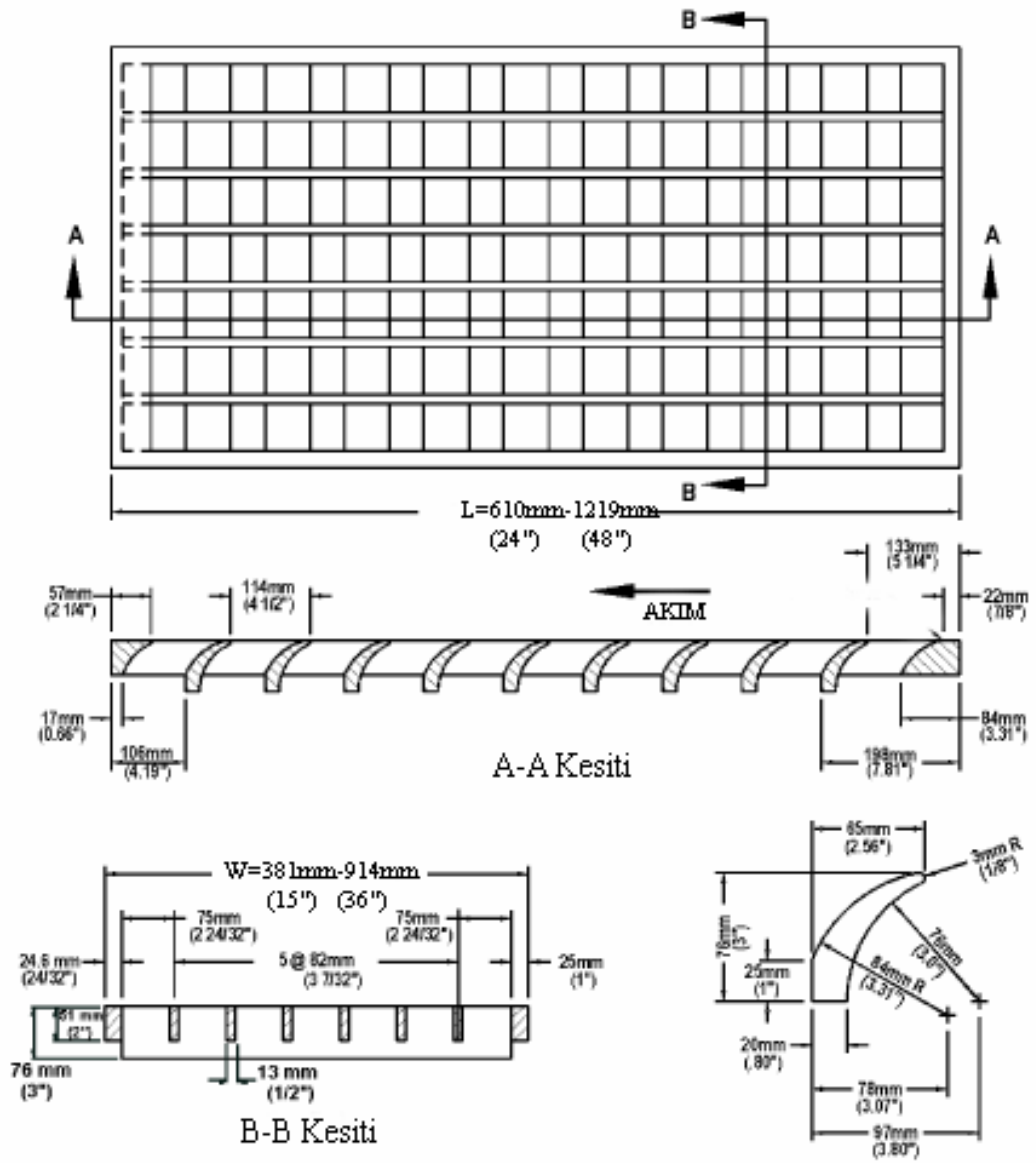
Şekil D.4 : Dairesel Enkesitli Arklarda Akım



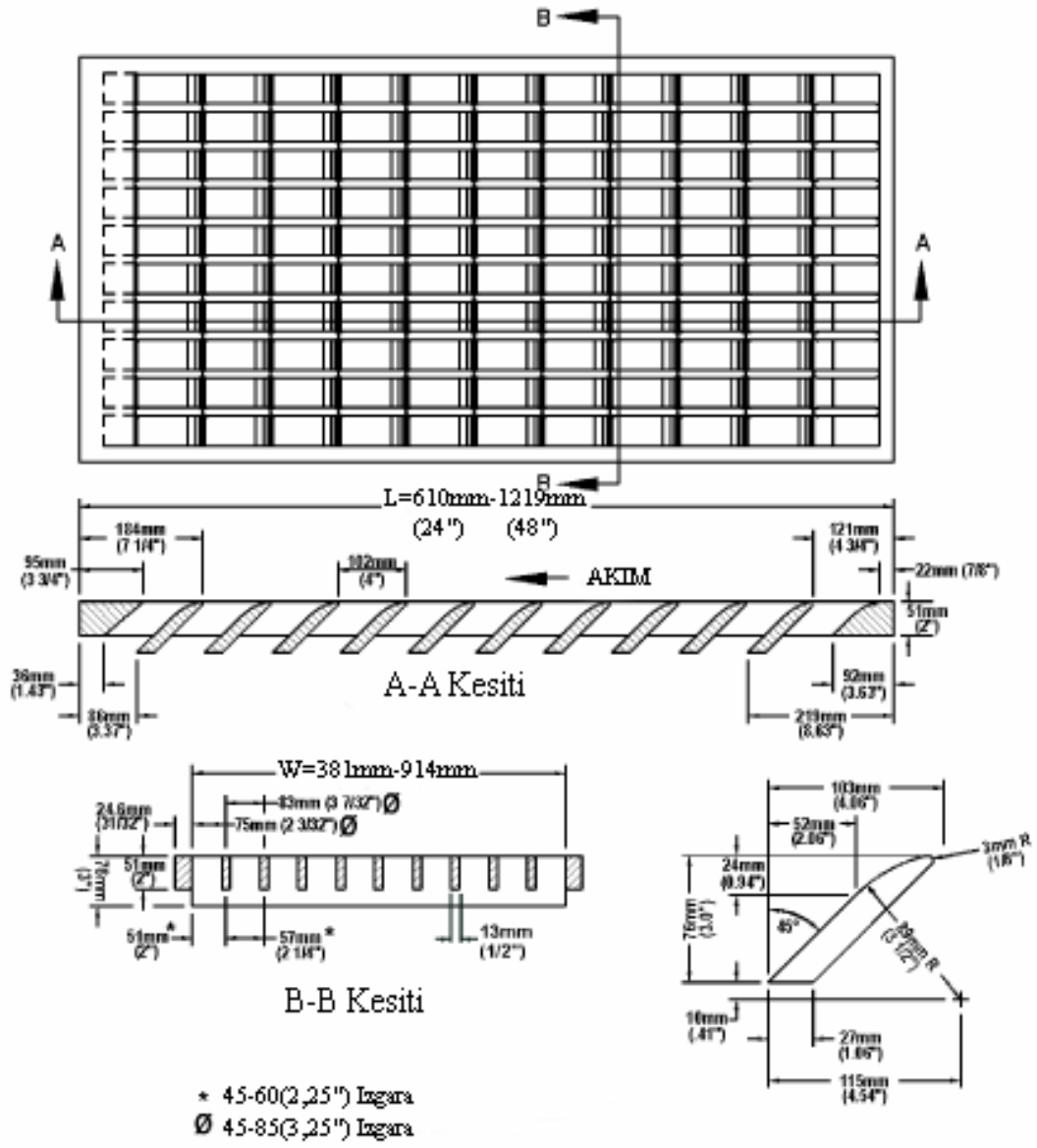
Şekil D.5 : P-50 ve P-100 Izgaraları



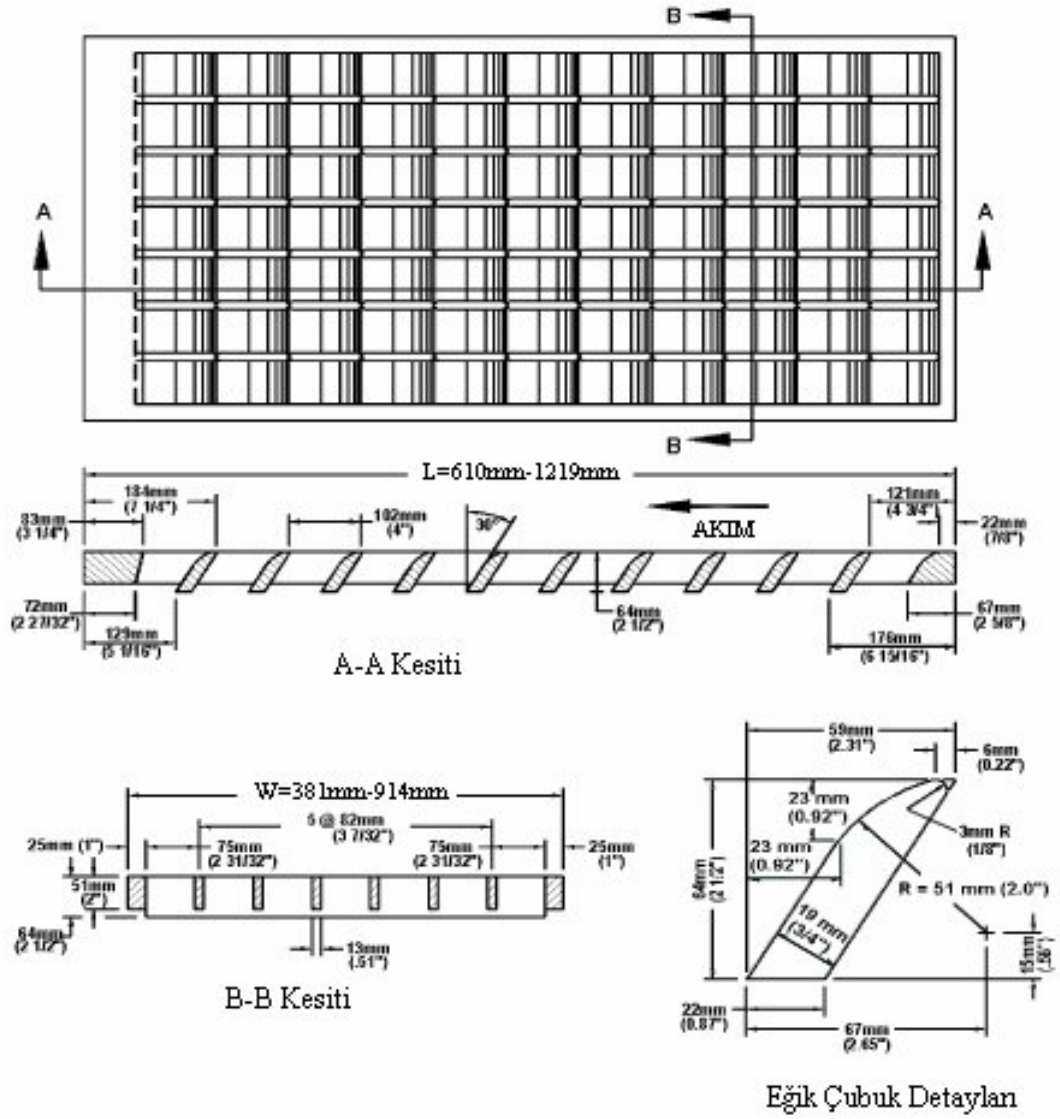
Şekil D.6 : P-30 Izgarası



Şekil D.7 : Eğrisel Çubuklu Izgara

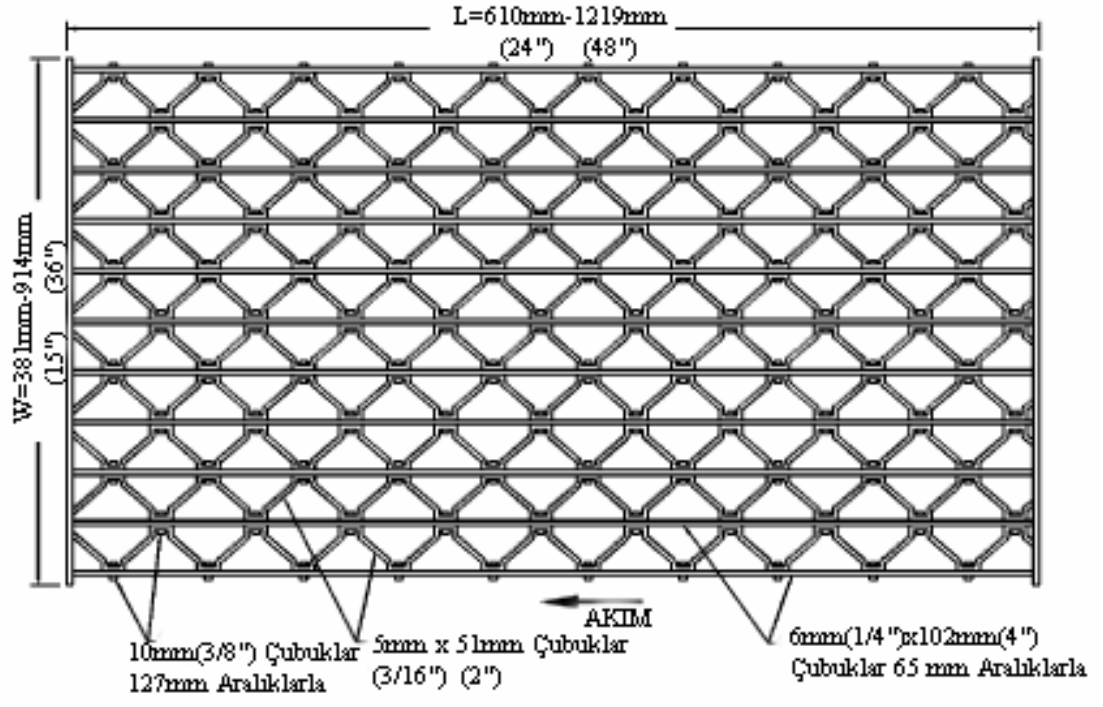


Şekil D.8 : 45°-60 ve 45°-85 Eğik Çubuklu Izgaralar

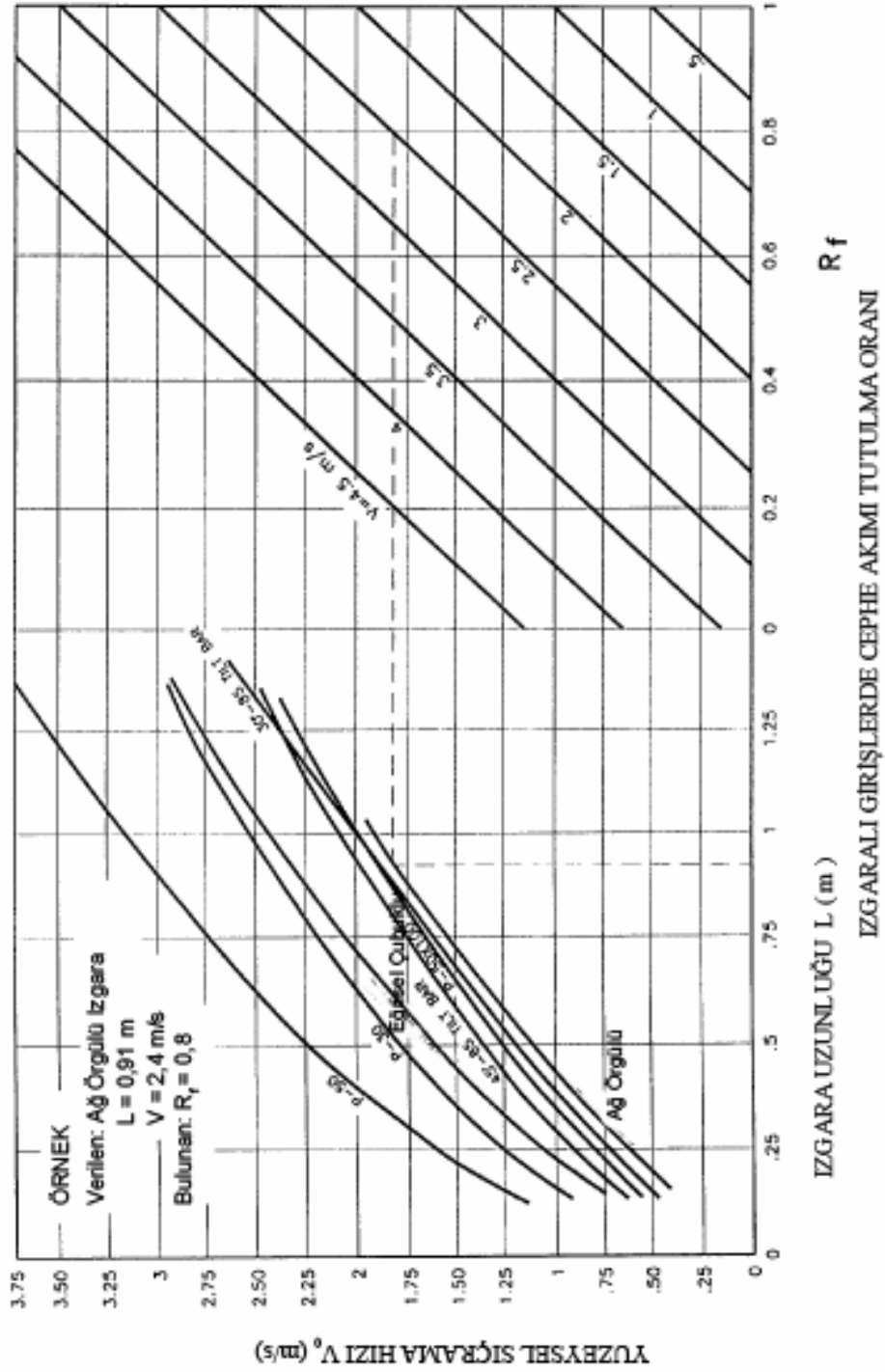


Şekil D.9 : 30°-85 Eğik Çubuklu Izgara

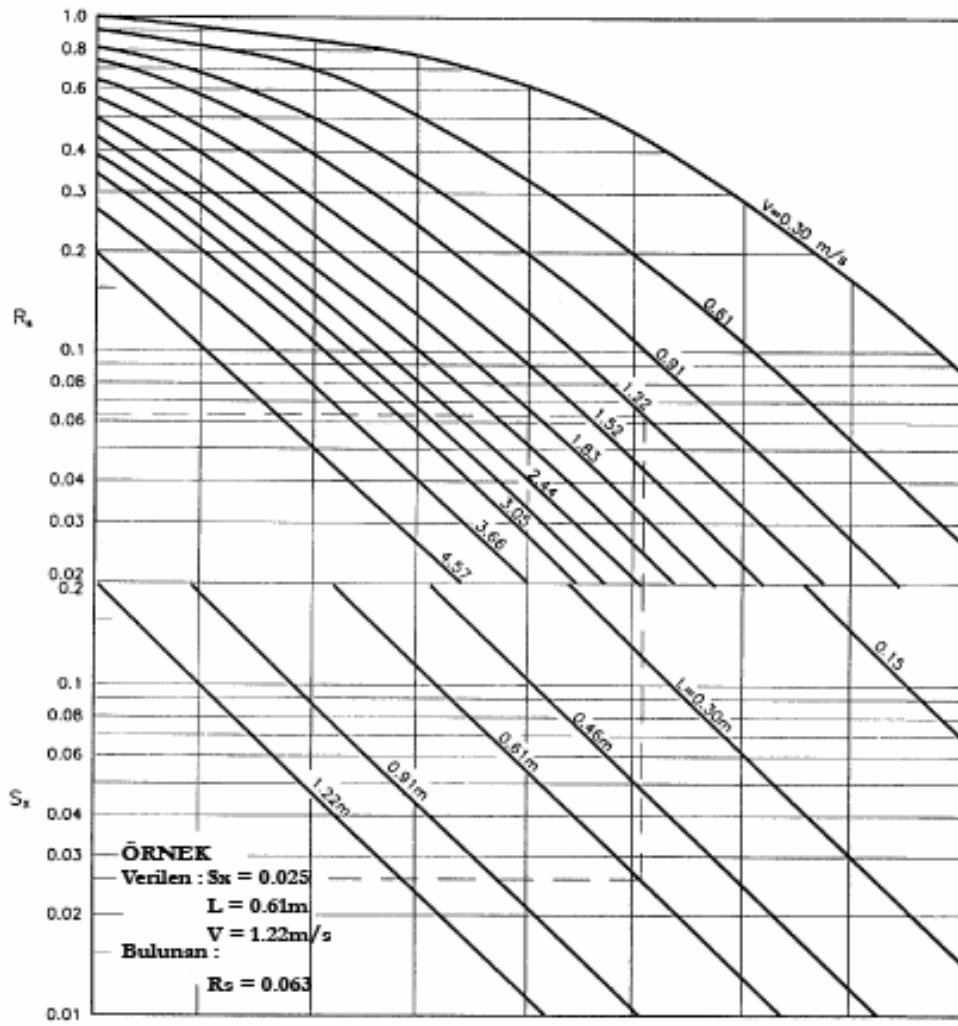




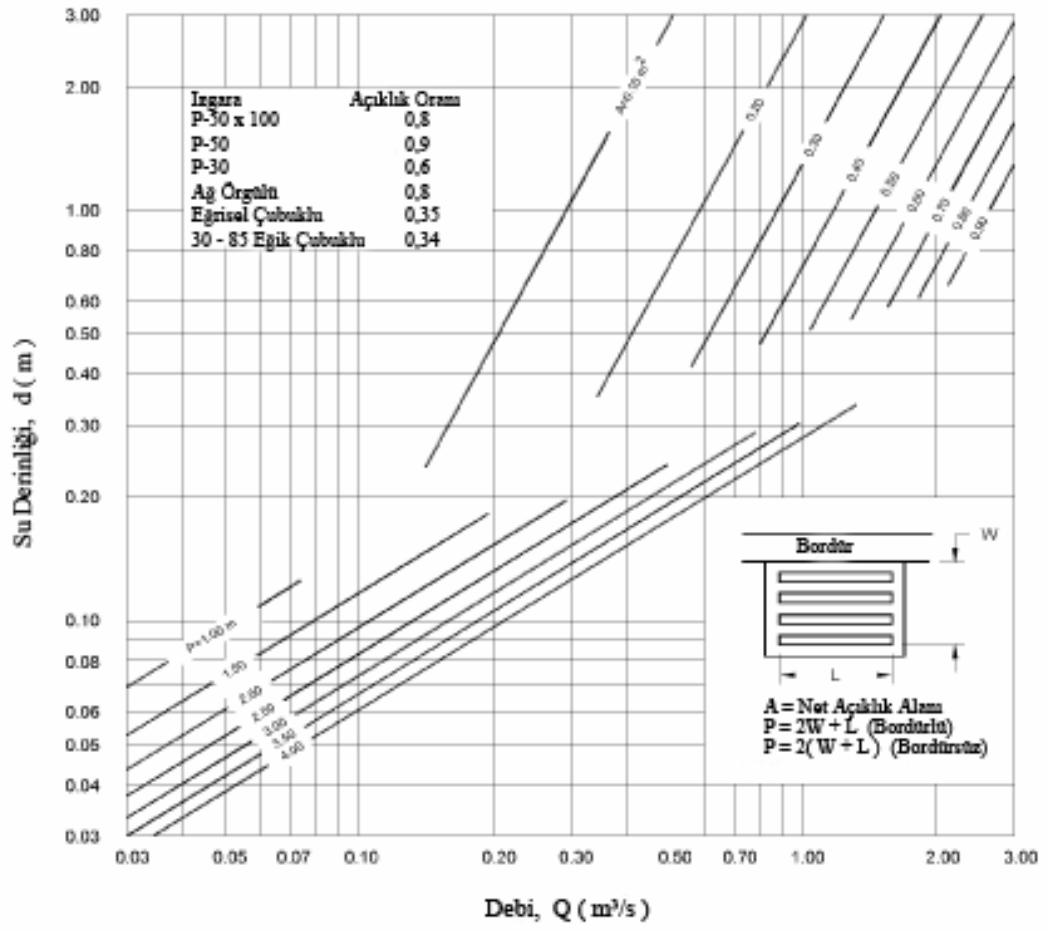
Şekil D.10 : Ağ Örgülü Izgara



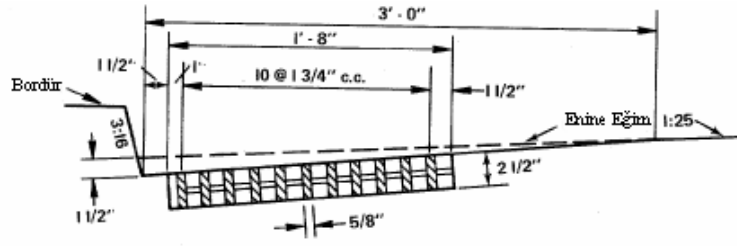
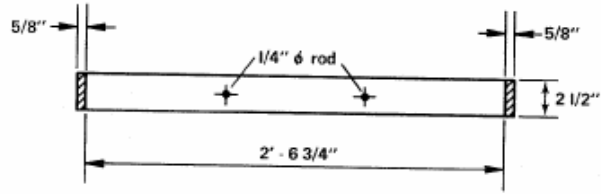
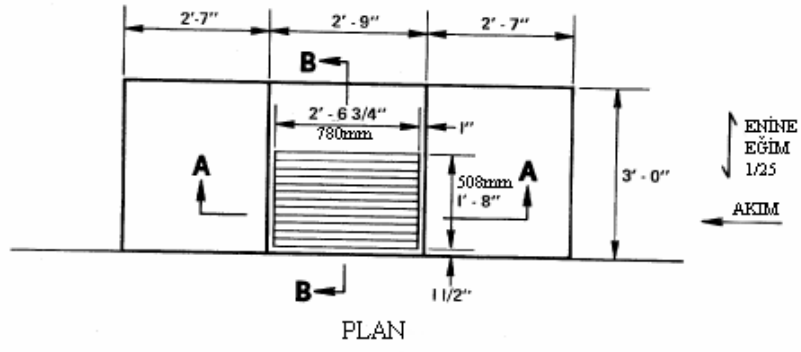
Şekil D.11 : Izgaralı Girişlerde  $R_f$  Katsayısı



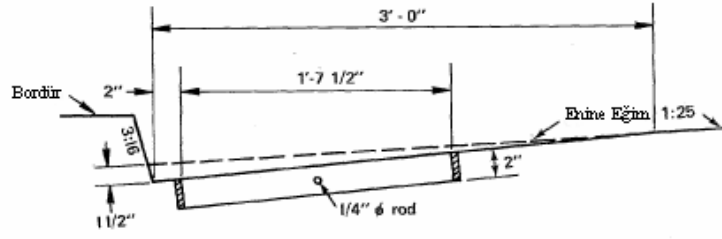
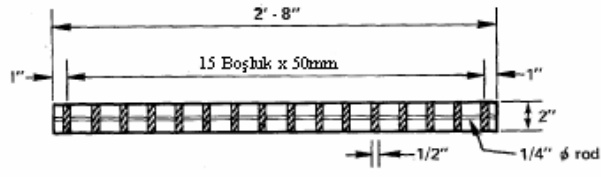
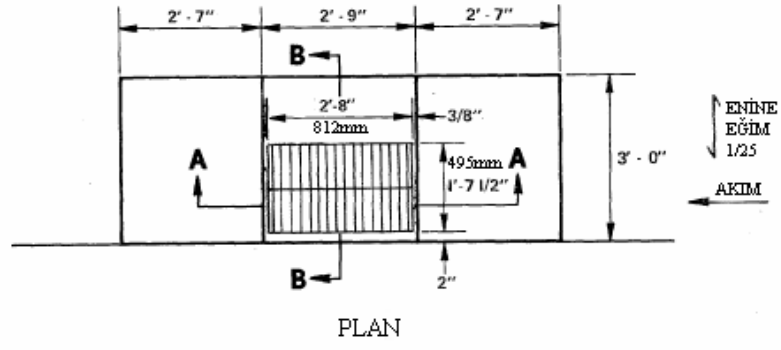
Şekil D.12 : Izgaralı Girişlerde  $R_s$  Katsayısı



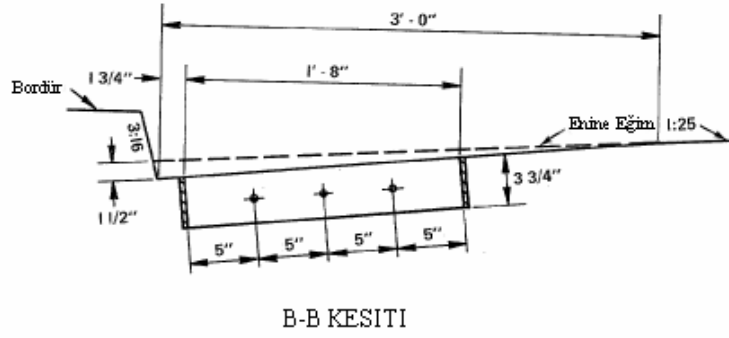
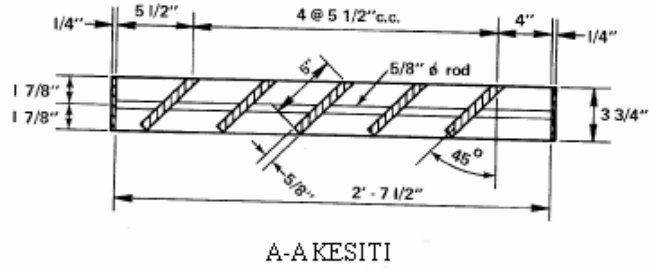
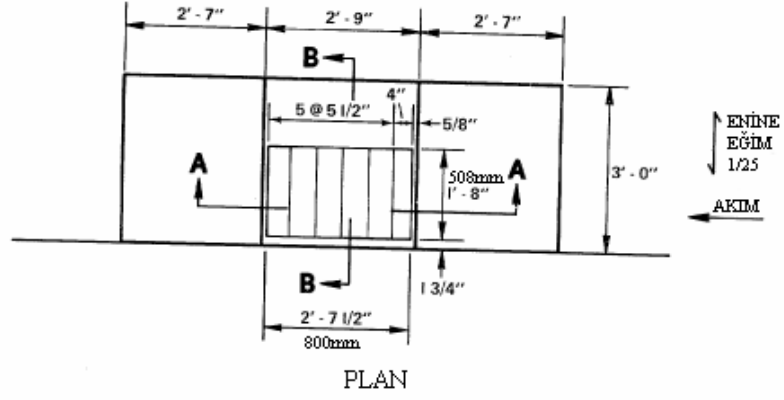
Şekil D.13 : Çukur Yerlerde Izgaralı Girişlerin Verimi



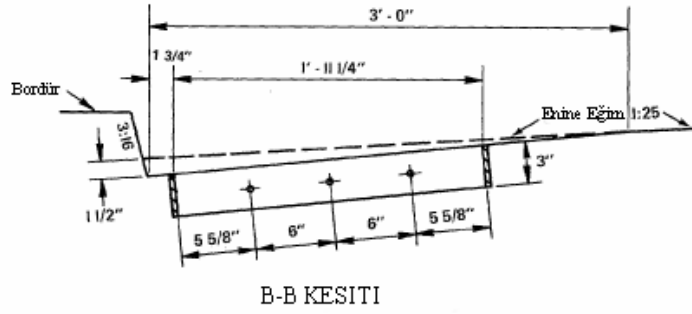
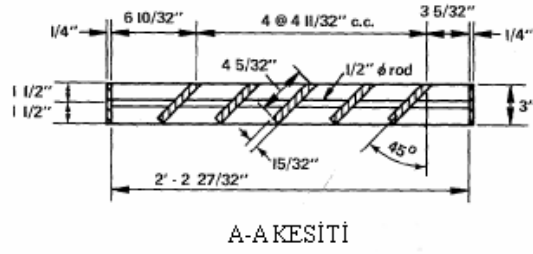
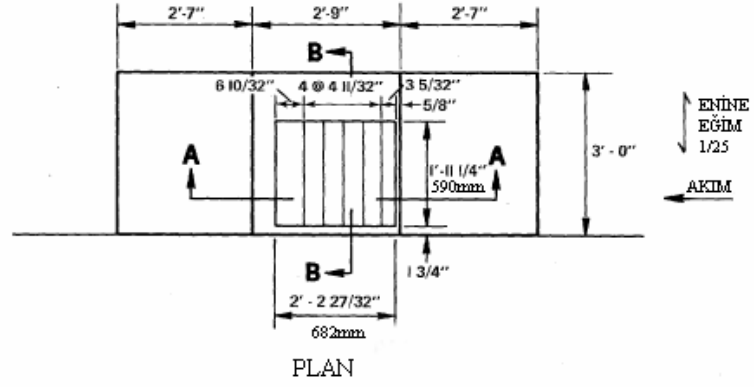
Şekil E.1 : ORE-L Izgarası



Şekil E.2 : ORE-T Izgarası

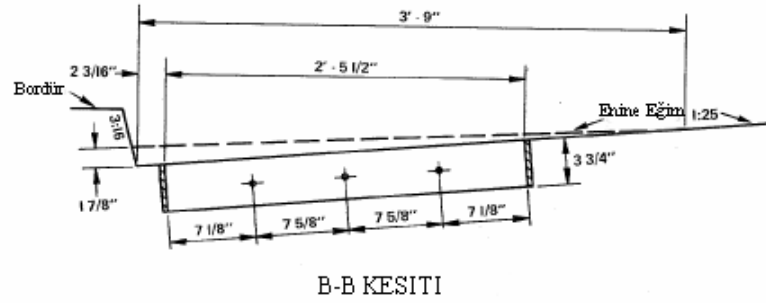
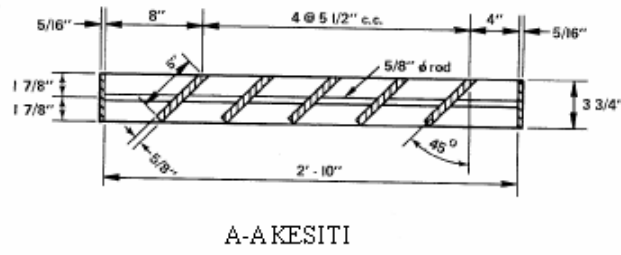
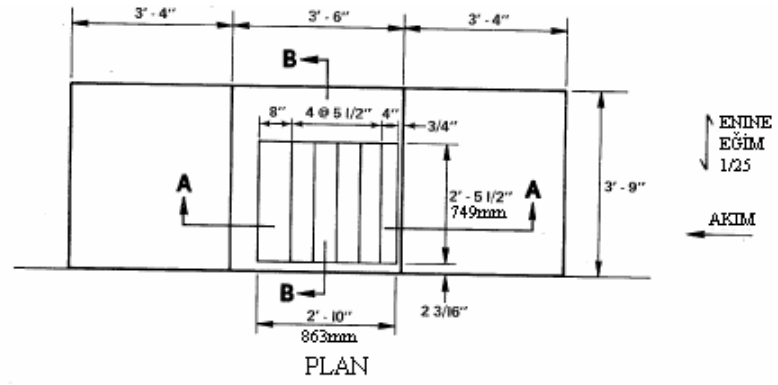


Şekil E.3 : TB45-1 Izgarası

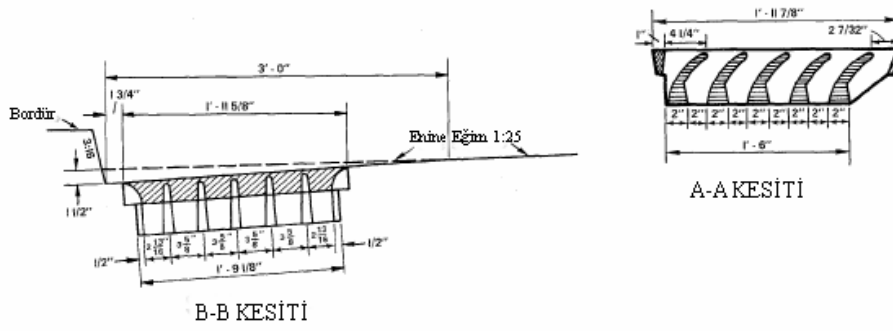
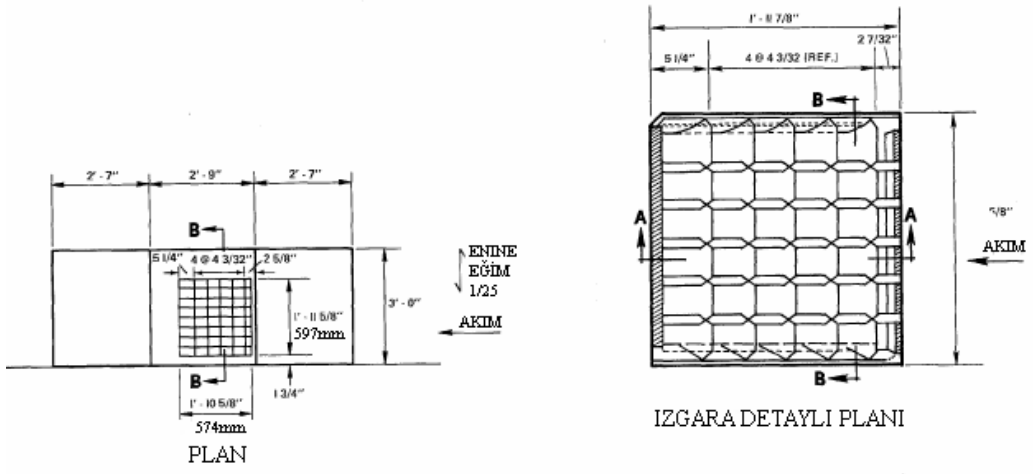


Şekil E.4 : TB45-3 Izgarası

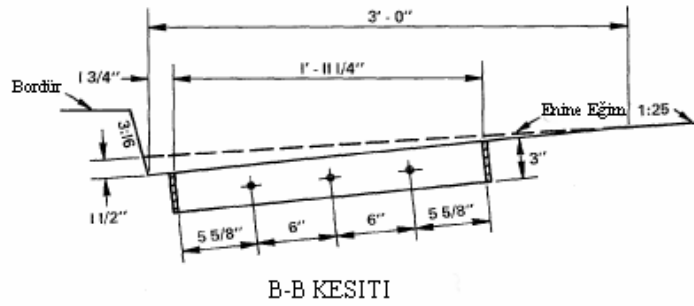
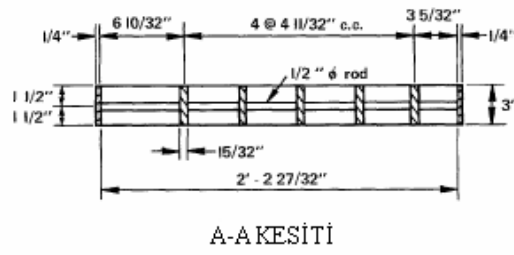
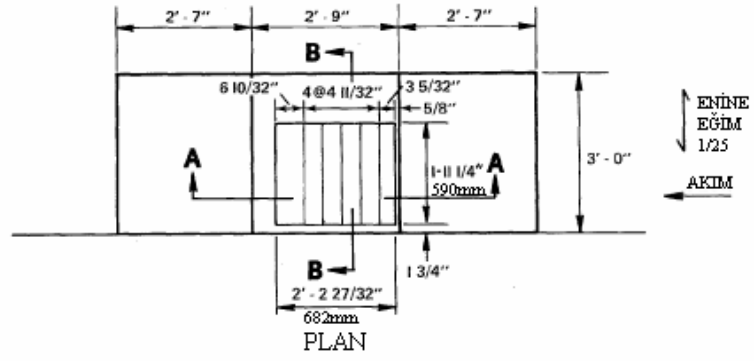




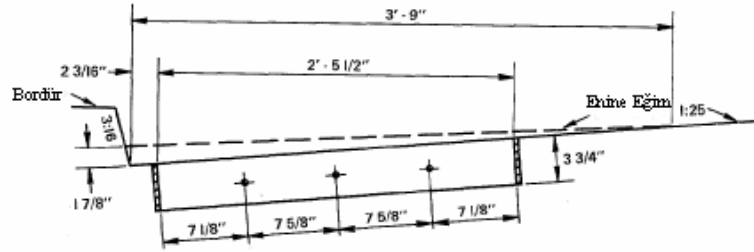
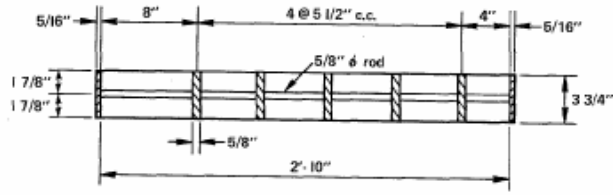
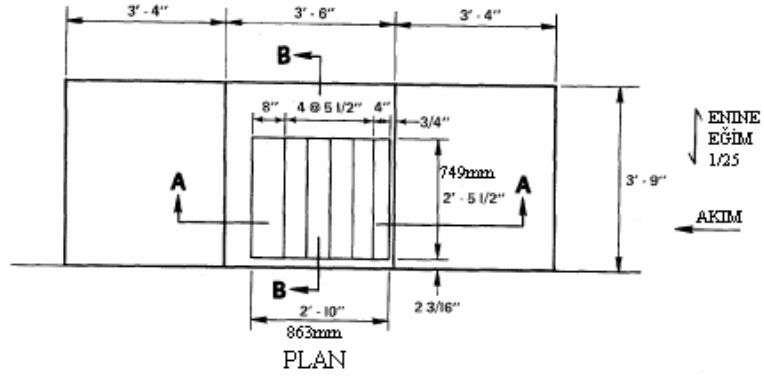
Şekil E.5 : TB45-5 Izgarası



Şekil E.6 : MASS Izgarası



Şekil E.7 : TBV-3 Izgarası



Şekil E.8 : TBV-5 Izgarası

**Tablo E.1:** ORE-L Izgarası İçin Deney Verileri

ORE-L TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Tutulan Debi Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayımla W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,063	0,049	0,772	0,257	0,630	1,013
0,5	0,072	0,054	0,745	0,247	0,648	1,020
0,5	0,084	0,059	0,703	0,231	0,678	1,032
0,5	0,095	0,063	0,667	0,219	0,701	1,041
0,5	0,108	0,068	0,629	0,208	0,727	1,050
0,5	0,120	0,073	0,603	0,204	0,735	1,053
1,0	0,021	0,021	0,991	0,501	0,572	1,282
1,0	0,030	0,028	0,961	0,425	0,639	1,318
1,0	0,045	0,041	0,896	0,347	0,730	1,363
1,0	0,064	0,053	0,827	0,307	0,792	1,391
1,0	0,082	0,062	0,760	0,280	0,843	1,413
1,0	0,107	0,073	0,688	0,248	0,914	1,442
2,8	0,021	0,020	0,965	0,529	0,923	2,126
2,8	0,029	0,028	0,954	0,463	1,009	2,174
2,8	0,044	0,040	0,904	0,372	1,166	2,255
2,8	0,063	0,051	0,813	0,324	1,281	2,308
2,8	0,079	0,060	0,758	0,300	1,346	2,337
2,8	0,101	0,071	0,700	0,272	1,438	2,376
5,4	0,021	0,020	0,946	0,529	1,281	2,953
5,4	0,030	0,027	0,893	0,402	1,540	3,092
5,4	0,043	0,039	0,896	0,411	1,515	3,079
5,4	0,060	0,050	0,839	0,364	1,643	3,143
5,4	0,075	0,060	0,798	0,342	1,715	3,176
5,4	0,095	0,069	0,724	0,310	1,830	3,228
7,5	0,021	0,019	0,910	0,647	1,320	3,365
7,5	0,029	0,025	0,878	0,469	1,635	3,550
7,5	0,042	0,037	0,871	0,457	1,666	3,567
7,5	0,059	0,050	0,845	0,392	1,844	3,658
7,5	0,073	0,059	0,807	0,360	1,951	3,710
7,5	0,092	0,069	0,753	0,337	2,041	3,753

**Tablo E.2:** ORE-T Izgarası İçin Deneysel Verileri

ORE-T TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Tutulan Debi Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,037	0,029	0,774	0,247	0,637	1,016
0,5	0,049	0,040	0,812	0,279	0,587	0,996
0,5	0,063	0,047	0,739	0,251	0,630	1,013
0,5	0,072	0,050	0,700	0,242	0,647	1,020
0,5	0,096	0,058	0,602	0,211	0,708	1,043
0,5	0,121	0,066	0,545	0,199	0,736	1,053
1,0	0,014	0,014	0,971	0,496	0,566	1,279
1,0	0,021	0,019	0,921	0,508	0,557	1,274
1,0	0,030	0,025	0,861	0,414	0,639	1,318
1,0	0,046	0,036	0,795	0,337	0,733	1,364
1,0	0,064	0,046	0,720	0,301	0,790	1,390
1,0	0,109	0,061	0,558	0,234	0,935	1,450
2,8	0,008	0,007	0,946	0,747	0,721	1,999
2,8	0,021	0,018	0,863	0,512	0,928	2,129
2,8	0,029	0,024	0,830	0,451	1,009	2,174
2,8	0,044	0,034	0,776	0,367	1,157	2,250
2,8	0,063	0,043	0,683	0,315	1,281	2,308
2,8	0,102	0,055	0,538	0,263	1,445	2,379
5,4	0,008	0,006	0,841	0,855	0,915	2,714
5,4	0,021	0,016	0,778	0,492	1,322	2,976
5,4	0,030	0,022	0,719	0,391	1,540	3,092
5,4	0,043	0,030	0,702	0,409	1,496	3,070
5,4	0,060	0,037	0,607	0,353	1,649	3,145
5,4	0,095	0,047	0,496	0,304	1,824	3,226
7,5	0,008	0,006	0,826	0,903	1,040	3,170
7,5	0,021	0,015	0,700	0,613	1,346	3,381
7,5	0,029	0,019	0,669	0,451	1,651	3,559
7,5	0,042	0,025	0,603	0,448	1,658	3,563
7,5	0,059	0,033	0,558	0,376	1,866	3,669
7,5	0,093	0,044	0,472	0,320	2,075	3,768

**Tablo E.3:** TB45-1 Izgarası İçin Deneysel Verileri

TB45-1 TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim (%)	Toplam Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Tutulan Debi Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,063	0,050	0,784	0,258	0,629	1,013
0,5	0,072	0,055	0,756	0,246	0,650	1,021
0,5	0,084	0,060	0,716	0,230	0,680	1,033
0,5	0,095	0,065	0,681	0,218	0,705	1,042
0,5	0,108	0,070	0,653	0,210	0,723	1,049
0,5	0,120	0,076	0,636	0,204	0,735	1,053
1,0	0,056	0,050	0,881	0,324	0,765	1,379
1,0	0,064	0,055	0,853	0,307	0,792	1,391
1,0	0,073	0,060	0,823	0,292	0,819	1,403
1,0	0,082	0,065	0,789	0,277	0,850	1,416
1,0	0,096	0,071	0,739	0,257	0,892	1,433
1,0	0,109	0,076	0,701	0,240	0,935	1,450
2,8	0,055	0,049	0,889	0,344	1,230	2,285
2,8	0,063	0,054	0,855	0,325	1,276	2,306
2,8	0,071	0,058	0,824	0,313	1,309	2,321
2,8	0,079	0,063	0,794	0,300	1,346	2,337
2,8	0,090	0,068	0,755	0,287	1,386	2,354
2,8	0,101	0,073	0,716	0,272	1,438	2,376
5,4	0,030	0,028	0,931	0,406	1,528	3,086
5,4	0,043	0,039	0,919	0,419	1,496	3,070
5,4	0,059	0,050	0,855	0,366	1,637	3,140
5,4	0,075	0,060	0,804	0,342	1,715	3,176
5,4	0,084	0,065	0,771	0,328	1,761	3,197
5,4	0,095	0,070	0,735	0,310	1,830	3,228
7,5	0,021	0,020	0,956	0,617	1,363	3,392
7,5	0,042	0,036	0,858	0,447	1,689	3,579
7,5	0,058	0,049	0,835	0,404	1,808	3,640
7,5	0,073	0,058	0,794	0,362	1,944	3,707
7,5	0,082	0,063	0,764	0,349	1,993	3,730
7,5	0,092	0,067	0,729	0,332	2,062	3,762

**Tablo E.4:** TB45-3 Izgarası İçin Deneysel Verileri

TB45-3 TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Tutulan Debi Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,063	0,050	0,786	0,300	0,629	1,013
0,5	0,072	0,055	0,761	0,287	0,648	1,020
0,5	0,083	0,060	0,724	0,269	0,677	1,031
0,5	0,094	0,066	0,696	0,257	0,698	1,040
0,5	0,107	0,072	0,668	0,245	0,720	1,047
0,5	0,120	0,078	0,649	0,238	0,735	1,053
1,0	0,037	0,035	0,928	0,435	0,694	1,346
1,0	0,056	0,049	0,873	0,376	0,765	1,379
1,0	0,064	0,054	0,848	0,359	0,790	1,390
1,0	0,082	0,065	0,793	0,327	0,840	1,412
1,0	0,094	0,071	0,750	0,304	0,882	1,429
1,0	0,107	0,077	0,714	0,285	0,921	1,445
2,8	0,029	0,028	0,965	0,531	1,018	2,179
2,8	0,037	0,034	0,932	0,459	1,122	2,233
2,8	0,045	0,040	0,907	0,426	1,179	2,261
2,8	0,055	0,048	0,868	0,397	1,235	2,287
2,8	0,063	0,052	0,828	0,373	1,289	2,312
2,8	0,079	0,061	0,772	0,347	1,350	2,339
2,8	0,102	0,073	0,715	0,314	1,445	2,379
5,4	0,030	0,027	0,887	0,464	1,546	3,095
5,4	0,043	0,037	0,864	0,481	1,509	3,076
5,4	0,053	0,044	0,831	0,448	1,583	3,113
5,4	0,060	0,049	0,810	0,426	1,637	3,140
5,4	0,075	0,058	0,768	0,389	1,738	3,187
5,4	0,095	0,067	0,711	0,360	1,830	3,228
7,5	0,029	0,024	0,836	0,553	1,620	3,542
7,5	0,035	0,029	0,827	0,557	1,612	3,538
7,5	0,042	0,034	0,798	0,520	1,689	3,579
7,5	0,058	0,045	0,771	0,470	1,808	3,640
7,5	0,073	0,054	0,735	0,421	1,944	3,707
7,5	0,092	0,062	0,678	0,386	2,062	3,762
13,0	0,014	0,011	0,796	0,842	1,612	4,348
13,0	0,029	0,020	0,712	0,711	1,805	4,473
13,0	0,042	0,029	0,707	0,578	2,072	4,629
13,0	0,056	0,039	0,700	0,538	2,173	4,685
13,0	0,070	0,047	0,674	0,478	2,351	4,778
13,0	0,088	0,056	0,638	0,433	2,513	4,858



**Tablo E.5: TB45-5 Izgarası İçin Deneysel Verileri**

TB45-5 TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim (%)	Toplam Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Tutulan Debi Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,115	0,078	0,681	0,300	0,738	1,054
0,5	0,131	0,085	0,645	0,287	0,759	1,061
0,5	0,152	0,090	0,597	0,269	0,794	1,073
0,5	0,172	0,096	0,557	0,256	0,820	1,082
0,5	0,195	0,101	0,516	0,245	0,844	1,090
0,5	0,219	0,106	0,484	0,237	0,862	1,096
1,0	0,068	0,058	0,854	0,435	0,814	1,401
1,0	0,103	0,079	0,769	0,377	0,896	1,435
1,0	0,117	0,086	0,733	0,359	0,926	1,446
1,0	0,149	0,098	0,656	0,327	0,985	1,469
1,0	0,171	0,103	0,601	0,303	1,035	1,487
1,0	0,195	0,108	0,552	0,285	1,079	1,503
2,8	0,053	0,048	0,905	0,531	1,192	2,267
2,8	0,067	0,057	0,859	0,459	1,314	2,323
2,8	0,081	0,067	0,820	0,426	1,382	2,353
2,8	0,100	0,077	0,767	0,396	1,449	2,381
2,8	0,115	0,083	0,718	0,372	1,511	2,405
2,8	0,144	0,093	0,643	0,346	1,586	2,435
2,8	0,186	0,104	0,560	0,313	1,696	2,476
5,4	0,055	0,046	0,830	0,464	1,813	3,221
5,4	0,078	0,061	0,785	0,480	1,773	3,203
5,4	0,096	0,071	0,738	0,449	1,852	3,238
5,4	0,109	0,077	0,707	0,424	1,925	3,269
5,4	0,137	0,089	0,645	0,389	2,040	3,317
5,4	0,173	0,098	0,568	0,360	2,146	3,359
7,5	0,053	0,041	0,784	0,552	1,901	3,687
7,5	0,064	0,049	0,764	0,555	1,894	3,683
7,5	0,077	0,056	0,727	0,520	1,979	3,724
7,5	0,106	0,071	0,676	0,468	2,123	3,790
7,5	0,133	0,083	0,621	0,422	2,275	3,856
7,5	0,167	0,091	0,546	0,384	2,423	3,917
13,0	0,026	0,020	0,771	0,848	1,882	4,519
13,0	0,052	0,035	0,668	0,712	2,113	4,652
13,0	0,075	0,049	0,645	0,575	2,437	4,821
13,0	0,103	0,063	0,616	0,537	2,550	4,876
13,0	0,128	0,073	0,574	0,477	2,759	4,973
13,0	0,160	0,083	0,519	0,431	2,952	5,058

**Tablo E.6: MASS Izgarası İçin Deney Verileri**

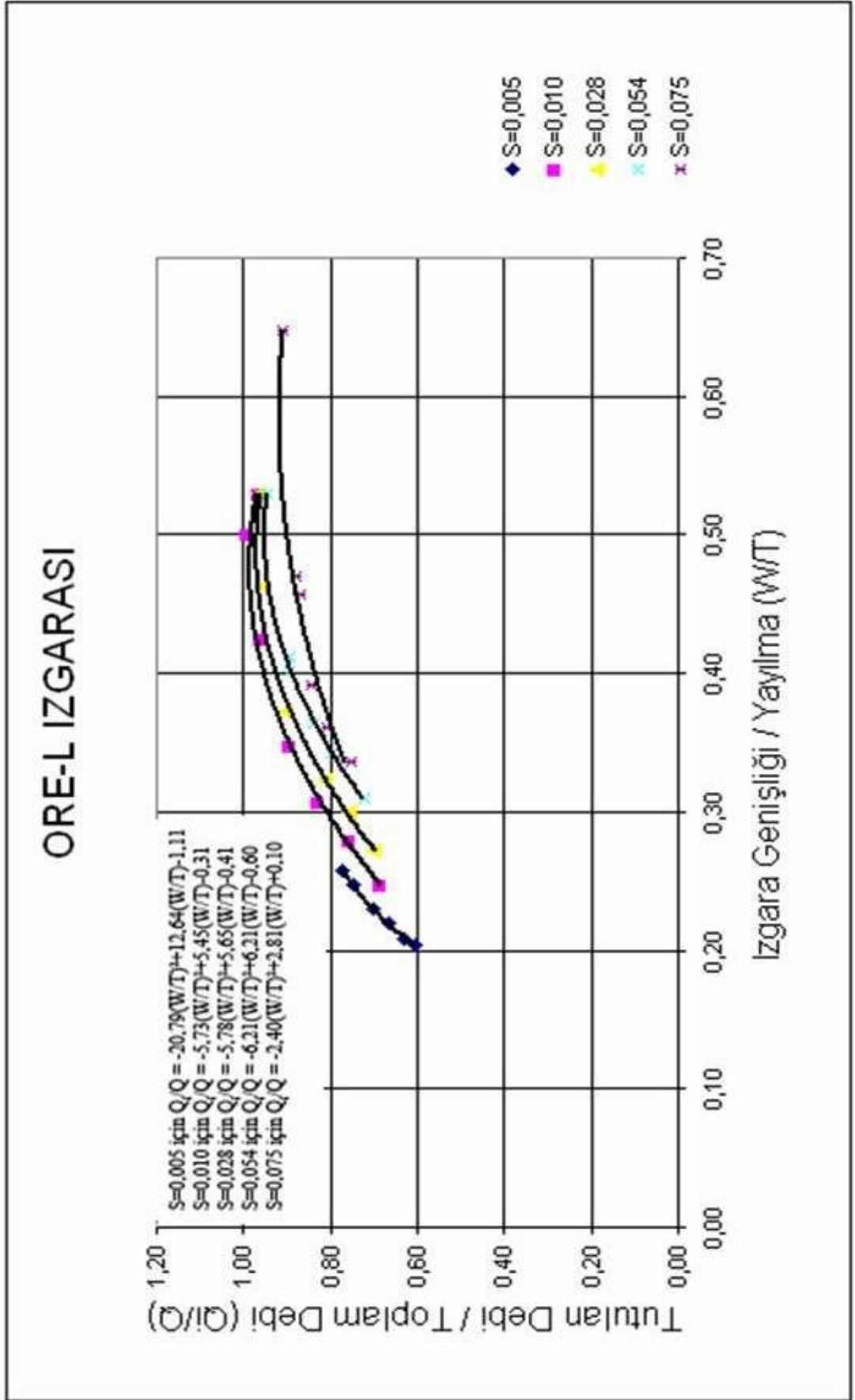
MASS TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m3/s)	Tutulan Debi Qi (m3/s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayımla W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,041	0,035	0,846	0,350	0,572	0,989
0,5	0,049	0,041	0,832	0,338	0,586	0,995
0,5	0,063	0,049	0,786	0,308	0,622	1,010
0,5	0,072	0,054	0,751	0,290	0,648	1,020
0,5	0,083	0,059	0,711	0,273	0,675	1,031
0,5	0,095	0,064	0,678	0,259	0,698	1,040
0,5	0,122	0,076	0,623	0,236	0,744	1,056
1,0	0,037	0,034	0,903	0,448	0,686	1,342
1,0	0,045	0,039	0,861	0,408	0,730	1,363
1,0	0,056	0,046	0,818	0,384	0,760	1,377
1,0	0,064	0,050	0,783	0,364	0,787	1,389
1,0	0,082	0,060	0,733	0,330	0,840	1,412
1,0	0,105	0,072	0,686	0,300	0,896	1,435
2,8	0,029	0,027	0,936	0,544	1,009	2,174
2,8	0,036	0,033	0,907	0,481	1,096	2,220
2,8	0,044	0,039	0,877	0,438	1,166	2,255
2,8	0,063	0,051	0,807	0,384	1,272	2,304
2,8	0,080	0,060	0,753	0,347	1,362	2,344
2,8	0,100	0,071	0,709	0,325	1,422	2,369
5,4	0,014	0,012	0,889	0,760	1,120	2,856
5,4	0,030	0,024	0,797	0,475	1,534	3,089
5,4	0,038	0,029	0,759	0,438	1,619	3,131
5,4	0,046	0,034	0,745	0,412	1,685	3,162
5,4	0,060	0,044	0,733	0,423	1,655	3,148
5,4	0,076	0,050	0,664	0,388	1,755	3,195
5,4	0,095	0,058	0,610	0,364	1,830	3,228
7,5	0,014	0,012	0,833	0,842	1,233	3,309
7,5	0,029	0,021	0,724	0,564	1,612	3,538
7,5	0,042	0,030	0,709	0,526	1,689	3,579
7,5	0,058	0,040	0,686	0,472	1,815	3,644
7,5	0,073	0,047	0,637	0,426	1,944	3,707
7,5	0,091	0,052	0,570	0,398	2,034	3,749
13,0	0,014	0,010	0,678	0,627	1,978	4,576
13,0	0,029	0,018	0,647	0,693	1,849	4,500
13,0	0,042	0,026	0,628	0,576	2,092	4,641
13,0	0,056	0,034	0,607	0,536	2,193	4,696
13,0	0,071	0,041	0,581	0,472	2,389	4,797
13,0	0,089	0,047	0,532	0,428	2,550	4,876

**Tablo E.7: TBV-3 Izgarası İçin Deney Verileri**

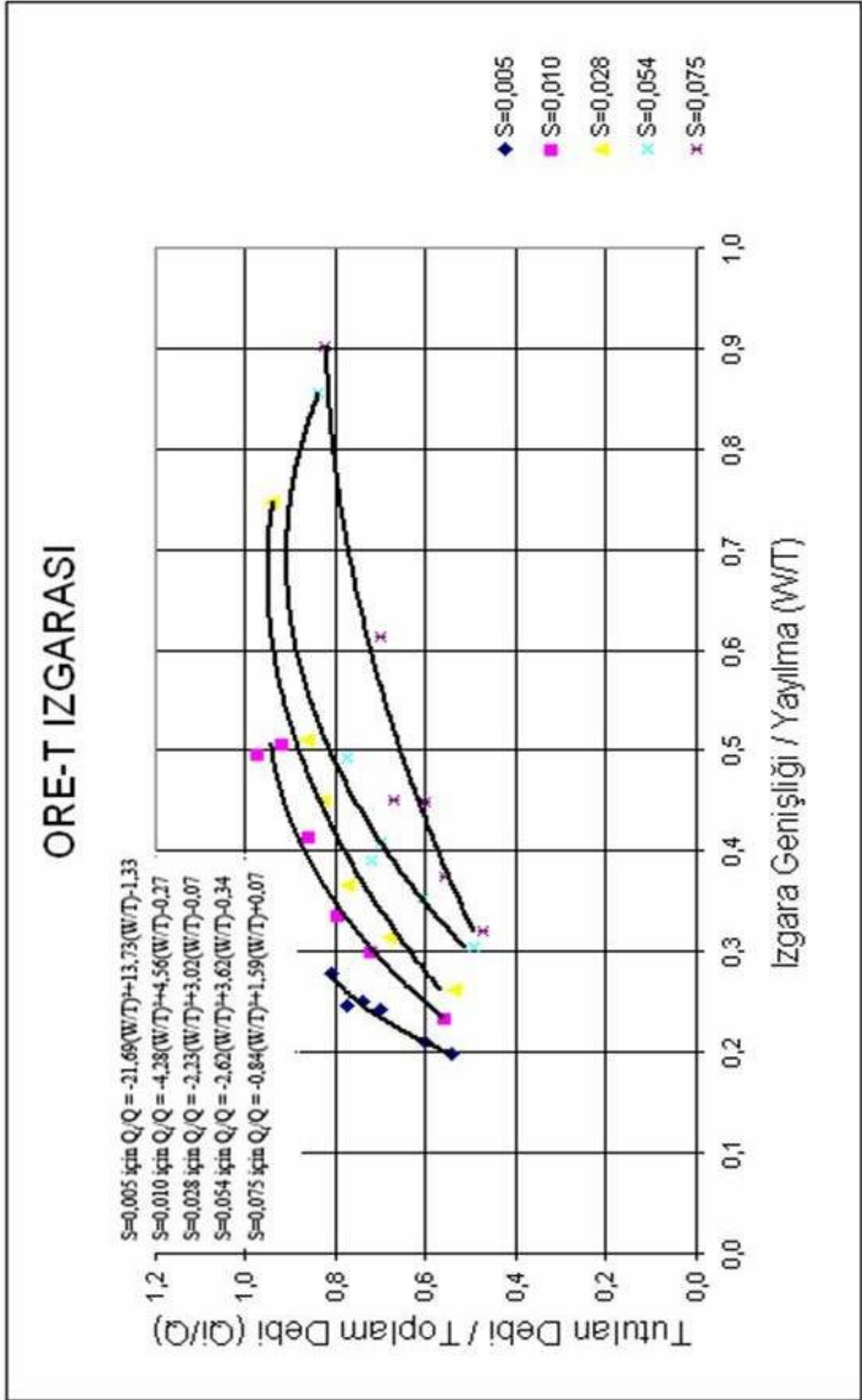
TBV-3 TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m3/s)	Tutulan Debi Qi (m3/s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,049	0,041	0,835	0,335	0,584	0,994
0,5	0,063	0,049	0,779	0,303	0,626	1,011
0,5	0,072	0,054	0,748	0,291	0,642	1,018
0,5	0,094	0,063	0,667	0,257	0,698	1,040
0,5	0,122	0,073	0,599	0,234	0,742	1,056
1,0	0,014	0,014	0,992	0,662	0,525	1,255
1,0	0,030	0,028	0,931	0,490	0,641	1,320
1,0	0,045	0,038	0,837	0,401	0,733	1,364
1,0	0,065	0,049	0,766	0,359	0,790	1,390
1,0	0,082	0,057	0,696	0,324	0,845	1,414
1,0	0,106	0,066	0,622	0,290	0,910	1,440
2,8	0,014	0,013	0,939	0,698	0,848	2,082
2,8	0,029	0,025	0,877	0,538	1,009	2,174
2,8	0,044	0,035	0,801	0,435	1,162	2,253
2,8	0,063	0,045	0,724	0,380	1,272	2,304
2,8	0,080	0,053	0,659	0,344	1,358	2,342
2,8	0,101	0,060	0,595	0,320	1,426	2,371
5,4	0,015	0,013	0,878	0,738	1,135	2,865
5,4	0,030	0,021	0,716	0,475	1,521	3,083
5,4	0,043	0,031	0,730	0,484	1,503	3,073
5,4	0,054	0,036	0,675	0,433	1,619	3,131
5,4	0,061	0,039	0,642	0,414	1,667	3,154
5,4	0,076	0,044	0,573	0,378	1,773	3,203
5,4	0,095	0,050	0,528	0,360	1,830	3,228
7,5	0,021	0,016	0,763	0,711	1,371	3,397
7,5	0,029	0,019	0,658	0,542	1,643	3,554
7,5	0,042	0,025	0,591	0,520	1,689	3,579
7,5	0,058	0,034	0,583	0,464	1,822	3,648
7,5	0,073	0,040	0,548	0,421	1,944	3,707
7,5	0,092	0,045	0,493	0,391	2,041	3,753

**Tablo E.8:** TBV-5 Izgarası İçin Deney Verileri

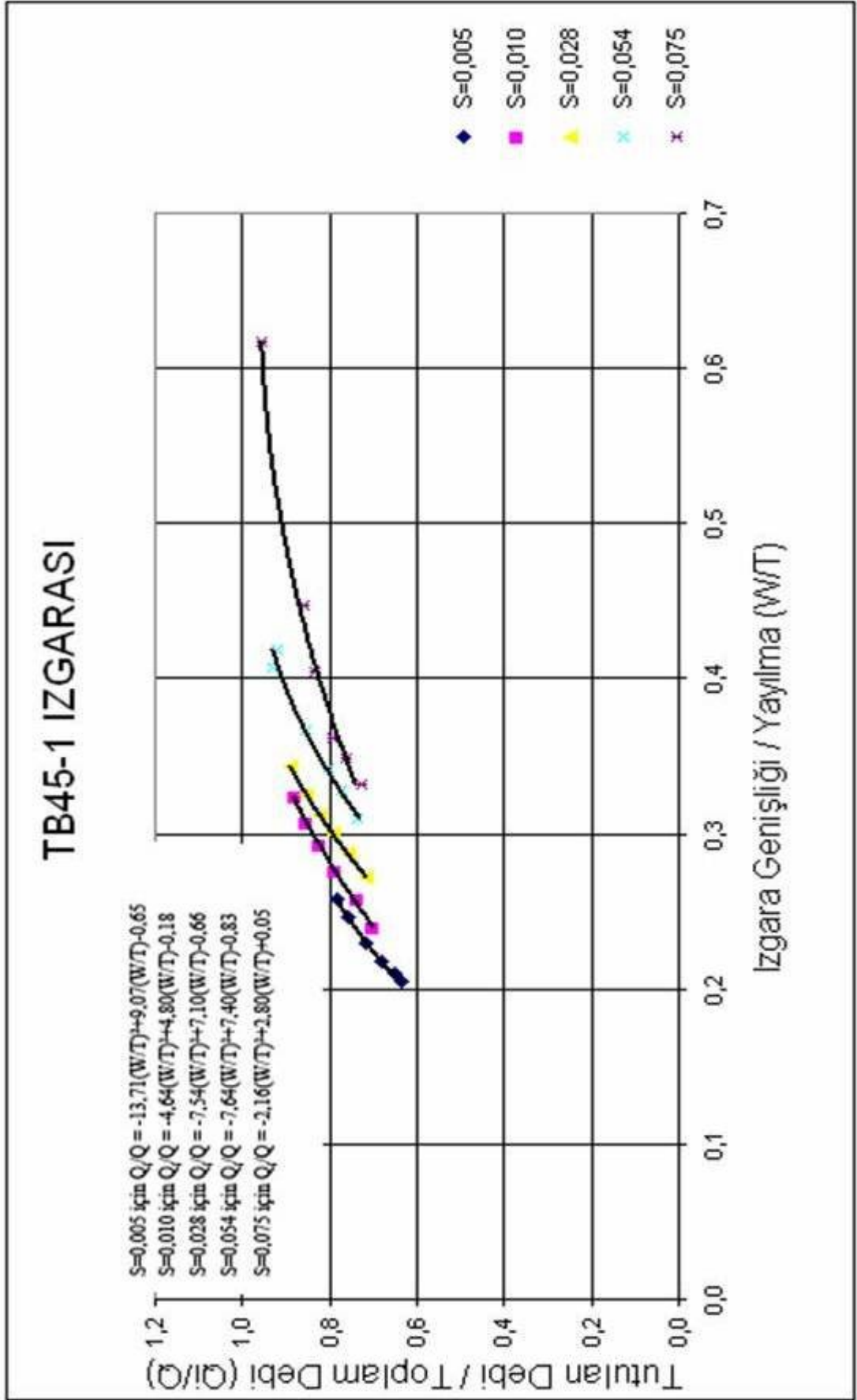
TBV-5 TİPİ IZGARA İÇİN DENEY VERİLERİ						
Boyuna Eğim ( % )	Toplam Debi Q (m3/s)	Tutulan Debi Qi (m3/s)	Qi/Q	Izgara Genişliği/Yayıma W/T	Hız V (m/s)	Froude Sayısı F
0,5	0,090	0,067	0,748	0,336	0,684	1,034
0,5	0,114	0,077	0,676	0,303	0,733	1,052
0,5	0,130	0,083	0,635	0,291	0,753	1,059
0,5	0,171	0,091	0,534	0,257	0,818	1,082
0,5	0,221	0,098	0,445	0,234	0,871	1,099
1,0	0,026	0,025	0,962	0,664	0,614	1,305
1,0	0,054	0,047	0,873	0,492	0,750	1,373
1,0	0,083	0,062	0,756	0,401	0,859	1,420
1,0	0,117	0,078	0,662	0,358	0,928	1,447
1,0	0,149	0,086	0,575	0,324	0,990	1,471
1,0	0,193	0,093	0,483	0,290	1,067	1,499
2,8	0,026	0,024	0,910	0,697	0,995	2,167
2,8	0,053	0,043	0,822	0,537	1,183	2,263
2,8	0,080	0,058	0,725	0,435	1,362	2,344
2,8	0,114	0,072	0,629	0,380	1,492	2,398
2,8	0,145	0,079	0,548	0,344	1,594	2,438
2,8	0,183	0,086	0,468	0,320	1,671	2,467
5,4	0,027	0,023	0,849	0,734	1,335	2,984
5,4	0,054	0,037	0,671	0,475	1,784	3,208
5,4	0,078	0,052	0,664	0,482	1,767	3,200
5,4	0,097	0,058	0,599	0,433	1,897	3,258
5,4	0,110	0,062	0,560	0,415	1,953	3,281
5,4	0,139	0,067	0,480	0,377	2,082	3,334
5,4	0,173	0,073	0,422	0,359	2,151	3,361
7,5	0,038	0,028	0,729	0,712	1,605	3,533
7,5	0,053	0,033	0,617	0,540	1,930	3,700
7,5	0,077	0,041	0,538	0,520	1,979	3,724
7,5	0,106	0,054	0,511	0,464	2,136	3,796
7,5	0,133	0,062	0,463	0,420	2,282	3,859
7,5	0,166	0,066	0,398	0,390	2,397	3,906



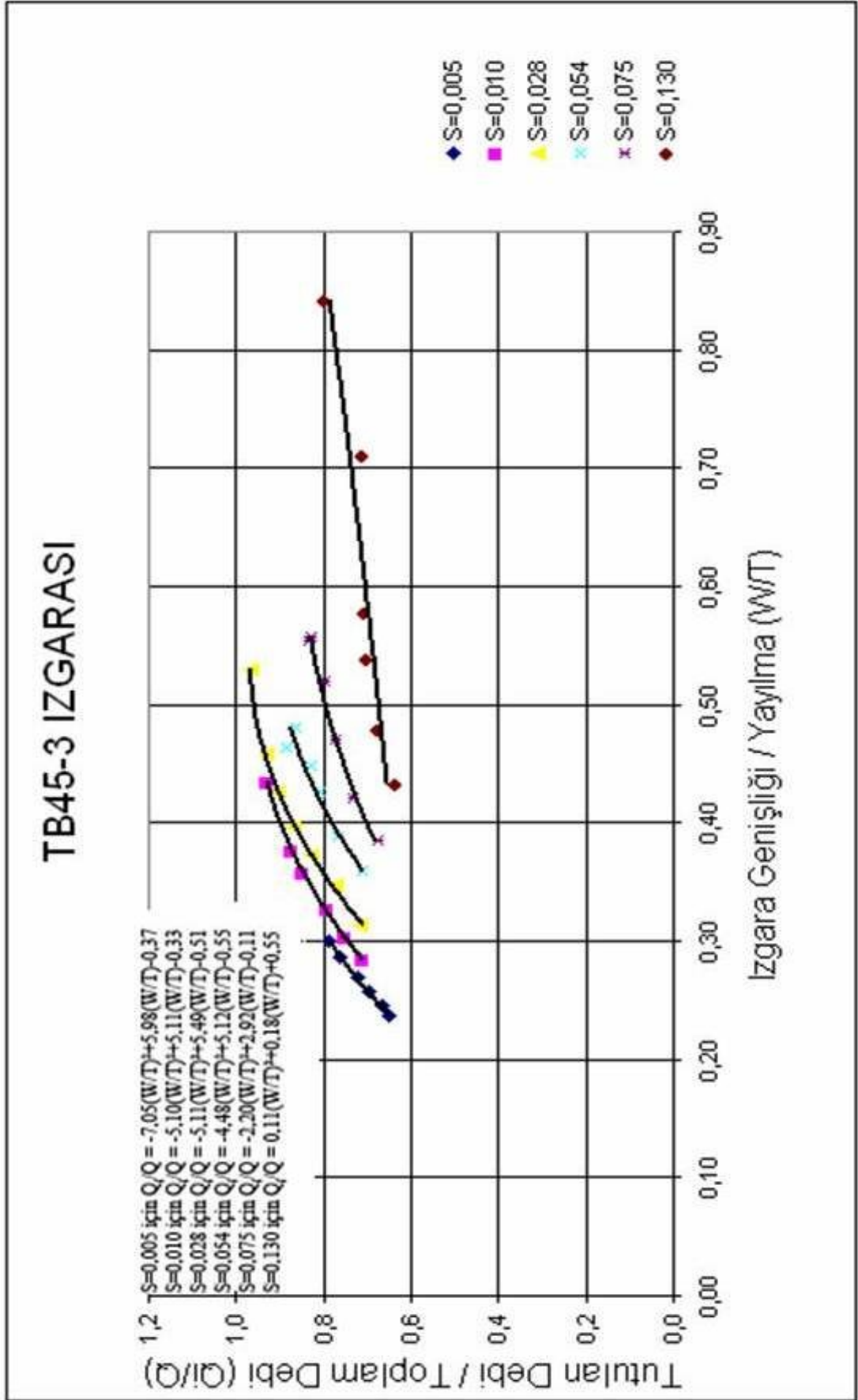
Şekil E.9 : ORE-L Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi



Şekil E.10 : ORE-T Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi

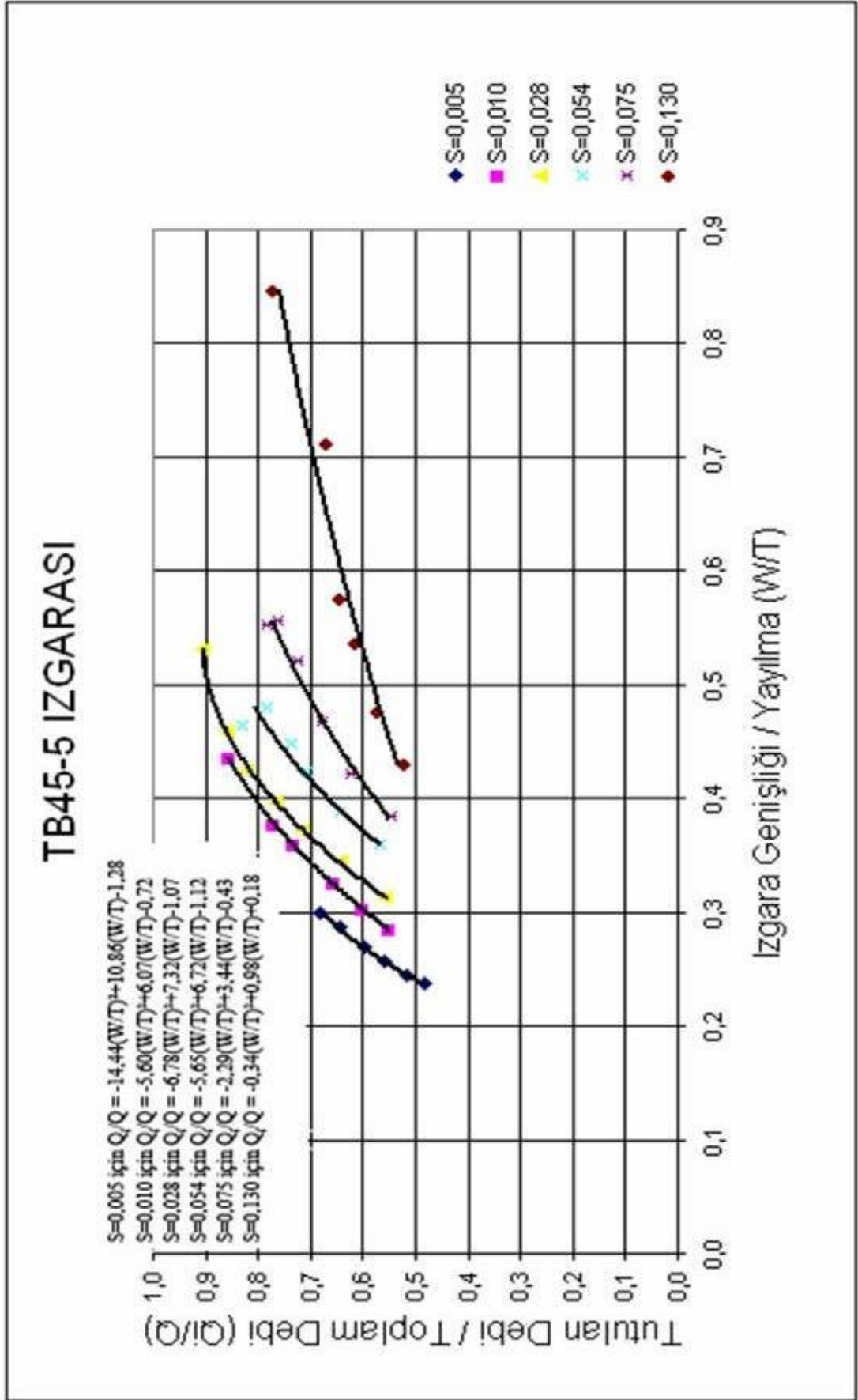


Şekil E.11 : TB45-1 Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi

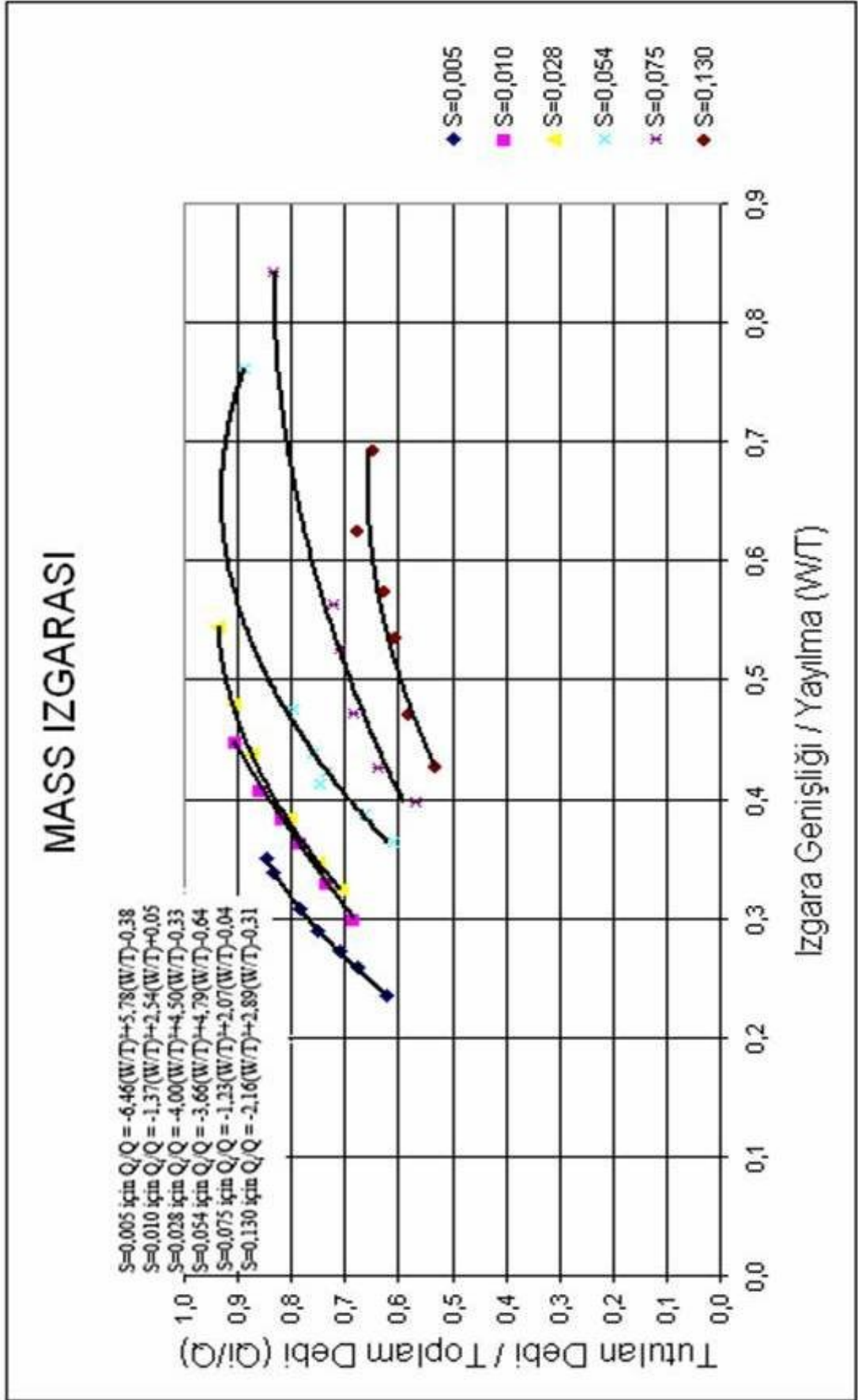


Şekil E.12 : TB45-3 Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi

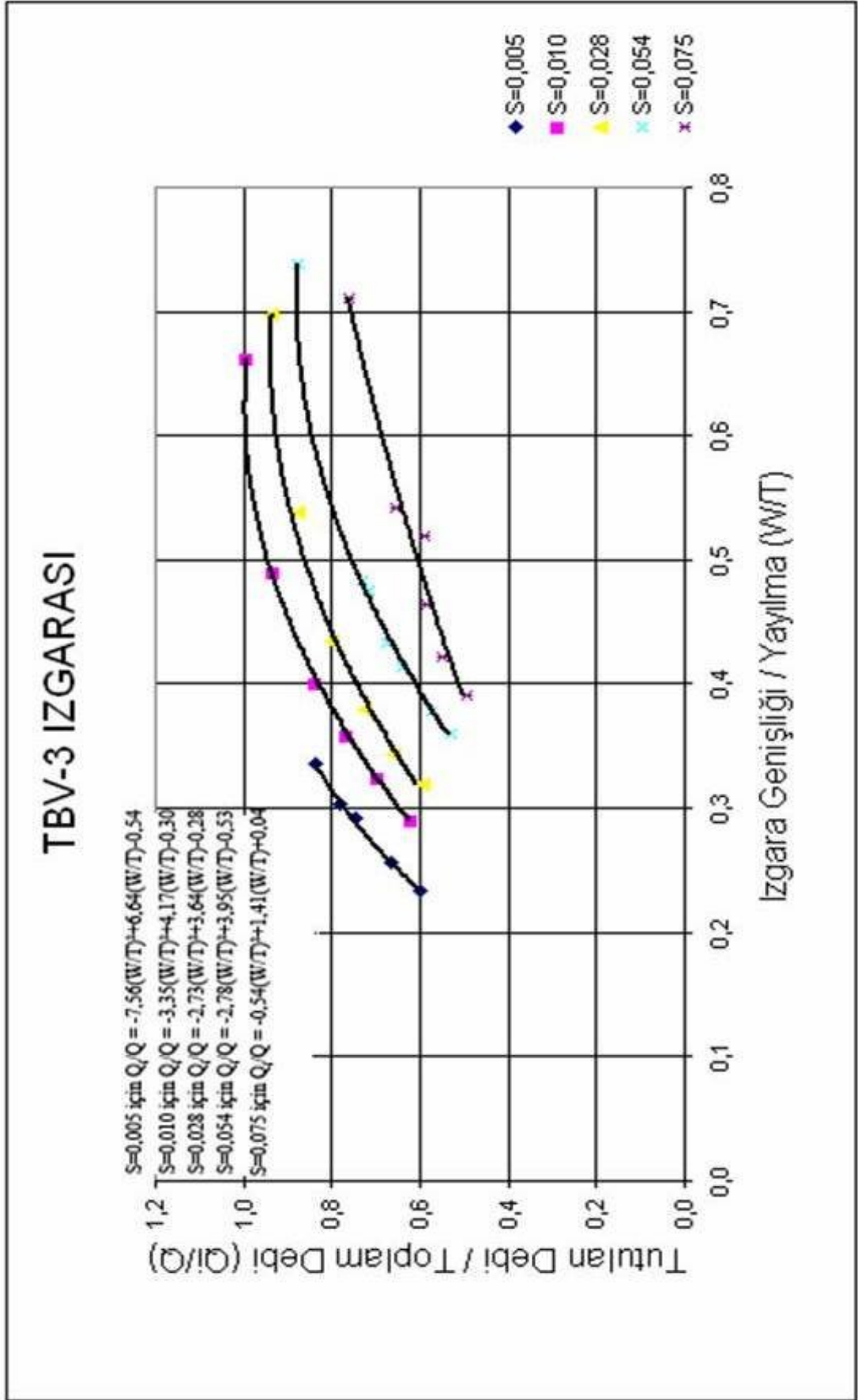




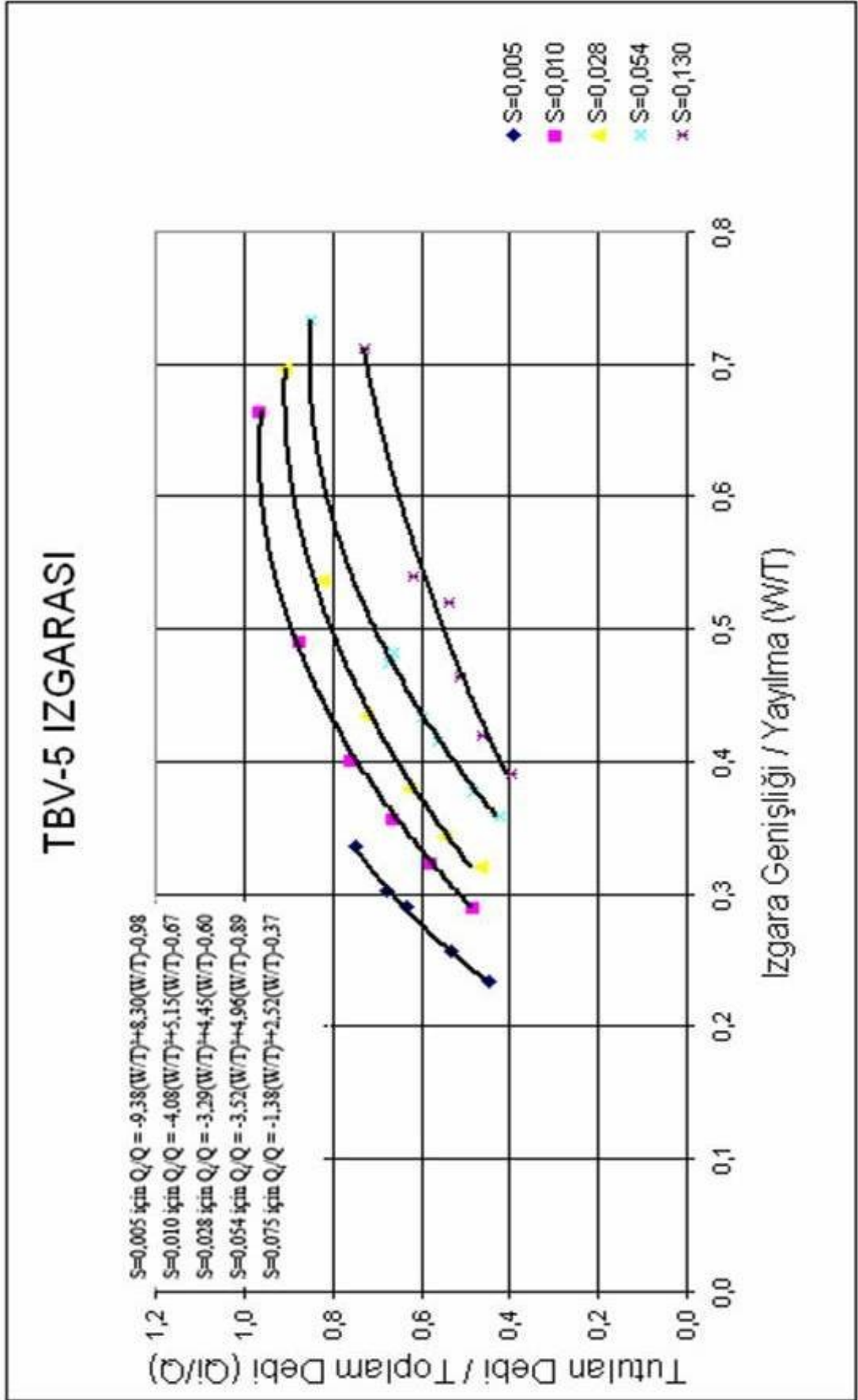
Şekil E.13 : TB45-5 Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi



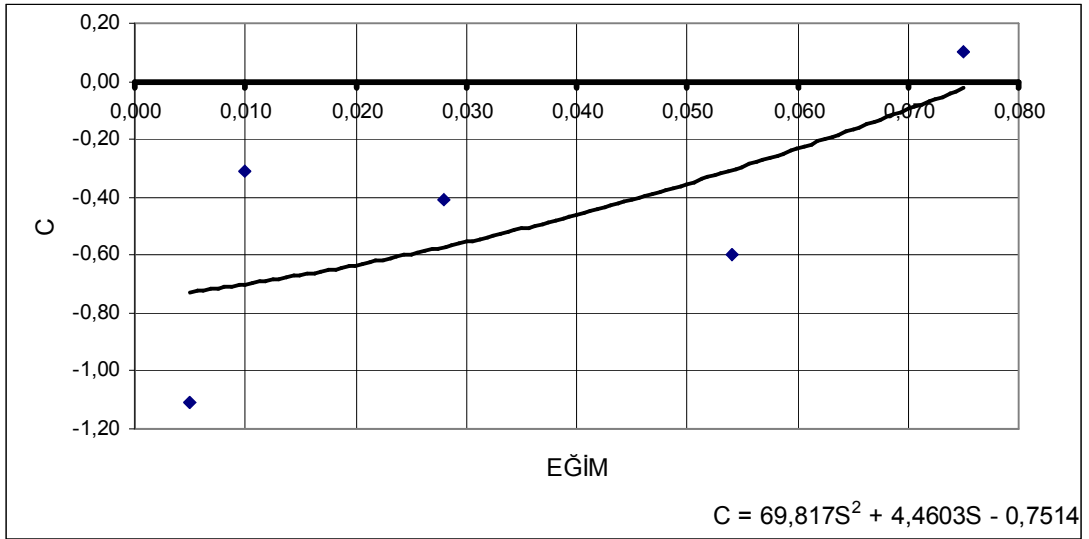
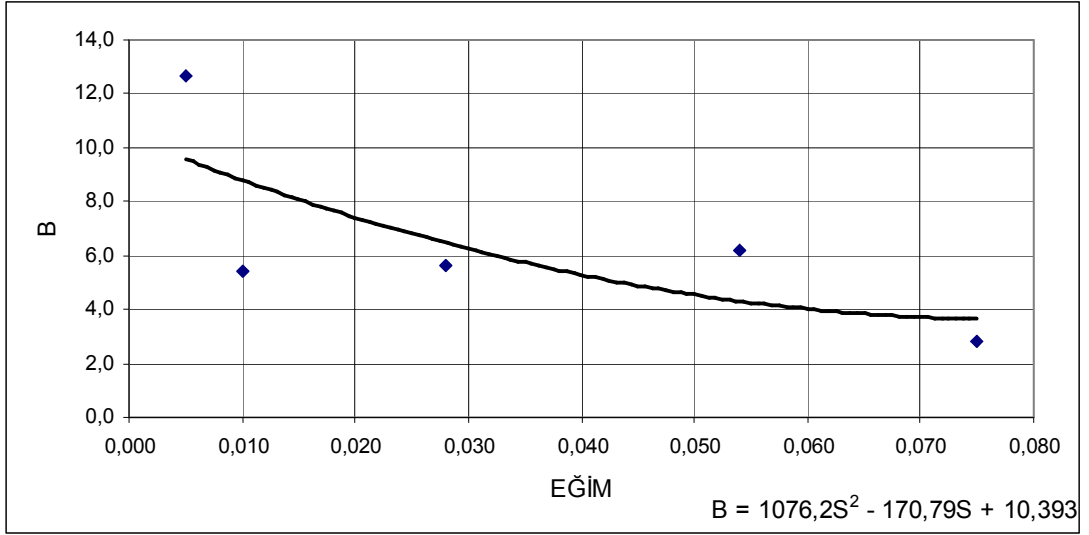
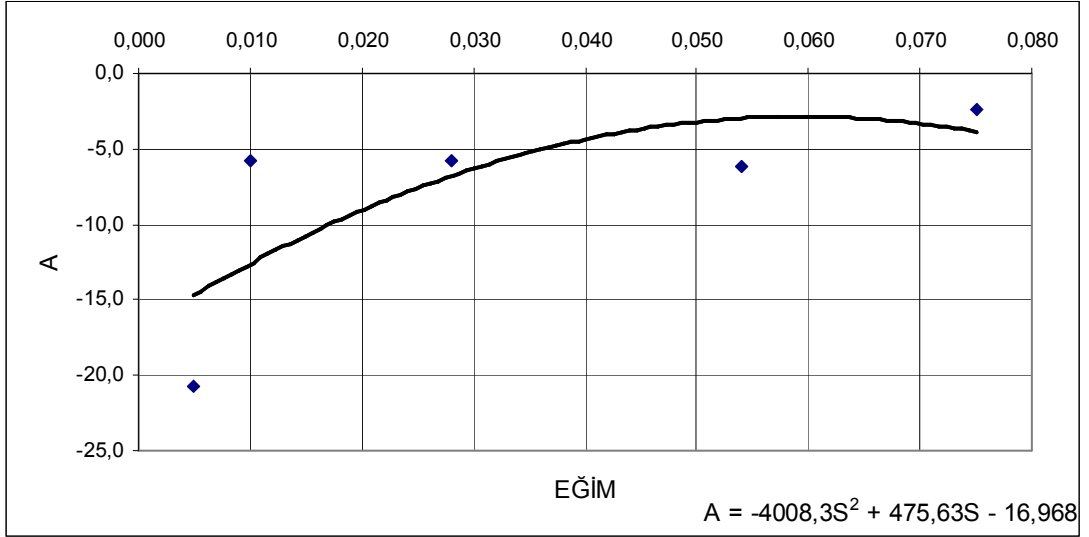
Şekil E.14 : MASS Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi



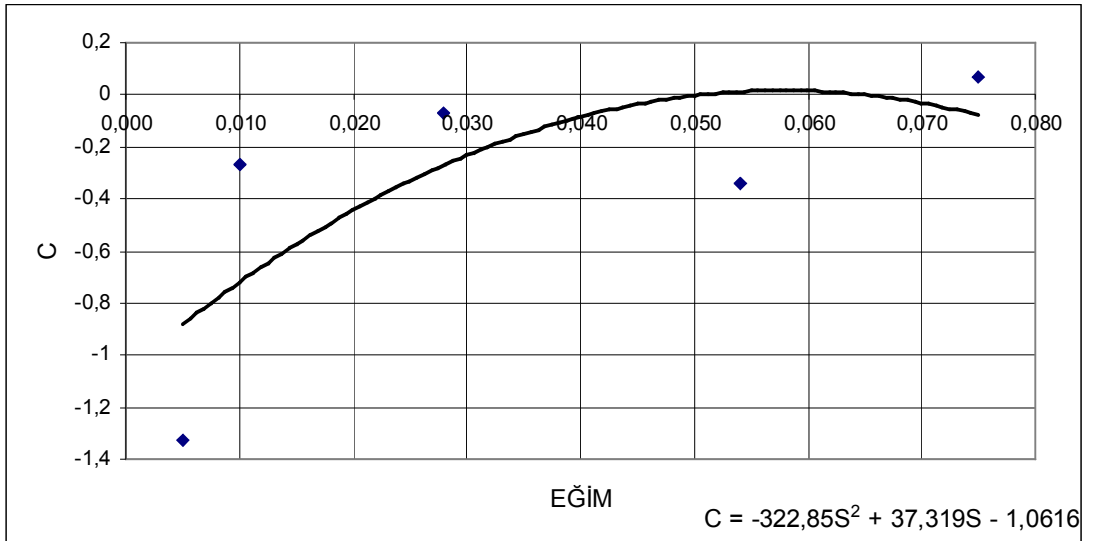
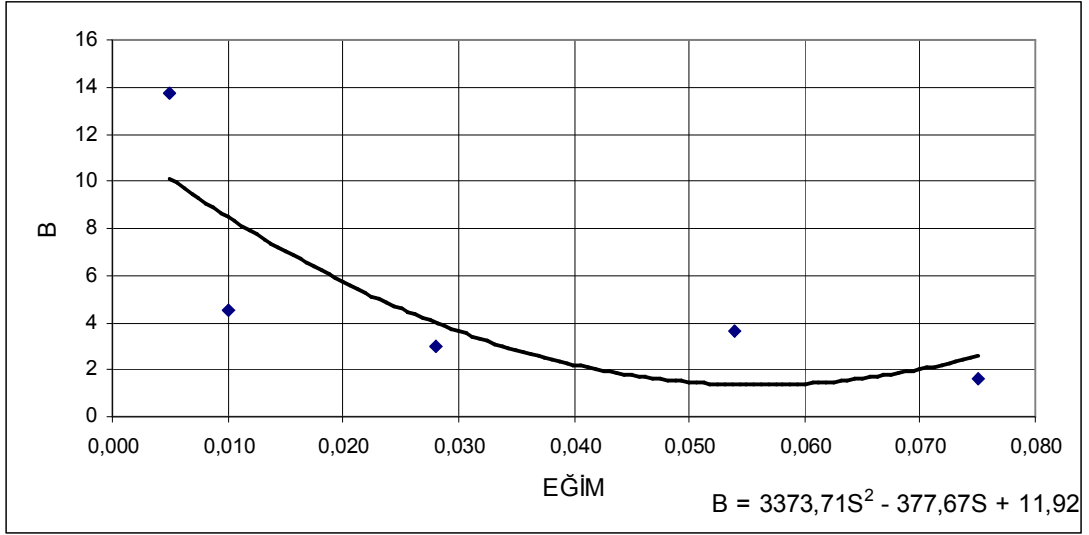
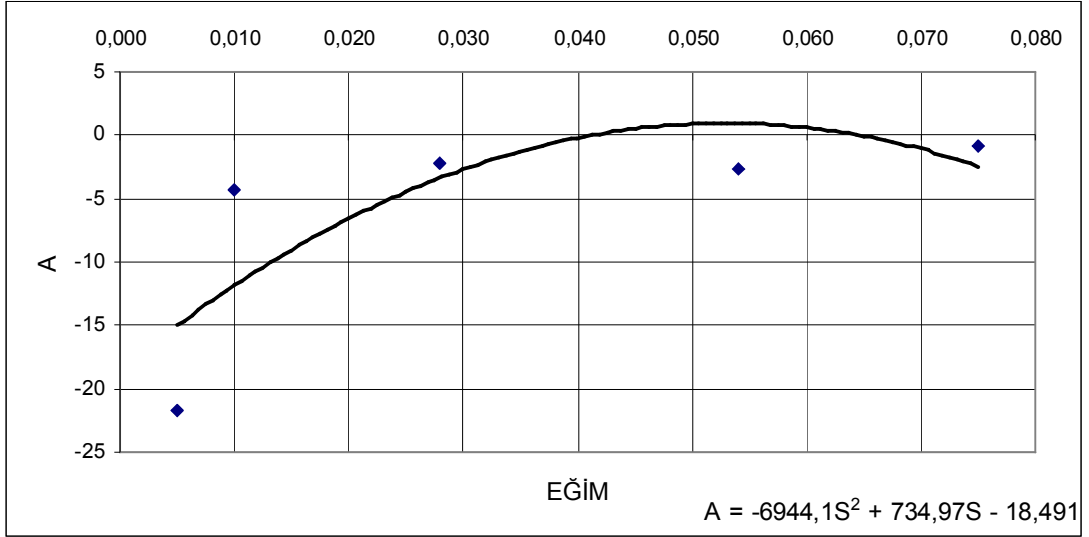
Şekil E.15 : TBV-3 Izgarası İçin  $(Q_i/Q)$  Oranının  $(W/T)$  ile Değişimi



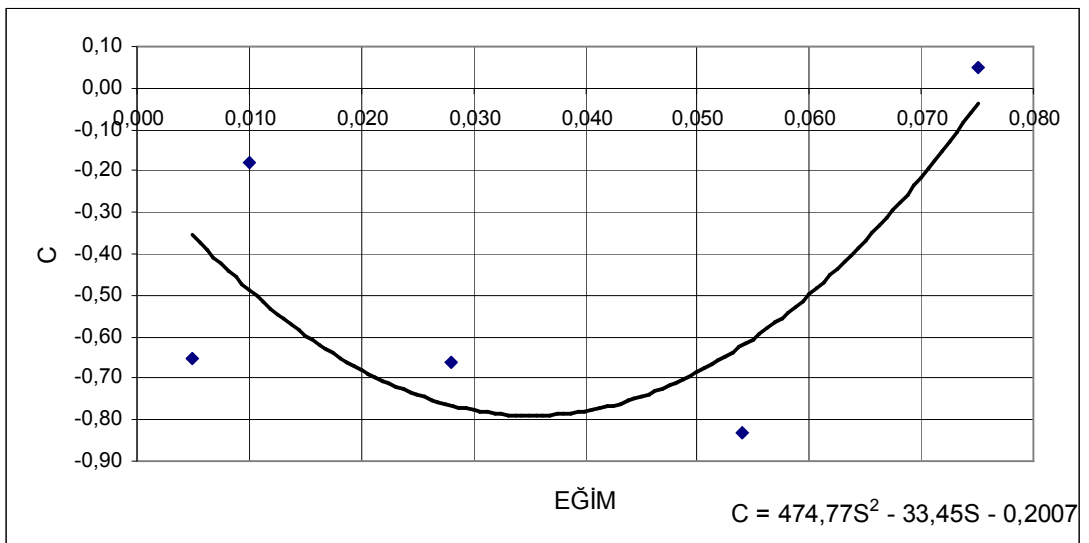
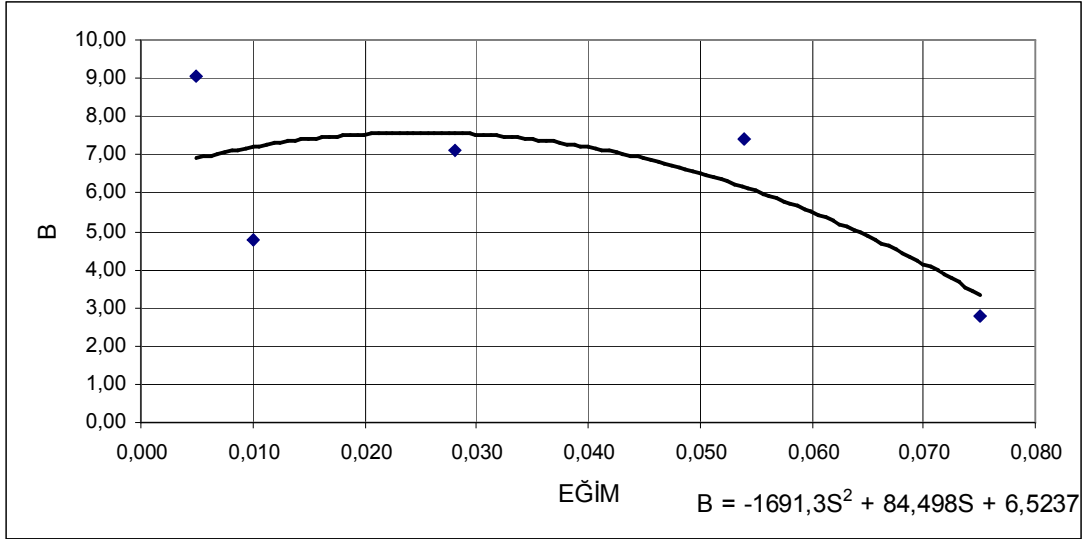
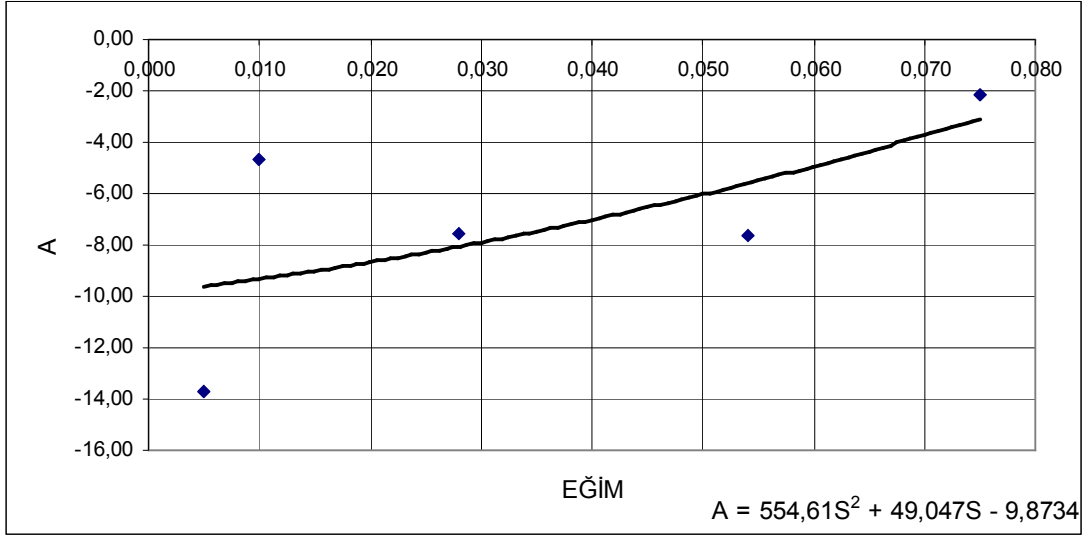
Şekil E.16 : TBV-5 Izgarası İçin ( $Q_i/Q$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi



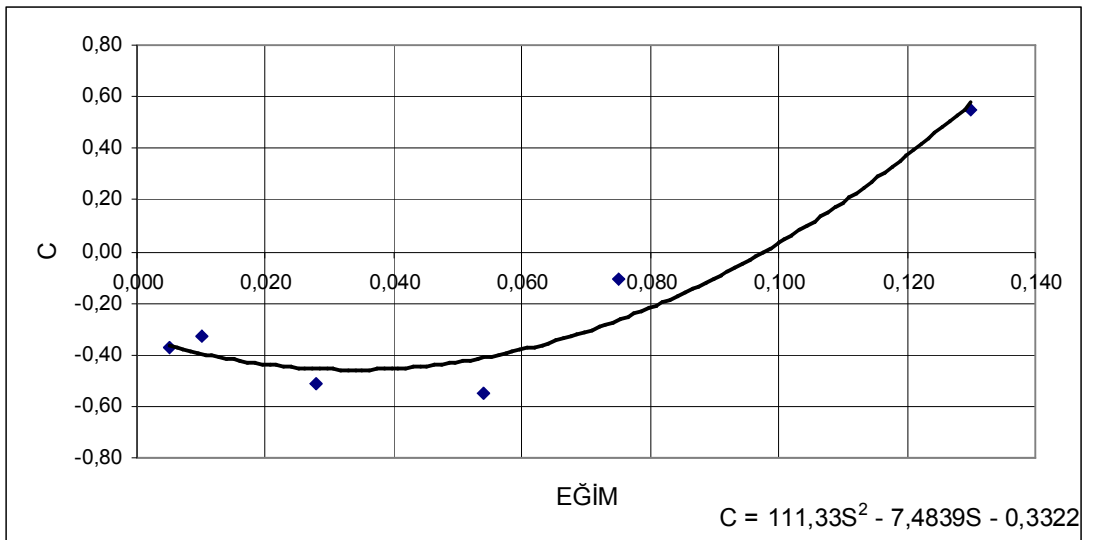
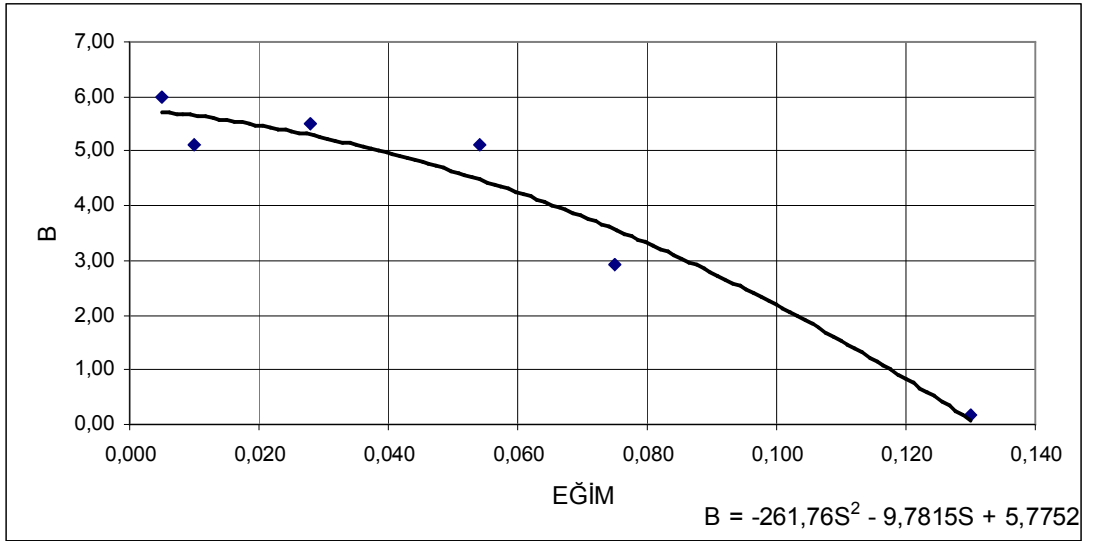
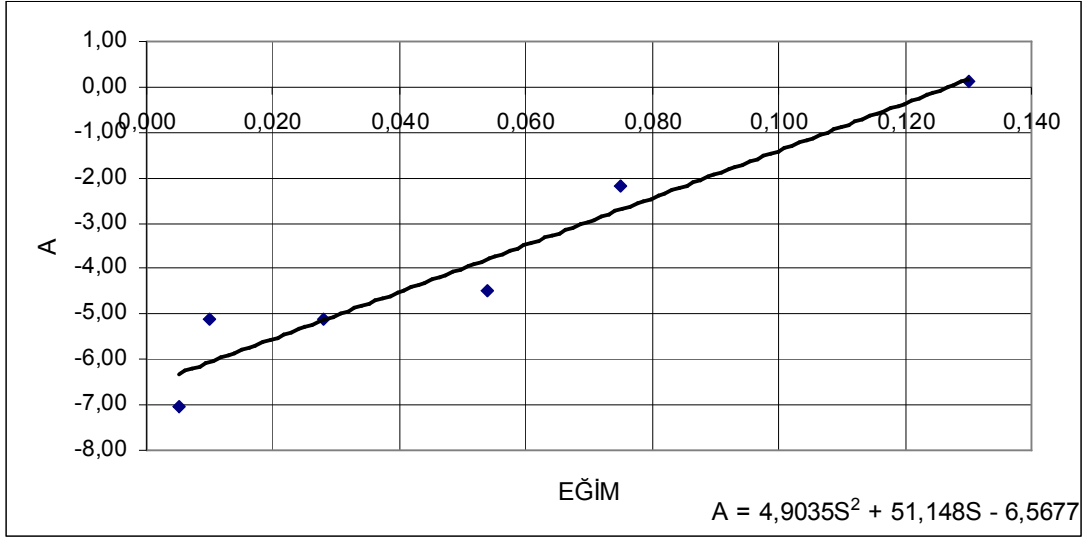
Şekil E.17 : ORE-L Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi



Şekil E.18 : ORE-T Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi

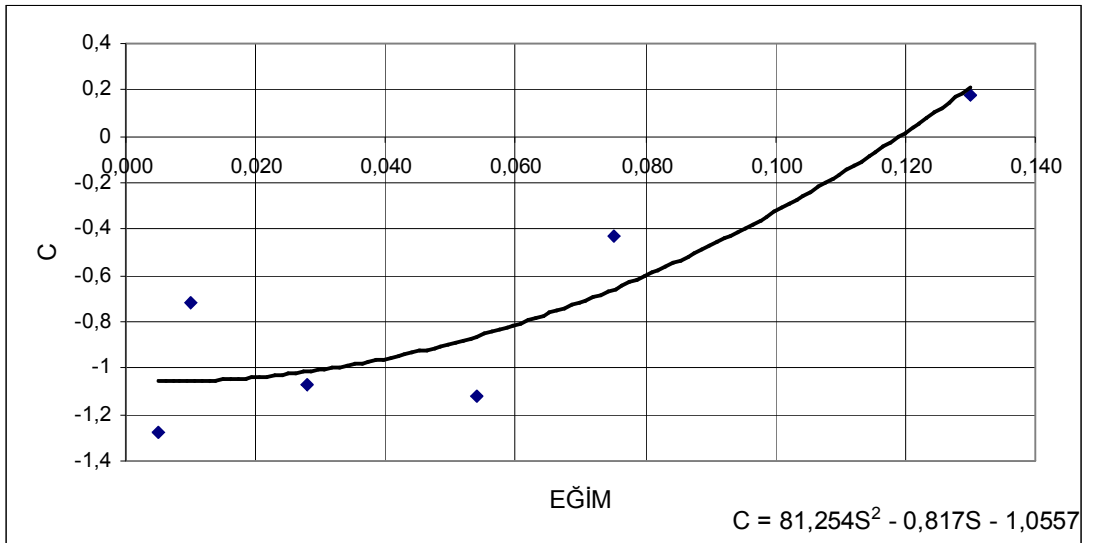
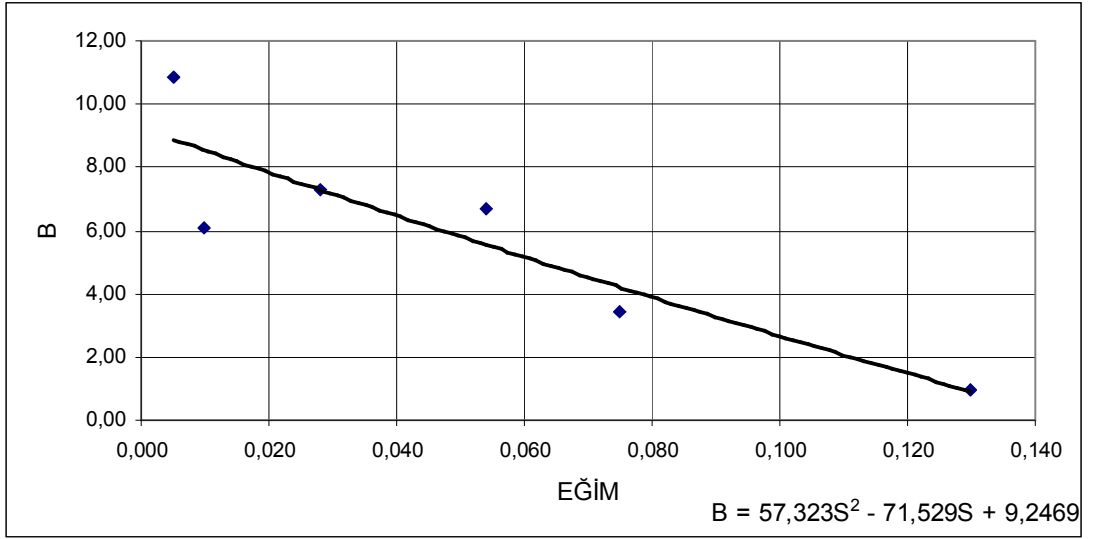
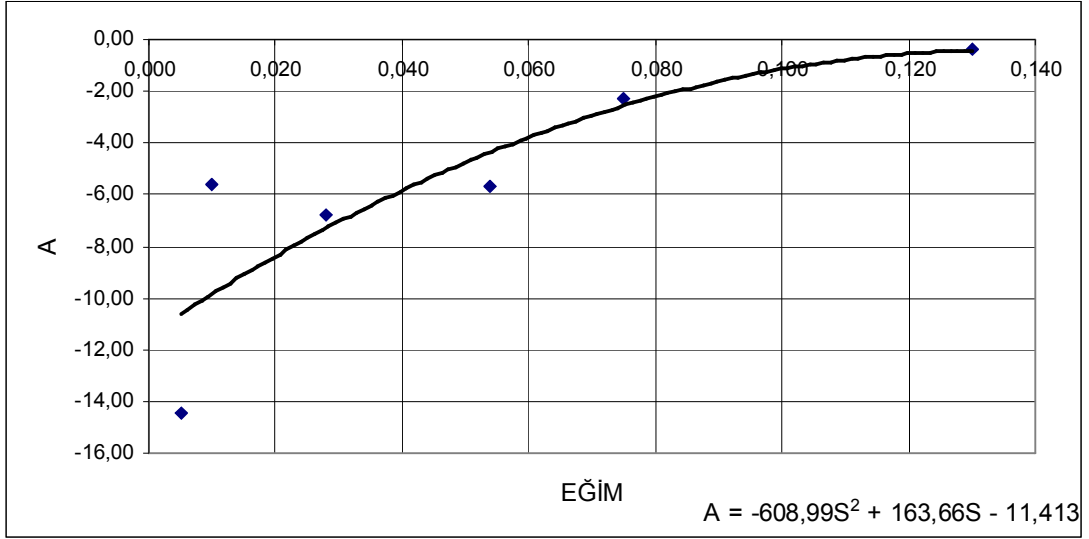


Şekil E.19 : TB45-1 Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi

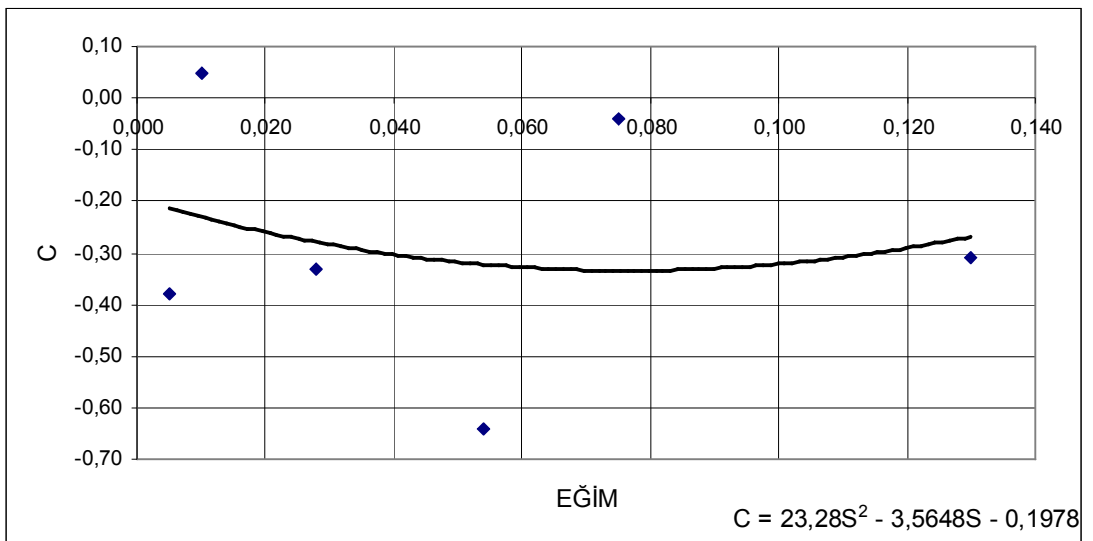
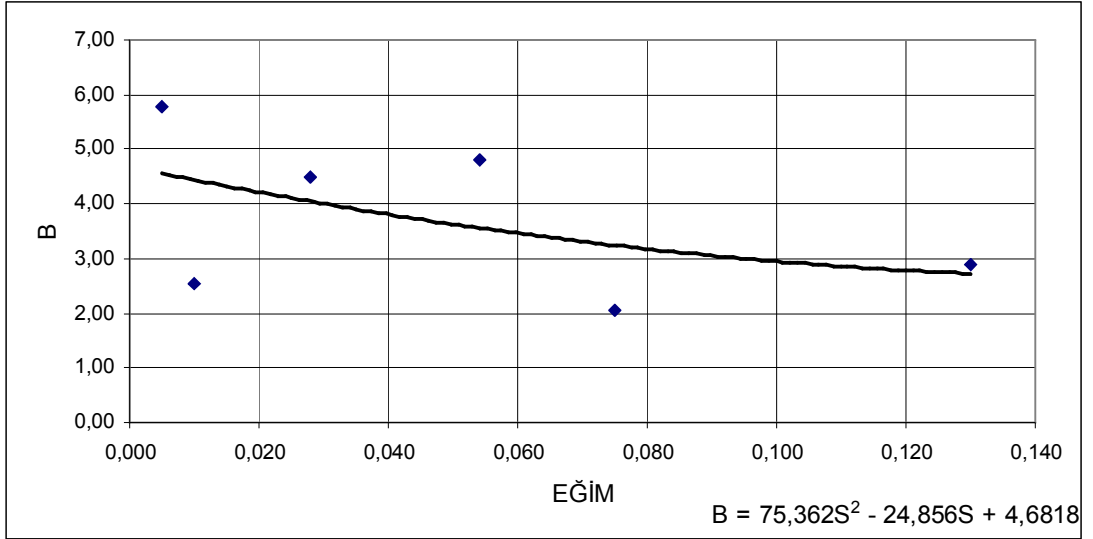
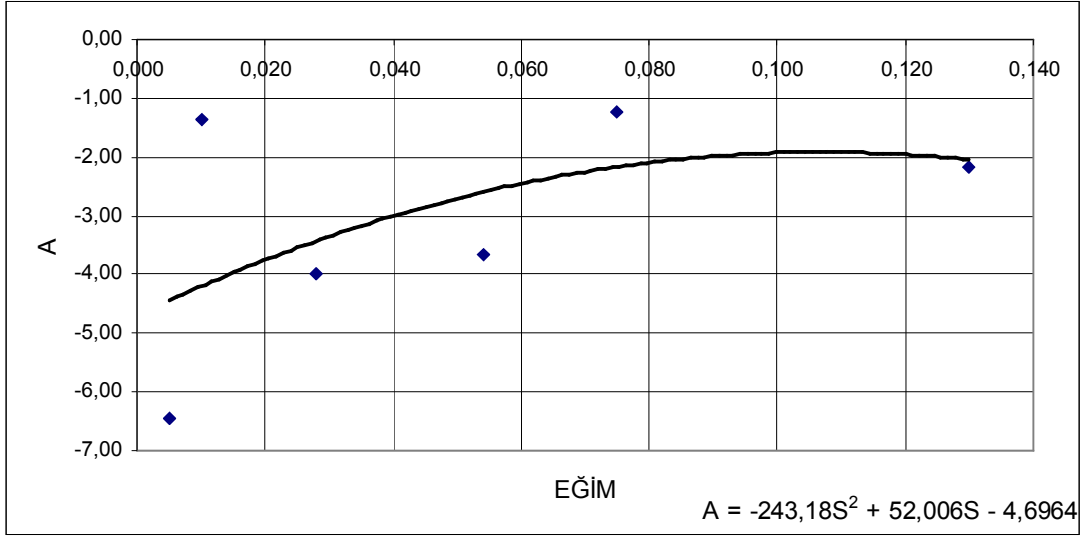


Şekil E.20 : TB45-3 Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi

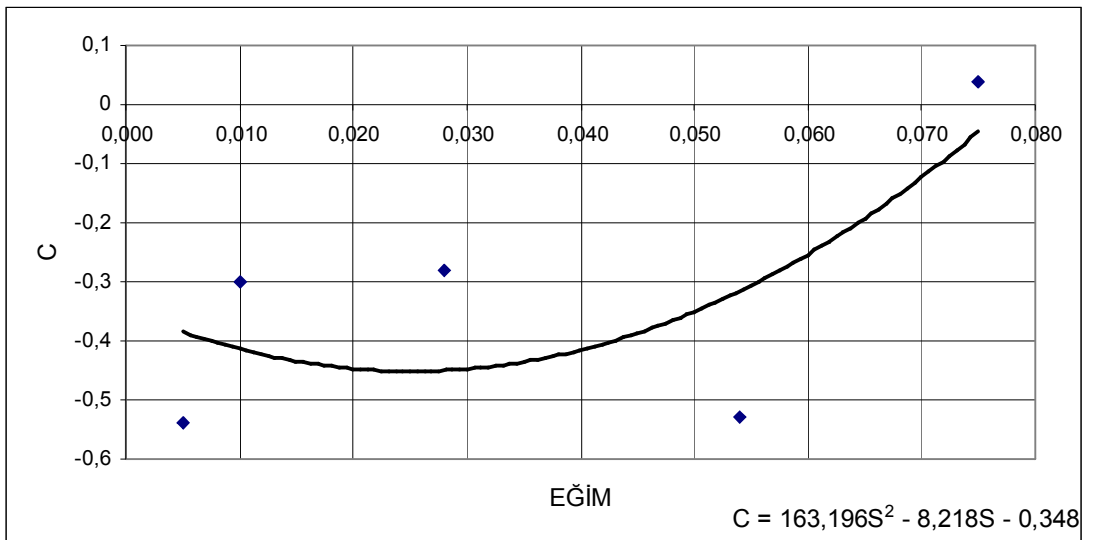
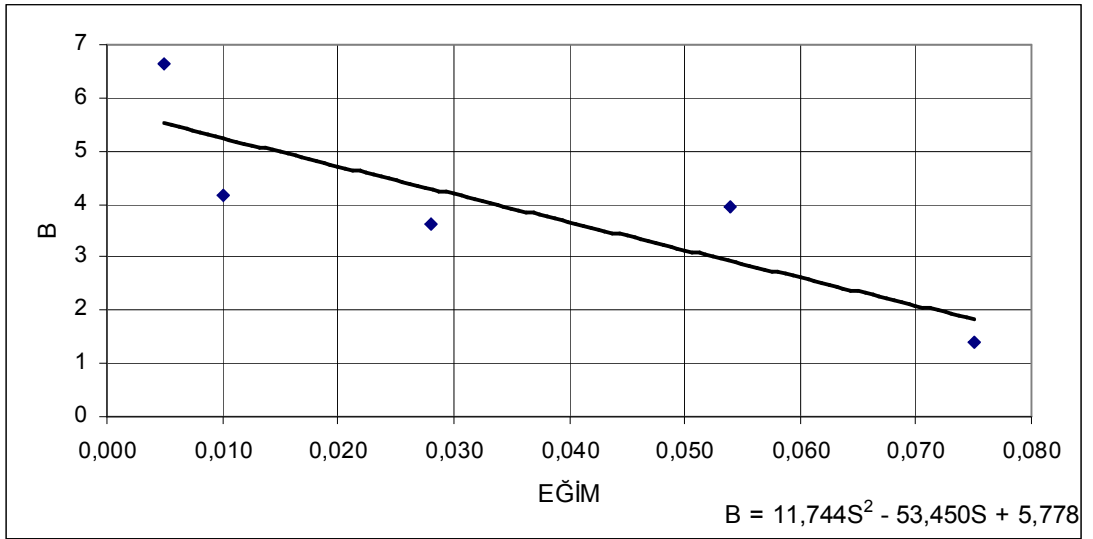
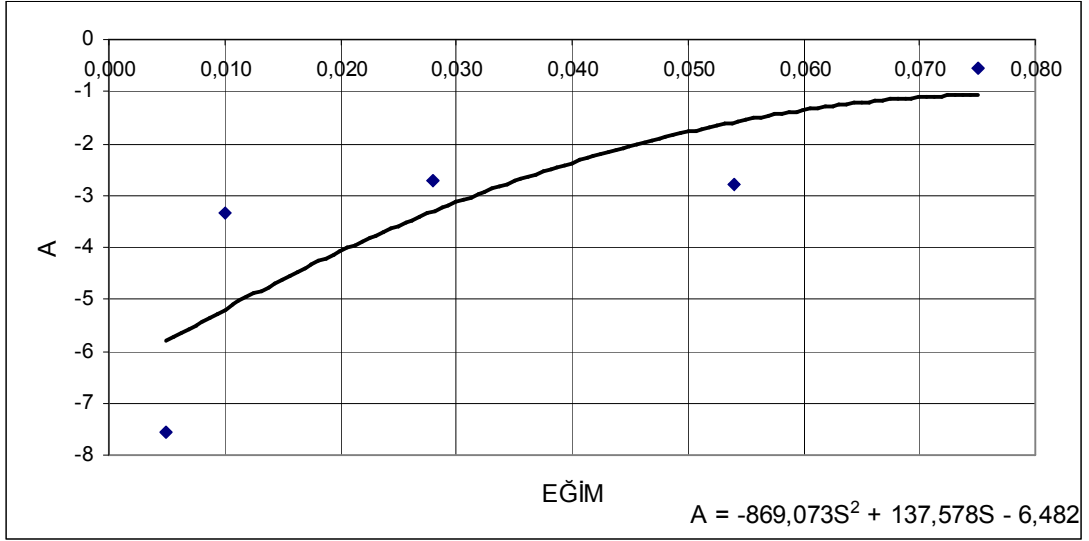




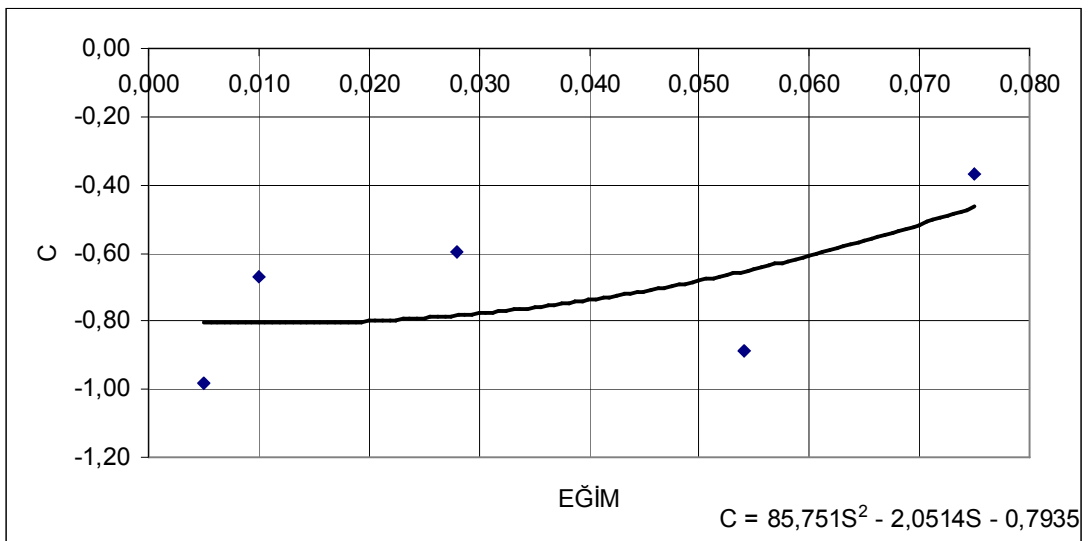
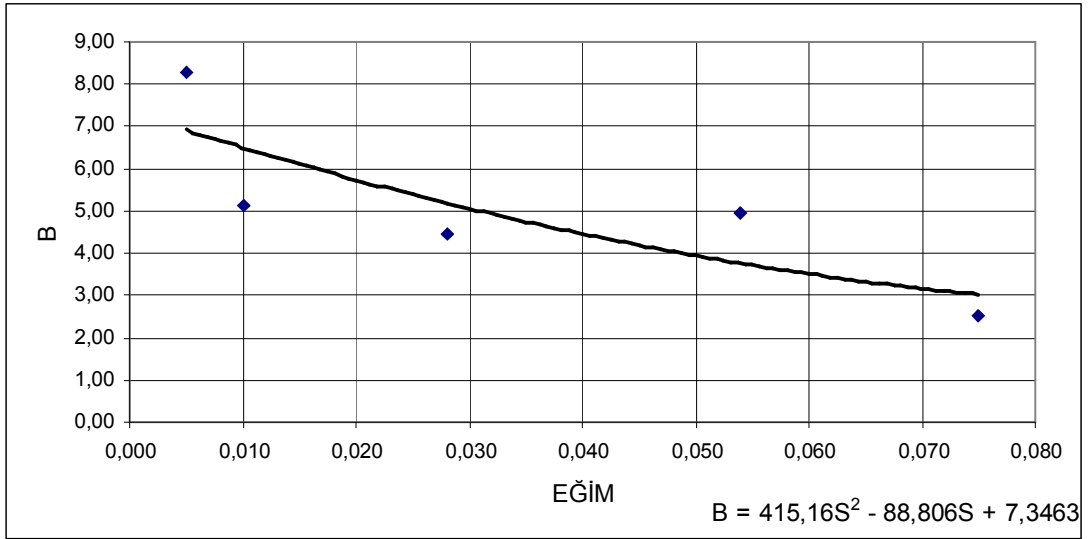
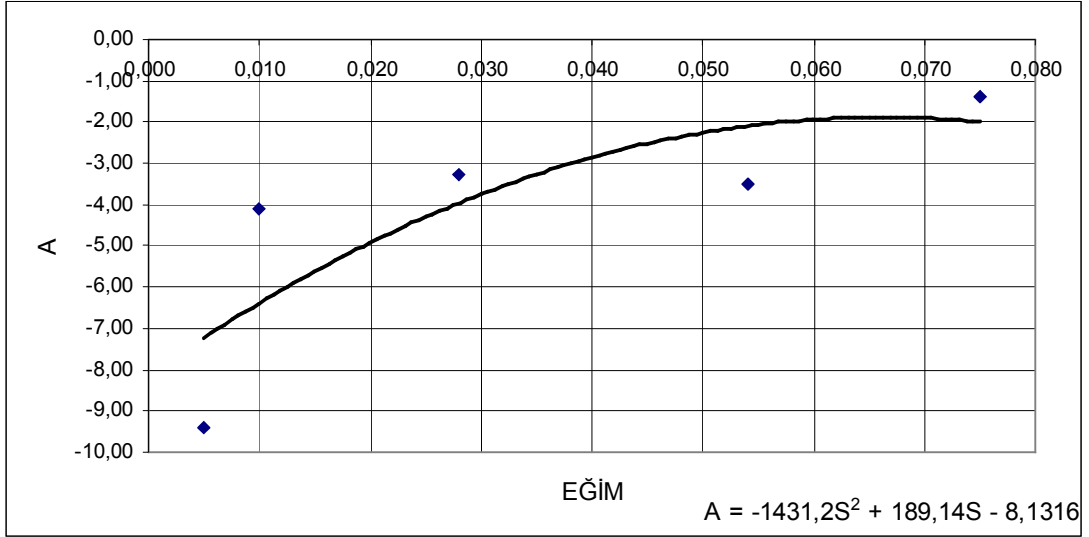
Şekil E.21 : TB45-5 Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi



Şekil E.22 : MASS İzgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi

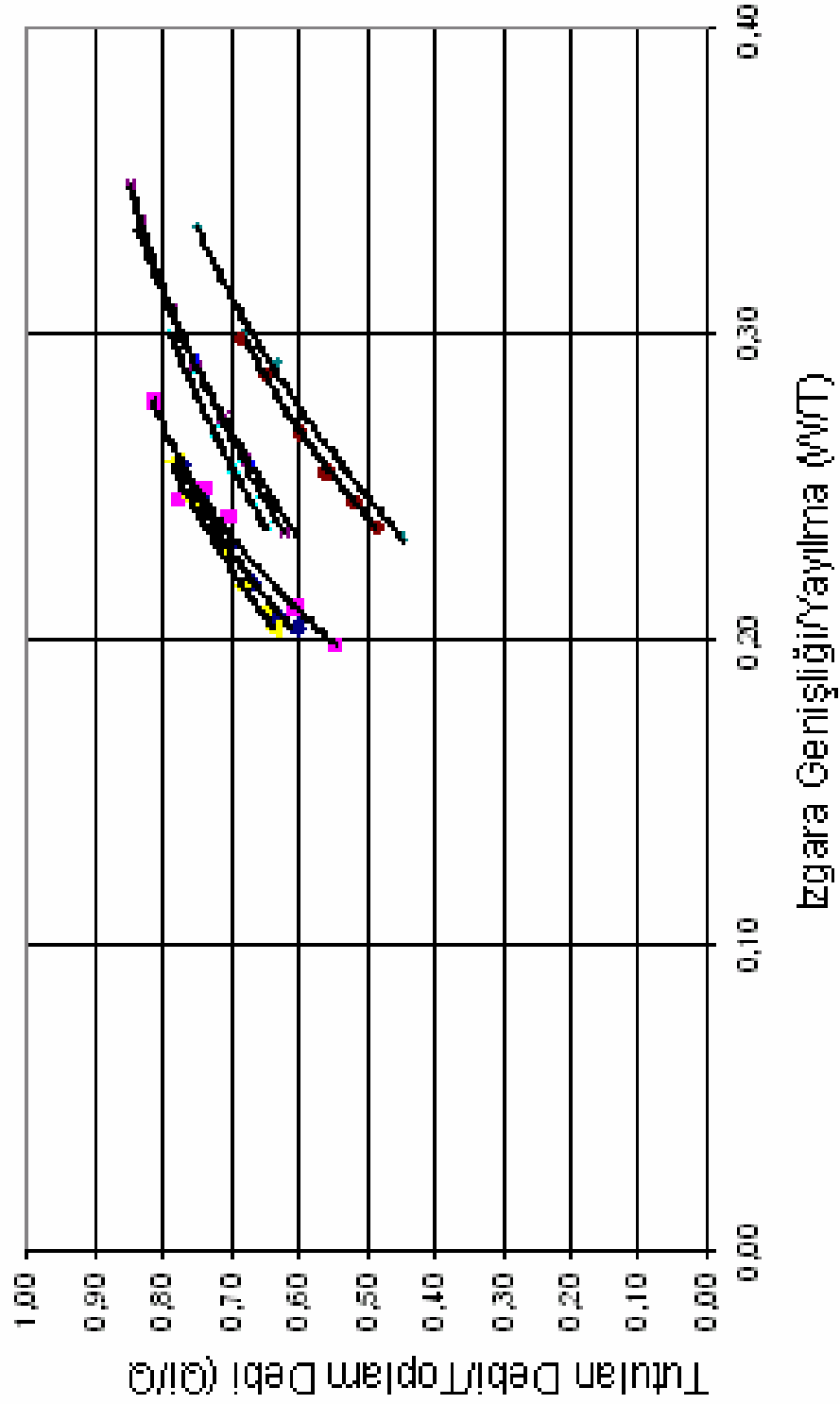


Şekil E.23 : TBV-3 Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi



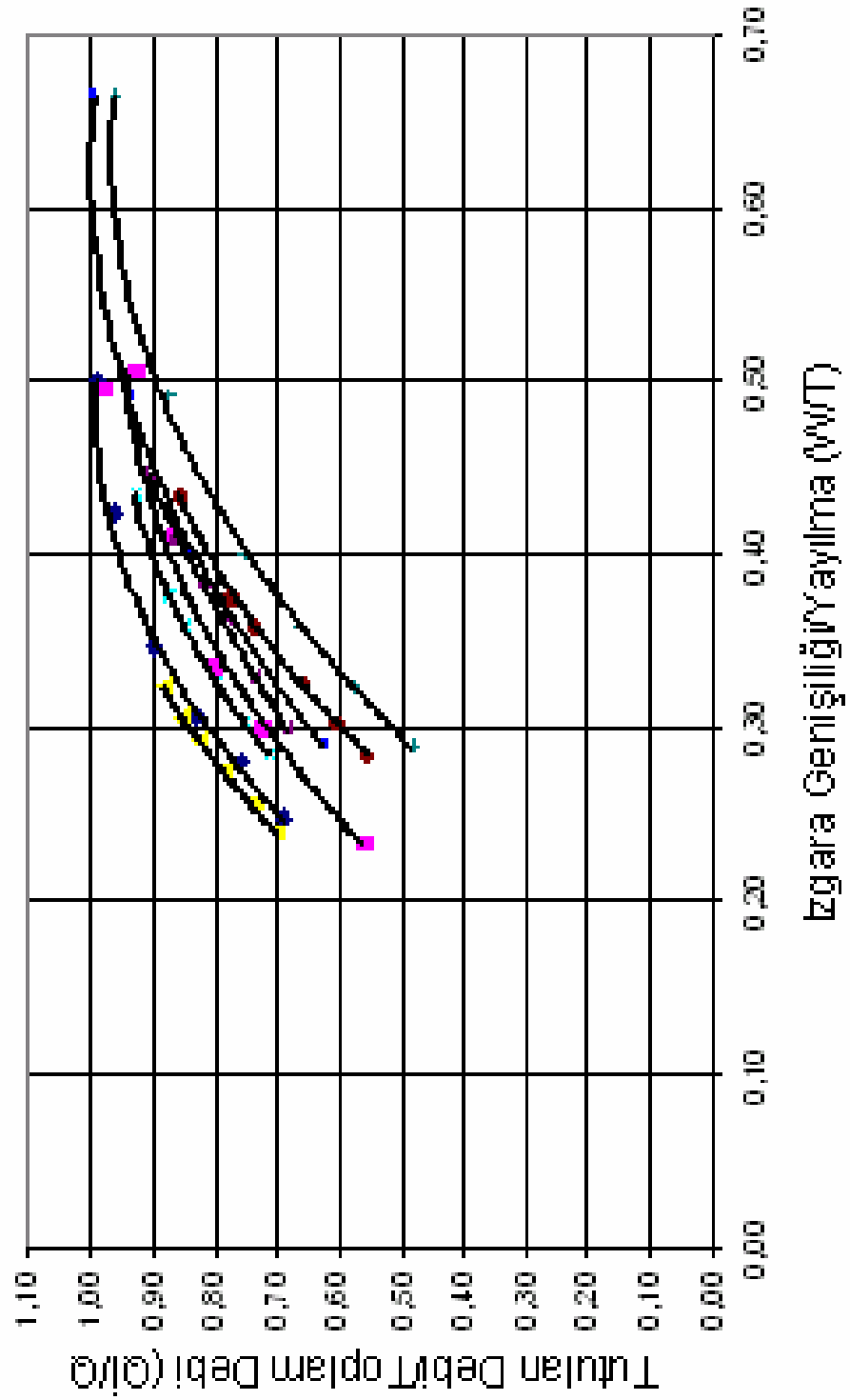
Şekil E.24 : TBV-5 Izgarası İçin A,B ve C Katsayılarının S ile Değişimi

## S = 0,005 İÇİN İZGARA VERİMLERİ



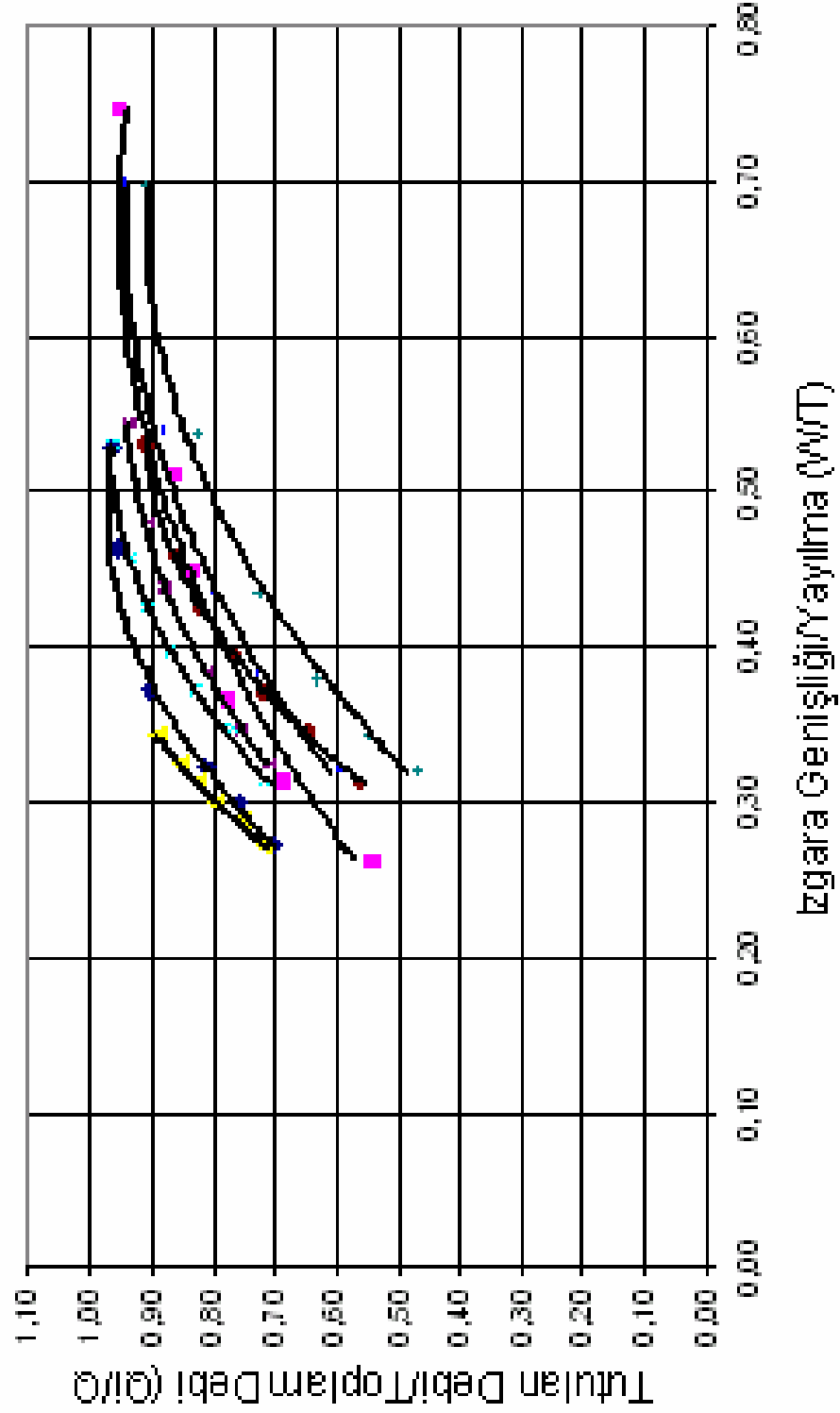
Şekil E.25 :  $S=0,005$  için  $(Q_i/Q)$  Oranının  $(W/T)$  ile Değişimi

## S = 0,010 İÇİN İZGARA VERİMLERİ

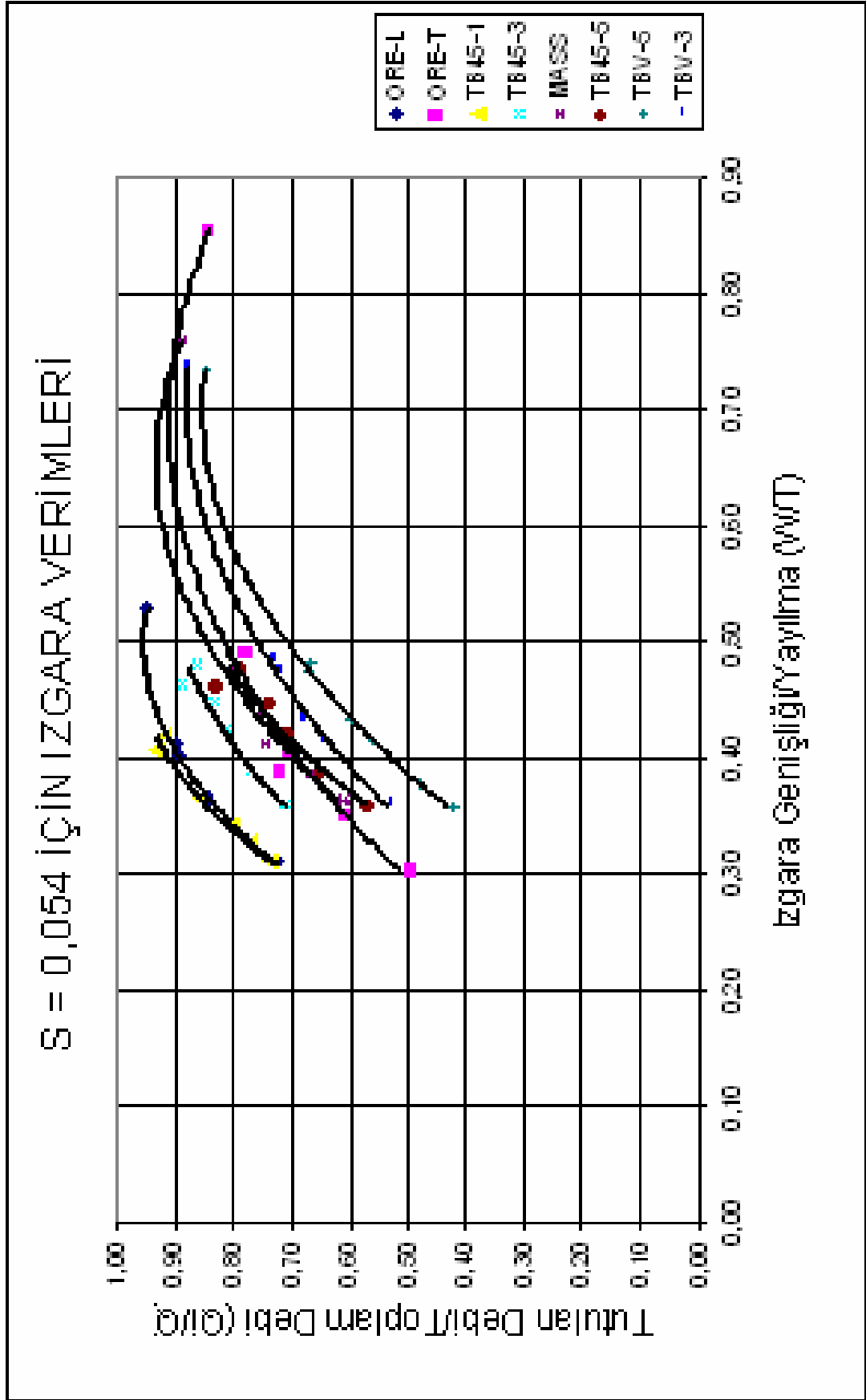


Şekil E.26 : S=0,010 için ( $Q_i/Q_o$ ) Oranının ( $W/T$ ) ile Değişimi

## S = 0,028 İÇİN İZGARA VERİMLERİ



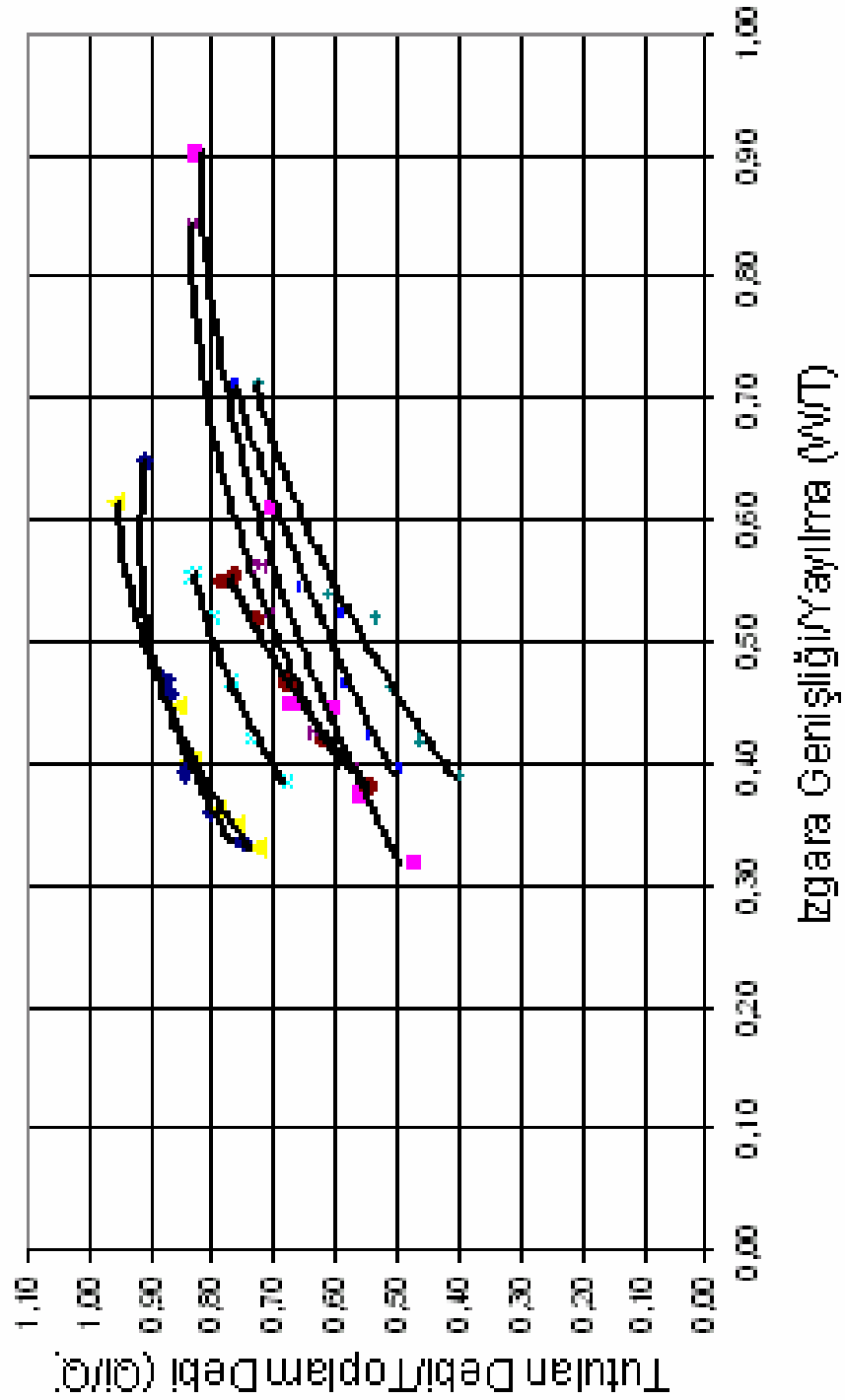
Şekil E.27 : S=0,028 için (Q/Q) Oranının (W/T) ile Değişimi



Şekil E.28 : S=0,054 için (Q<sub>i</sub>/Q) Oranının (W/T) ile Değişimi



## S = 0,075 İÇİN İZGARA VERİMLERİ



Şekil E.29 : S=0,075 için (Q<sub>i</sub>/Q) Oranının (W/T) ile Değişimi

## **ÖZGEÇMİŞ**

Halil İbrahim ŞAHİN 1979' da Erzurum' da doğdu. 1997 yılında Fenerbahçe Lisesinden mezun oldu. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans öğrenimine aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Hidrolik ve Su kaynakları Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. Halen Kadıköy Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğünde çalışmaktadır.