

**MESKUN BÖLGELERDEKİ YOLLARDA  
YAĞMURSUYU DRENAJ SİSTEMLERİNİN HİDROLİĞİ VE  
TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İnş.Müh. Gökçe TEZEL  
(501011363)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 9 Mayıs 2005**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 30 Mayıs 2005**

**Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. Ali UYUMAZ  
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. İzzet ÖZTÜRK  
Y.Doç.Dr. Erdem ÜNAL**

**MAYIS 2005**

**MESKUN BÖLGELERDEKİ YOLLARDA  
YAĞMURSUYU DRENAJ SİSTEMLERİNİN HİDROLİĞİ VE  
TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş.Müh. Gökçe TEZEL**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği  
Programı: Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Y.Doç.Dr. Ali UYUMAZ**

**MAYIS 2005**

## **ÖNSÖZ**

Bu tez çalışmamda bana tüm bilgi ve deneyimlerinden faydalanma fırsatı veren başta sayın danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Ali UYUMAZ'a ve lisansüstü çalışmalarında , şimdiye kadar bana emeği geçen tüm hocalarıma minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm hayatım ve eğitim yaşamım boyunca ileri görüşleriyle bana yol gösteren ve maddi manevi imkanlarını sonuna kadar seferber eden aileme sonsuz şükranlarımı sunar, bu tez çalışmasının tüm insanlara faydalı olmasını dilerim.

**Mayıs 2005**

**Gökçe TEZEL**

## İÇİNDEKİLER

<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>IV</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>V</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>VII</b>
<b>ÖZET</b>	<b>IX</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>X</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. MESKUN BÖLGELERDE YAĞMURSUYU DRENAJI</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Meskûn Bölge Drenajı Nedir?</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Meskûn Bölge Drenajına Etki Eden Başlıca Faktörler</b>	<b>2</b>
<b>2.3. Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı</b>	<b>2</b>
<b>3. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİ</b>	<b>3</b>
<b>3.1. Bordürde Teşkil Edilen Girişler</b>	<b>3</b>
3.1.1. Bordürde teşkil edilen düz girişler (Şekil 1a)	3
3.1.2. Bordürde teşkil edilen çukurlaştırılmış girişler (Şekil 1b)	3
3.1.3. Bordürde teşkil edilen saptırıcılı girişler	4
<b>3.2. Cadde Arkında Bırakılan Girişler (Şekil 1d)</b>	<b>5</b>
<b>3.3. Birleşik Girişler (Ark ve Bordür Girişlerinin Birleşimi Olan Girişler) (Şekil 1e)</b>	<b>6</b>
<b>3.4. Caddelerde Boyuna Yerleştirilmiş Yağmursuyu Drenajı Izgaraları</b>	<b>6</b>
<b>3.5. Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar</b>	<b>7</b>
<b>3.6. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olmadığı Hallerde Dikkat Edilecek Hususlar</b>	<b>8</b>
<b>3.7. Trafiğin Bordüre Yakın Olarak Seyrettiği Yerlerde Dikkat Edilecek Hususlar</b>	<b>8</b>
<b>3.8. Çok Az Eğimli veya Tamamen Düz Caddelerde veya Çukur Yerlerde Bırakılan Girişlerin Tertibinde Dikkat Edilecek Hususlar</b>	<b>8</b>
<b>3.9. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Tertip Esasları</b>	<b>9</b>

<b>4. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİĞİ</b>	<b>13</b>
<b>4.1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı</b>	<b>13</b>
4.1.1. Üniform ark kesitinde akış	15
4.1.2. Kompozit kesitlerde akış	17
<b>4.2. Bordürde Bırakılan Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı</b>	<b>18</b>
4.2.1. Sürekli eğimli yerlerde	18
4.2.2. Çukur yerlerde	20
<b>4.3. Cadde Arkında Bırakılan Girişlerin (Izgaralı Girişler) Hidrolik Hesabı</b>	<b>22</b>
4.3.1. Sürekli eğimli yerlerde	22
<b>4.4. Birleşik Girişlerin Hidrolik Hesabı</b>	<b>27</b>
4.4.1. Sürekli eğimli yerlerde	27
4.4.2. Çukur yerlerde	27
<b>4.5. Caddelerde Boyuna Yerleştirilen Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı</b>	<b>29</b>
4.5.1. Eğimli yerlerde	29
4.5.2. Çukur yerlerde	29
<b>5. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ BAZI ÇALIŞMALAR</b>	<b>31</b>
<b>5.1. Kanada'nın Ottawa üniversitesi'nde Yapılmış Bir Çalışma</b>	<b>31</b>
<b>5.2. ABD'nin Kansas Üniversitesi'nde Yapılan Çalışma</b>	<b>31</b>
5.2.1. Deney düzeneği	32
<b>5.3. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi</b>	<b>33</b>
<b>6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>52</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>54</b>
<b>EKLER</b>	<b>55</b>

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1</b>	Yolun proje hızına göre suyun izin verilen maksimum yayılma oranı.....	15
<b>Tablo 2</b>	Yol kaplamalarına ve yağmursuyu giriş yerleri cinslerine göre Manning 'n' pürüzlülük katsayısı değerleri (FHWA 1996).....	16
<b>Tablo 3</b>	Tip B Izgaralı Giriş için %1,6 enine eğimli yolda ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimlerde $Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s)$ Değerleri.....	37
<b>Tablo 4</b>	Tip 22 Bordür Girişi $L=4,5$ m uzunlukta %3,1 enine eğimli yolda ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimlerde $Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s)$ Değerleri.....	38
<b>Tablo 5</b>	Tip 12 Birleşik Giriş %3,1 enine eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda $Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s)$ Değerleri.....	39
<b>Tablo 6</b>	Tip B Izgaralı Girişi %1,6 Enine Eğim $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimleri için ; $T(m), d(m), \bar{d}(m), V(m/s), Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s),$ Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri .....	43
<b>Tablo 7</b>	Tip B Izgaralı giriş $S_x = \% 1,6$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı Değerleri .....	46
<b>Tablo 8</b>	Tip B Izgaralı Girişte $Q_c/Q_T - L/FT$ Değerleri $S_x = \% 1,6$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için .....	49
<b>Tablo A.1</b>	Tip 22 Bordürde Giriş % 3,1 Enine Eğim $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimleri için ; $T(m), d(m), \bar{d}(m), V(m/s), Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s),$ Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri .....	56
<b>Tablo B.1</b>	Tip 12 Birleşik Giriş % 3,1 Enine Eğim $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimleri için $T(m), d(m), \bar{d}(m), V(m/s), Q_c(m^3/s), Q_T(m^3/s)$ Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri .....	58
<b>Tablo C.1</b>	Tip 22 Bordürde Teşkil Edilen Giriş $S_x = \% 3,1$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı Değerleri.....	60
<b>Tablo D.1</b>	Tip 12 Birleşik Giriş $S_x = \% 3,1$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı Değerleri .....	61
<b>Tablo E.1</b>	Tip 12 Birleşik Girişte ( $0,75m \times 0,475$ m Izgara ) ( $L=0,75$ m Bordür Girişi ) $Q_c/Q_T - L/FT$ Değerleri $S_x = \% 3,1$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için.....	64
<b>Tablo F.1</b>	Tip 22 Bordür Girişi ( $L= 4,5$ m ) için $Q_c/Q_T - L/FT$ Değerleri $S_x = \% 3,1$ ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ için .....	65

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1.a. :</b> Bordürde teşkil edilen düz yağmursuyu girişi karşıdan görünüş .....	3
<b>Şekil 1.b. :</b> Bordürde teşkil edilen çukurlaştırılmış (basınçlı) giriş kesitten görünüş .....	4
<b>Şekil 1.c. :</b> Bordürde teşkil edilen saptırıcılı giriş kesitten görünüş .....	4
<b>Şekil 1.d. :</b> Cadde arkında bırakılan düz ve çukurlaştırılmış yağmursuyu girişlerinin üstten görünüşleri .....	5
<b>Şekil 1.e. :</b> Birleşik yağmursuyu girişi fotoğrafı.....	6
<b>Şekil 1.f. :</b> Caddelerde boyuna yerleştirilen ızgaralı giriş kesitten görünüşü .....	7
<b>Şekil 2.a. :</b> Caddeye yerleştirilen her kavşakta dört adet yağmursuyu girişi olan ideal yerleştirme .....	10
<b>Şekil 2.b. :</b> Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan her Kavşakta iki adet yağmursuyu girişi konulması .....	11
<b>Şekil 2.c. :</b> Önemsiz yerlerde, yağmursuyu girişlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi.....	11
<b>Şekil 3.1. :</b> Üiform kesit .....	13
<b>Şekil 3.2. :</b> Kompozit kesit .....	14
<b>Şekil 3.3. :</b> ‘V’ şekilli kesit.....	14
<b>Şekil 3.4. :</b> Dairesel kesit .....	14
<b>Şekil 4 :</b> Çukurlaştırılmış bordür girişi kesiti ve şekil üzerinde ‘a’ değeri .....	19
<b>Şekil 5 :</b> Bordür girişi kesitleri ve su yüzü profili planı .....	21
<b>Şekil 6 :</b> Ağ örgülü ızgara girişi .....	22
<b>Şekil 7 :</b> 45° – açılı ızgara çubukları .....	23
<b>Şekil 8 :</b> 48 mm aralıklı ızgara şekli.....	23
<b>Şekil 9 :</b> Merkezden merkeze 29 mm aralıklı ızgara şekli .....	24
<b>Şekil 10 :</b> $R_f$ ve $V_o$ in başlıca ızgara tiplerinde belirlenmesine yarayan grafik....	25
<b>Şekil 11 :</b> Birleşik yağmursuyu girişi.....	27
<b>Şekil 12 :</b> Boyuna yerleştirilen ızgaralı giriş kesiti .....	29
<b>Şekil 13 :</b> Tip B Izgaralı Giriş .....	33
<b>Şekil 14 :</b> Tip 12 Birleşik Giriş Boyutları .....	33
<b>Şekil 15 :</b> Tip 22 Bordürde teşkil edilmiş giriş .....	34
<b>Şekil 16 :</b> %1.6 Enine Eğimli Tip B Izgaralı Yağmursuyu Girişi için Toplam Debi ve Tutulan Debi Grafiği (0,75mX0,45m ) ( $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ ) boyuna eğimlerde .....	35
<b>Şekil 17 :</b> %3.1 Enine Eğimli Tip 12 Birleşik girişi için Toplam Debi ve Tutulan Debi Grafiği (0,75mX0,475m ızgaralı giriş, L=0,75 m bordür girişi ) ( $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ ) boyuna eğimlerde .....	35
<b>Şekil 18 :</b> %3,1 Enine Eğimli Tip 22 Bordürde Teşkil Edilen Yağmursuyu girişi için Toplam Debi ve Tutulan Debi Grafiği (L=4,5 m) ( $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimlerde).....	36
<b>Şekil 19 :</b> Kesitten görünüşü .....	40
<b>Şekil 20 :</b> Etkili derinlik [ $\bar{d}$ (m)] .....	41

<b>Şekil 21</b> : %1.6 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip B Izgaralı Yağmursuyu Girişi (0,75mX0,45m) için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı grafiği.....	47
<b>Şekil 22</b> : %1.6 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip B Izgaralı Yağmursuyu Giriş İçin (0.75mX0,45m) için $Q_c/Q_T$ ve L/FT Grafiği.....	50
<b>Şekil A.1</b> : %3,1 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip 22 Bordürde Teşkil Edilen Yağmursuyu girişi (L=4,5 m) için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı grafiği .....	62
<b>Şekil B.1</b> : %3,1 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip 12 Birleşik girişi (0,75x0,475 m ızgaralı giriş, L=0,75 m bordür girişi) için $Q_c/Q_T$ ve Froude sayısı grafiği.....	63
<b>Şekil C.1</b> : %3,1 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip 22 Bordürde Teşkil Edilen Yağmursuyu girişi (L=4,5 m) için $Q_c/Q_T$ ve (L/FT) grafiği .....	66
<b>Şekil D.1</b> : %3,1 Enine Eğimli ve $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ boyuna eğimli yolda Tip 12 Birleşik girişi (0,75mX0,475m ızgaralı giriş, L=0,75 m bordür girişi ) için $Q_c/Q_T$ ve (L/FT) grafiği.....	67



## SEMBOL LİSTESİ

<b>a</b>	: W/12 oranını veren değer
<b>A</b>	: Islak Alan ( $m^2$ )
<b>Ag</b>	: Izgaralı girişin net açıklık oranı ( $m^2$ )
<b>B</b>	: Dikdörtgen kanal taban genişliği (m)
<b>C<sub>w</sub></b>	: Savak sabiti değeri 1.6
<b>C.B.Y.G</b>	: Caddelerde Boyuna Yerleştirilen Izgaralı Giriş
<b>Ç</b>	: Islak çevre (m)
<b>D</b>	: Dairesel kesitli arkta suyun yayılma miktarı (m)
<b><math>\bar{d}</math></b>	: Arkta Etkili derinlik (m)
<b>d<sub>o</sub></b>	: Bordür girişi önünde etkili su derinliği (m)
<b>E</b>	: Verim
<b>E<sub>o</sub></b>	: Toplam debi yüzdesi
<b>F</b>	: Froude Sayısı
<b>g</b>	: Yerçekimi ivmesi : 9.81 ( $m/s^2$ )
<b>h</b>	: Bordür girişi yüksekliği (m)
<b>K<sub>C</sub></b>	: Kompozit kesit katsayısı değeri 0,817
<b>K<sub>CF</sub></b>	: Izgaralı giriş azaltma faktörü katsayısı değeri 0,295
<b>K<sub>G</sub></b>	: Izgaralı giriş uzunluk katsayısı değeri 0,376
<b>K<sub>S</sub></b>	: Değeri 0,0828 olan sabit
<b>L</b>	: Bordür girişi uzunluğu (m)
<b>L<sub>g</sub></b>	: Izgara uzunluğu (m)
<b>L<sub>S</sub></b>	: C.B.Y.G uzunluğu (m)
<b>L<sub>T</sub></b>	: Gerekli bordür girişi uzunluğu (m)
<b>n</b>	: Manning sürtünme katsayısı
<b>P</b>	: Üiform kesitte ıslak çevre (m)
<b>P<sub>g</sub></b>	: Izgaralı girişin etkili çevresi (m)
<b>P<sub>wg</sub></b>	: Uygulanabilir ızgaralı giriş savak uzunluğu (m)
<b>Q</b>	: Manning formülünde toplam debi ( $m^3/s$ )
<b>Q<sub>b</sub></b>	: Kaçan debi ( $m^3/s$ )
<b>Q<sub>c</sub></b>	: Yağmursuyu giriş yerinin tuttuğu (savakladığı) debi ( $m^3/s$ )
<b>Q<sub>gw</sub></b>	: Savak davranışında ızgaralı girişin debi kap. ( $m^3/s$ )
<b>Q<sub>gor</sub></b>	: Orifis davranışında ızgaralı girişin debi kap. ( $m^3/s$ )
<b>Q<sub>iw</sub></b>	: Savak bordür girişinin debi kapasitesi ( $m^3/s$ )

$Q_{or}$	: Orifis bordür girişinin debi kapasitesi ( $m^3/s$ )
$Q_s$	: Yol, cadde tarafındaki debi ( $m^3/s$ )
$Q_{sc}$	: Izgaralı giriş tarafından tutulan yan akış debisi ( $m^3/s$ )
$Q_{sor}$	: Orifis davranışında C.B.Y.G. debi kapasitesi ( $m^3/s$ )
$Q_{sw}$	: Savak davranışında C.B.Y.G. debi kapasitesi ( $m^3/s$ )
$Q_T$	: Deney verilerinde caddedeki toplam debi ( $m^3/s$ )
$Q_w$	: Arktaki debi ( $m^3/s$ )
$Q_{wc}$	: Izgaralı giriş tarafından tutulan yan akış ( $m^3/s$ )
$R$	: Hidrolik Yarıçap (m)
$R_f$	: Cephe akışı oranı
$R_s$	: Yan akış oranı
$S_L$	: Yol, cadde veya arkın boyuna eğimi (m/m)
$S_e$	: Eşdeğer enine eğim (m/m)
$S_x$	: Yol, caddenin enine eğimi (m/m)
$S_w$	: Arkın enine eğimi (m/m)
$S_{WP}$	: a/W oranı
$T$	: Suyun yayılma miktarı (m)
$T_s$	: Suyun cadde tarafında yayılma miktarı (m)
$V$	: Suyun akış hızı (m/s)
$V_o$	: Su sıçramasında hız (m/s)
$y$	: Gerçek su derinliği (kaldırım önündeki) (m)
$W$	: Ark Genişliği (m)
$W_g$	: Izgaralı giriş genişliği (m)
$W_s$	: Caddelerde boyuna yerleştirilen ızgaralı giriş genişliği (m)

## 1. GİRİŞ

Meskûn bölgelerde yolların bakım maliyeti, servis ömrü ve trafik güvenliği yüzeysel suların drenajıyla ilgili bir problemdir. Gerekli ve yeterli şekilde drenajı yapılamayan yollarda trafik kazaları meydana gelmektedir. Ayrıca normalden fazla suyun etkisine maruz kalan üstyapının da ömrü kısalarak ek bakım maliyeti oluşmaktadır. Bu maliyetlerin artması eğitim, sağlık vb. gibi başlıca kamu hizmetlerinin daha etkin şekilde yapılmasını dolaylı olarak azaltmaktadır.

Yağmursuyu drenaj sistemleri projelendirilirken caddenin enine, boyuna eğimi, arkın eğimi göz önüne alınarak cadde arklarındaki akımı yaya ve motorlu trafiğe en az zarar verecek şekilde minimum masrafla uzaklaştıracak şekilde hesaplar yapılmalıdır.[1]

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde çalışmanın konusu hakkında bilgi verilmektedir.

İkinci bölümde meskûn bölge drenajının tanımı, yağmur suyunun yola etkisi ve yağmursuyu drenaj sistemlerinin türlerinden bahsedilmektedir.

Üçüncü bölümde yağmursuyu drenaj sistemleri şekilleriyle genel olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde yağmursuyu drenaj sistemlerinin hidrolik hesap esaslarına yer verilmiştir.

Beşinci bölümde geçmiş yıllarda yapılmış deneylerden biri ele alınarak, değerlendirilmiştir. Bu deneylerden elde edilen debiler alınarak sistemlerin verimliliğinin, yolun enine ve boyuna eğimiyle ve Froude sayısı ile ilişkisi bulunmuştur.

Altıncı ve son bölümde ise bulunan grafikler ile ilgili sonuçlar verilmiştir..

## **2. MESKÛN BÖLGELERDE YAĞMURSUYU DRENAJ**

### **2.1. Meskûn Bölge Drenajı Nedir?**

Genel anlamda meskûn bölgelerin suyun zararlı etkilerine karşı korunması işlemine “Meskûn Bölge Drenajı” denir. [1]

### **2.2. Meskûn Bölge Drenajına Etki Eden Başlıca Faktörler**

Gelişmişlik seviyesi

İklim ve doğal şartlar

Şehirleşme yoğunluğu

Hükümet ve belediye politikaları [2]

### **2.3. Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı**

Yerleşim bölgelerinde yağışlardan sonra meydana gelen suların drenajı ve drenaj sistemlerinin tasarımı önemli sorunlarımızdan biridir.

Yolların etkili drenajı trafik güvenliği ve yolların servis ömürlerini azaltmaması açısından da önemlidir [3] . Son yirmi yıldan bugüne meskûn bölge drenajı ile ilgili politikalar dikkat çekici bir biçimde değişmiştir. Günümüzde meskûn bölge drenaj master planları toplama, depolama, işleme (iyileştirme) ve yok etme tesislerini de içermektedir. Doğal olarak bu tesislerin her biri “yağmursuyu yönetim sisteminin” ilgili bir parçasını oluşturabilmektedir. Projeden projeye geçişle beraber bu sistemler yukarıda bahsedilen tesislerin optimum bir şekilde birleşmesinden meydana gelmektedir. [4]

Meskûn bölge yollarında başlıca 4 çeşit drenaj sistemi kullanılmaktadır.

Bordürde teşkil edilen girişler

Cadde arkında bırakılan ızgaralı girişler

Ark ve bordür girişlerinin kombinezonu olan birleşik girişler

Caddelerde Boyuna yerleştirilmiş yağmursuyu drenaj ızgaraları

### 3. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİ

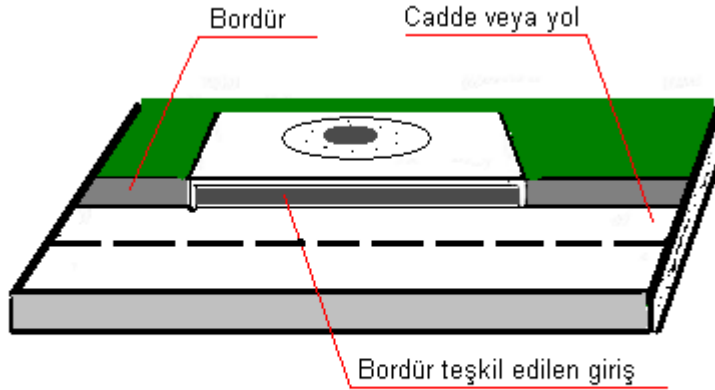
#### 3.1. Bordürde Teşkil Edilen Girişler

Bu giriş tertibatı bordürde düşey bir su alma ağzına sahiptir. Cadde arkında akan su bu açıklıktan kanala girer. Suyun girdiği açıklık boyunca cadde arkına konulmuş diyagonal saptırıcılarla teçhiz edilirse deflektörlü giriş adını alır. Bu saptırıcıların üst kenarı cadde üst yüzeyi ile aynı hizada olduğundan trafiği engellemezler.[5] En küçük boyutu (L veya W) 2 inch = 5,08 cm'den veya net açıklığının alanı

$7 \text{ inch}^2 = 45,16 \text{ cm}^2$  den büyük olmamalıdır [6]. Bunlar üç çeşitten oluşmaktadır.

##### 3.1.1. Bordürde teşkil edilen düz girişler (Şekil 1a)

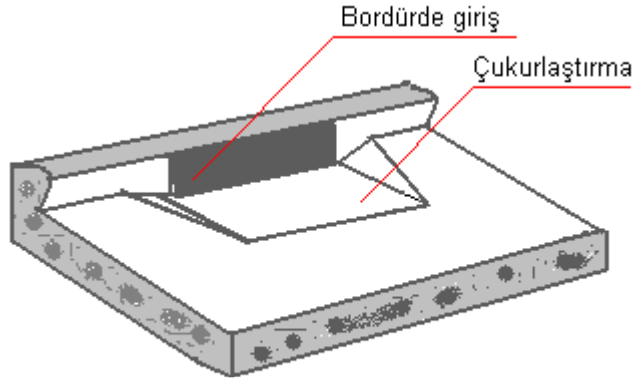
Yağmur suyunun girdiği açıklık boyunca cadde arkında başka bir su alma yapısı yoktur. Ayrıca su alma ağzının önü düzdür.



Şekil 1.a Bordürde teşkil edilen düz yağmursuyu girişi karşıdan görünüşü

##### 3.1.2. Bordürde teşkil edilen çukurlaştırılmış (basınçlı) girişler (Şekil 1b)

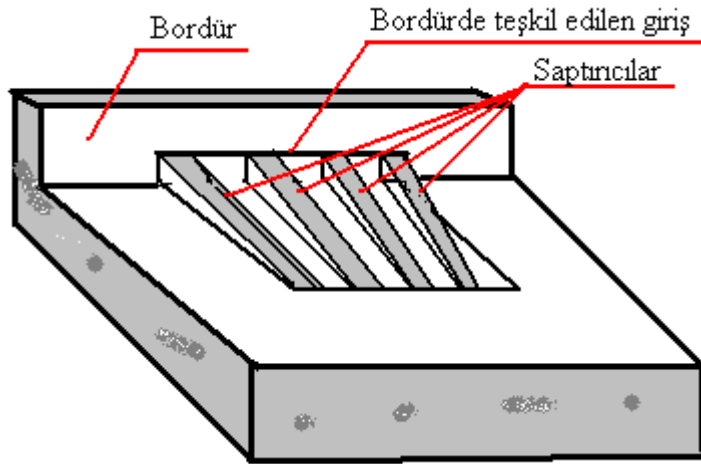
Yağmur suyunun girdiği açıklık etrafında çukurlaştırma yapılarak yağmursuyunun tahliyesi ve su alma ağzına yönelmesi hızlandırılmıştır.



**Şekil 1.b** Bordürde teşkil edilen çukurlaştırılmış (basınçlı) giriş kesitten görünüş

### 3.1.3. Bordürde teşkil edilen saptırıcı girişler

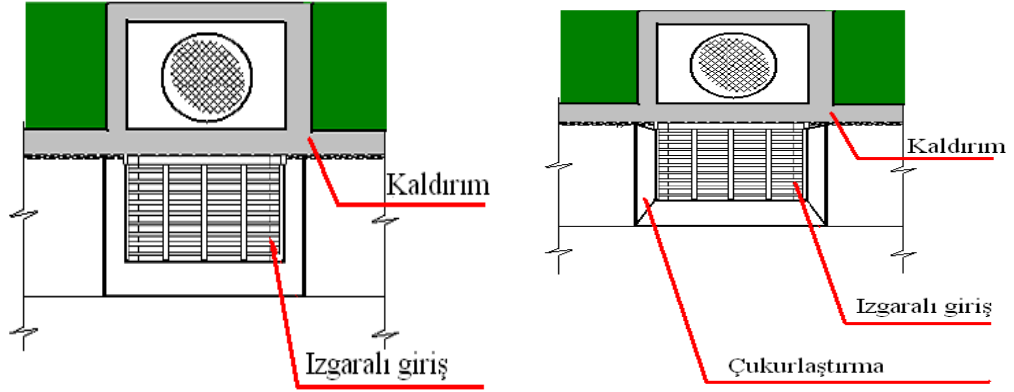
Bu tür girişlerde suyun girdiği açıklık boyunca cadde arkına konulmuş diyagonal deflektörlü bordür ağızlığı bulunmaktadır. (Şekil 1.c.)



**Şekil 1.c** Bordürde teşkil edilen saptırıcı giriş kesitten görünüş

### 3.2. Cadde Arkında Bırakılan Izgaralı Girişler (Şekil 1d)

Bu giriş yerleri, bordürde tesis edilenlere nazaran cadde arkında akan yağmur sularını almak bakımından daha verimlidir. Fakat döküntü ve sürüntü maddesi ile bunların tıkanması bir problem olur. Bunlar arkta bırakılan yatay bir açıklık şeklinde olup üzeri bir veya daha fazla sayıda ızgara ile örtülüdür. Çubukları bordüre paralel ızgaraların en az tıkanmaya maruz kaldığını ve en iyi akım şartlarını hazırladığını deneyler göstermektedir. Bisiklet tekerleklerinin aralarına girmemesi için ızgaralar arası serbest mesafe 2.5 cm'den büyük olmamalıdır.[5]



**Şekil 1.d** Cadde arkında bırakılan düz ve çukurlaştırılmış yağmursuyu girişlerinin üstten görünüşleri

Ayrıca ızgaraların kenarlarının çukurlaştırılarak suyun girişinin hızlandırıldığı çeşitleri de vardır.

### 3.3. Birleşik Yağmursuyu Girişleri (Ark ve Bordür Girişlerinin Kombinezonu)

Bordür girişiyle ark üzerine konulan ızgaralı bir girişin kombinezonu şeklinde yapılan bir giriş tipidir. Genel olarak bordürdeki girişin hemen önünde arkta da bir giriş bırakılır. Fakat bunların bordür girişinin menba veya mansap ucuna ikisi üst üste gelecek veya aralarında bir mesafe kalacak şekilde konulmaları da mümkündür.[5]

Bu tip yağmursuyu giriş yerleri, bilhassa ızgara yağış sularının girmesi için bordürde bırakılmış boşluğun mansap tarafına konulduğu takdirde daha verimlidir. Izgara üzerinin döküntü ve sürüntü ile dolması, bu halde suyu, bordürle bırakılan giriş yerine doğru sevk edecektir. Arkta bırakılan girişlerin çukurlaştırılmış olarak teşkil edilmeleri de mümkündür.[5]



Şekil 1.e Birleşik yağmursuyu girişi resmi

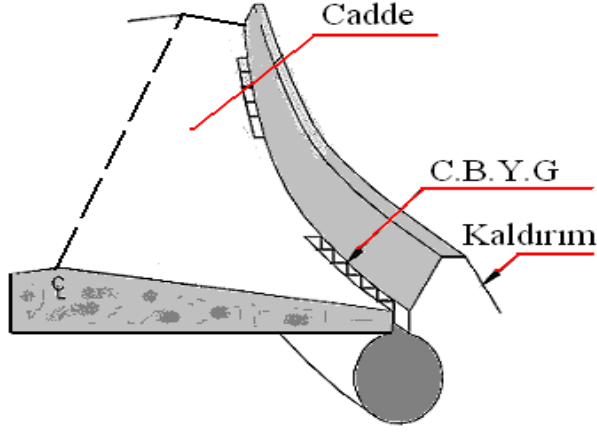
### 3.4. Caddelerde Boyuna Yerleştirilmiş Yağmursuyu Iızgaralı Girişleri (C.B.Y.G)

C.B.Y.G.'lerin altında yağmursuyunu kanalizasyon eden bir boru mevcuttur. Bu girişler yağmursuyunun caddenin veya yolun ortasına kadar yayılmasını engeller. Kısa uzunlukta tasarlanan tipleri banketlerdeki ızgaralı girişlerin yerini alabilmektedir.

Bu sistemde genellikle park yerleri, büyük meydanlar ve otoyollarda kullanılmaktadır.

Izgaraların eni, boylarına oranla çok küçüktür. (Şekil 1.f)





Şekil 1.f Caddelerde boyuna yerleştirilen ızgaralı giriş kesitten görünüşü

### 3.5. Giriş Yerlerinin Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

- Trafik emniyeti ve konfor şartlarının müsaadesi nispetinde mümkün olduğu kadar fazla bir enine eğim kullanılmalıdır.[5]
- Eğer bir giriş ağzı tıkanırsa diğer girişin yağmur suyunu drene etmesi düşünülerek güvenlik faktörü hesaplanmalıdır.[7]
- Bordürde teşkil edilen girişler kurların dönüş noktalarına yerleştirilmemelidir. Bu durumda bu yapılar trafik güvenliğini olumsuz etkilerler .[8]
- Mansabın sonundaki giriş yerleri gelen yağmursuyu debisinin %100 ünü alacak şekilde projelendirilmelidir.[9,10]
- Gelen yağmursuyu debisinin %5 ilâ 10'u aşağıdaki giriş yerine geçecek şekilde hesap yapılmalıdır. Fakat bu durumun yayalar veya trafiğe bir güçlük çıkarmaması gerekir.[5]
- Bordürde teşkil edilen girişlerin kendi kendini temizleme özelliğinden yararlanmak için boyuna eğimler %3 veya daha küçük yerlerde teşkil edilmelidir.[11]

Yağmursuyu giriş yerlerinin çukurda teşkili, yani bu noktada yol seviyesinin çukurlaştırılması, giriş yerinin kapasitesini artırır. Böyle yapmakla en fazla, bordürde bırakılmış giriş yerlerinin kapasitesi artar. Giriş yerinde yol seviyesinin, uzun bir mesafe boyunca, az bir miktar çukurlaştırılması, kısa bir mesafede çok fazla çukurlaştırılması kadar etkili olur.[5]

### **3.6. Trafiğin Bordüre Çok Yakın Olmadığı Hallerde Dikkat Edilecek Hususlar**

- Tıkanma sorunu yoksa, arkta, çukurlaştırılmış bir giriş yeri bırakılır. Veya, ark ve bordür açıklıkları bitişik ve ızgara çubukları boyuna doğrultuda olan birleşik bir giriş yeri teşkil edilir.[5]
- Eğer tıkanma sorunu varsa ve proje debisi küçükse çukurlaştırılmış bir bordür girişi yapılır. Debi büyükse çukurlaştırılmış bir birleşik giriş teşkil edilir. Birleşik girişler tıkanmaya en az maruz olan girişlerdir.[5]

Tıkanma probleminin birleşik girişlerde olmaması için ağız açıklığının en küçük boyutu (2'')=5,08 cm'den büyük veya ızgaralar arası net açıklık alanı

$$7 \text{ inch}^2 = 45,16 \text{ cm}^2 \text{ den büyük olmamalıdır.}[6]$$

- Bordürdeki açıklık, arktaki su alma yerinin menba tarafında ve çubuklar boyuna doğrultuda ise en büyük kapasiteye sahip olmaktadır.[5]

### **3.7. Trafiğin Bordüre Yakın Olarak Seyrettiği Yerlerde Dikkat Edilecekler**

- Cadde eğimi %5'den büyükse saptırıcılı bir giriş yapılır. Fakat bu taktirde sürüntü maddesinin saptırıcının dişleri arasına toplanmaması gerekir.
- Cadde eğimi %5'den küçükse, saptırıcılar arasındaki yarıkların tıkanmasının problem olması muhtemel caddelerde, çukurlaştırılmamış bir ark girişi, veya çukurlaştırılmamış bir kombine giriş yapılır ve ızgaralar boyuna doğrultuda bırakılır.[5]

### **3.8. Çok Az Eğimli veya Tamamen Düz Caddelerde veya Çukur Yerlerde**

#### **Bırakılan Girişlerin Tertibinde Dikkat Edilecek Hususlar**

- Düz yerlerde, giriş yerine doğru, her iki taraftan arka hafif eğim verilir. Böyle girişler, sanki çukur yerlerde teşkil edilen girişler gibi bir özellik gösterirler.[5,12]
- Çukur yerlerde, ızgaralar tıkanıp taktirde su basmasını azaltmak için bordür girişleri veya birleşik girişler kullanılır.[5,11]
- Yağmursuyu bordür girişinin yüksekliği çukur yerlerde 15 cm'den büyük olmamalıdır.[8]

- Çukur yerlerde göllenme oluşma ihtimali yüksektir. Bu yüzden yağmursuyu girişlerinin her iki taraflarına da yan girişler yerleştirilmelidir.[13]
- Eğimli caddelerin eteğindeki alçak kotlu yerlerde yukarıda bulunan giriş yerinin tıkanması halinde doğrudan geçip gidecek suları da alabilecek şekilde giriş yerine fazla kapasite verilmelidir. Yani caddedeki debinin %100'ünü alacak şekilde düşünülmelidir.[14]
- Çukur yerlerdeki girişler tıkanma temayülündedir. Bu sebepten, bunların emniyetli kapasiteleri küçük tutulmalıdır. Çukur yerlerde bırakılan girişlerin kapasiteleri, bordür girişlerinde %10, birleşik girişlerde %10-%20 arası, ve cadde arkalarında bırakılan girişler için %25-%30 arasında azaltılmalıdır.[15]

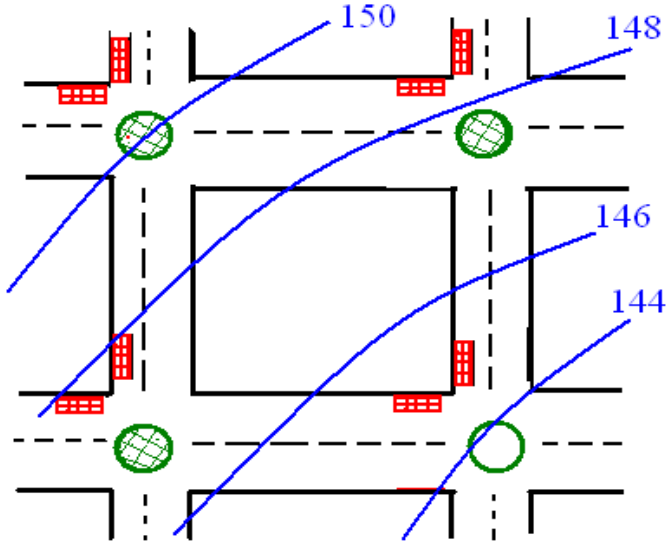
### **3.9 Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Tertip Esasları**

Yollardaki trafik şeritlerinin su altında kalmasını önlemek için yağmursuyu giriş yerleri kâfi büyüklük ve sayıda yapılmalıdır.[5,16] Özellikle çukur yerlerde bırakılan girişler de suyun caddeye yayılma miktarı 3 m'yi geçmemelidir. Yağmursuyunun giriş yerini atladığı yerlerde suyun yola yönelmeyecek şekilde tertip edilmelidir.[8] Mansaptaki girişte tutulamayan suyu bir sonraki giriş yeri alabilmelidir.

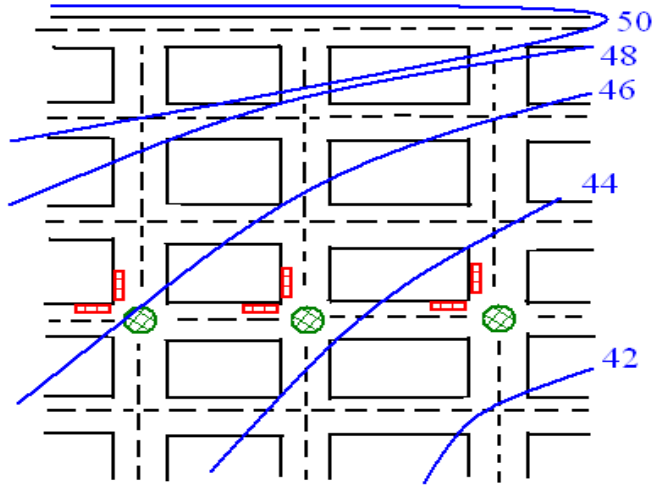
Yağmursuyu giriş yerlerinin konumları ve sayıları aynı zamanda yaya geçitlerini su baskınından muhafaza etmek arzusuna da bağlıdır. Bağlantı borularının kontrol ve temizlenmesine imkan vermek için yağmursuyu giriş yerlerinin bacalara bağlanması tercih edilir.

Meskûn bölgenin tesviye eğrili bir planı üzerinde giriş yerleri yerleştirilirken en ideal durum Şekil 2a'da görüldüğü üzere, caddenin eğimine göre her bir kavşakta 4 adet giriş bırakılır. Böylece yaya geçitleri su baskınından korunur. Bu halde arktaki akış yolu, bir blok uzunluğu kadardır. Caddenin eğim durumuna göre, kesişen caddeler arasındaki mesafe 90-150 m yi geçiyorsa veya çatı ve kaplamalı yüzeylerden gelen yağmursuları doğrudan cadde arkına veriliyorsa, daha giriş yerine gelmeden arktaki su derinliği trafiği engelleyecek duruma gelebilir.[5] Bahsedilen olayı İstanbul Maslak istikametindeki 4. Levent otobüs durağında görülebilir. Böyle yerlerde arada başka bir yağmursuyu giriş yerinin bırakılması zaruri olmaktadır. Cadde boyuna eğiminin fazla olması halinde de, yağış sularının caddeden hızla uzaklaştırılması için





**Şekil 2.b** Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan her kavşakta iki adet yağmursuyu girişi konulması



**Şekil 2.c** Önemsiz yerlerde, yağmursuyu girişlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi

Özet olarak Őu hususları belirleyebiliriz;

- Cadde ve yolların enkesitleri, akımın geniŐliĐi, giriŐ yerleri kapasitesi, bakım ve onarım için giriŐ yerlerinin içine girilebilmesi, taŐıt ve yaya yoĐunluĐu sűrűntű ve dűkűntű maddesi miktarı, yolun eĐimi (enine ve boyuna), akıŐa geçen su miktarı gibi baŐlıca faktűrler yaĐmursuyu giriŐ yerlerinin tertip edilmesinde etkilidir.
- YaĐmursuyu giriŐ yerlerinin en ekonomik ve etkili bir drenaj yapacak Őekilde belirlenmesi gerekir. Meskűn bűlgelerde, taŐıt ve yaya trafiĐi űnemli bir belirleyicidir. Yol ve cadde geçiŐlerinde yaĐmursuyu giriŐ yerleri yaya geçidini etkilemeyecek Őekilde kaldırım ve arkın menba bitiŐ noktasının keŐiŐiminde yapılmalıdır.[17]
- YaĐmursuyu giriŐ yerleri arası mesafe, kapasiteleriyle ilgilidir. Kapasiteleri de su derinliği, suyun caddede yayılma miktarı, enine ve boyuna kesiti ve yolun durumu çukur veya kurb olması gibi faktűrlere bağlıdır.[17]
- ÇoĐunlukla yağmursuyu ızgaralarının enine veya boyuna geniŐletilmesi kaçak su akımının cadde yerine arka yűnelmesini sağlar.[17]

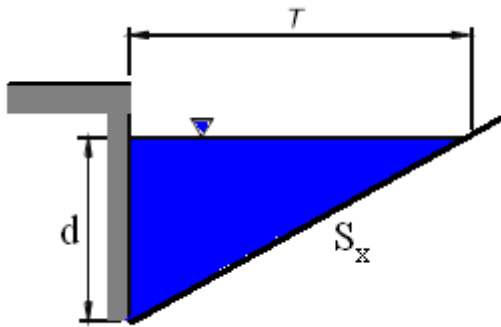
## 4. YAĞMURSUYU GİRİŞ YERLERİNİN HİDROLİĞİ

### 4.1. Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Hidrolik Hesabı

Yağışlardan sonra arklarda oluşan akışın caddeye yayılma miktarı ve su derinliği kontrol altına alınmaktadır. Aksi takdirde taşıtlar ve yayalar için tehlike arz eden yoldaki suyun film tabakası oluşturarak taşıtların yol yüzeyi ile temasını azaltarak kaymasına sebep olan durumlar ve su sıçramasından dolayı azalan görüş mesafesi kazalara sebep olabilir. Su derinliği ve suyun yayılma miktarı sınır değerlerini geçtiği yerlerde yağmursuyu giriş yerleri yapılarak drenaj sağlanır. Arktaki su derinliği ve yayılma miktarı arkın şekline, yolun enine eğimine bağlıdır. Akım herhangi bir yük kaybı “Manning Formülüyle” hesap edilir.

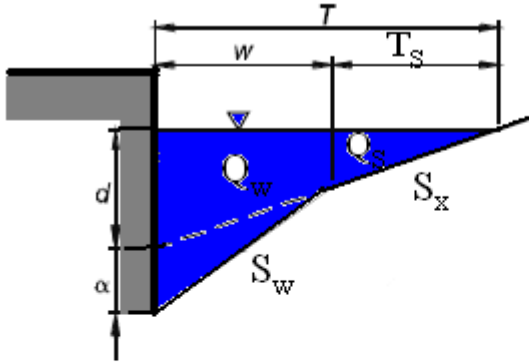
Şekil 3’de pratikte kullanılan başlıca ark enkesitleri görülmektedir. Meskun bölgelerde en yaygın ‘V’ şeklinde ve kompozit şekilde olanlar kullanılır. Uygun bir drenaj için caddenin boyuna eğimi de % 4’den küçük olmalıdır [18].

#### 1. Üniform Kesit



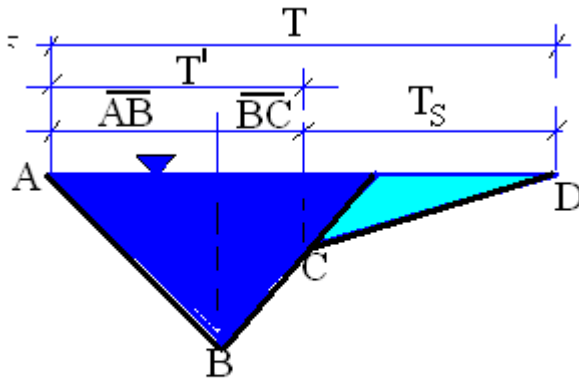
Şekil 3.1: Üniform kesit

## 2. Kompozit kesit



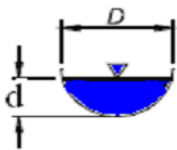
Şekil 3.2: Kompozit kesit

## 3. 'V' şeklinde kesit



Şekil 3.3: 'V' şeklinde kesit

## 4. Dairesel kesit



Şekil 3.4: Dairesel kesit



Trafik hızı ve yol sınıfı seçimi suyun yola izin verilen yayılma miktarının bir fonksiyonudur. A.B.D. Karayolları Genel Müdürlüğü (F.H.W.A) tarafından belirlenen proje hızı – yayılma miktarı (T(m)) oranı Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1** Yolun proje hızına göre suyun izin verilen maksimum yayılma oranı (FHWA 1996)

<u>Yol Cinsi</u>	<u>Proje Hızı</u>	<u>Maksimum Yayılma (m )</u>
Yüksek yoğunluk Tam bölünmüş Çift yönlü	<70 km/h	Banket + 0,9 m
Yan yollar	>70 km/h Çukur noktada	Banket Banket + 0,9 m
	<70 km/h >70 km/h Çukur noktada	1/2 şerit Banket 1/2 şerit
Ara sokaklar	Düşük Trafik Yoğ.	1/2 şerit
	Yüksek Trafik Yoğ.	1/2 şerit
	Çukur Noktada	1/2 şerit

#### 4.1.1. Üniform ark kesitinde akış [18]

Su derinliği suyun yayılma miktarı ve enine eğime bağlıdır.

$$d = T S_x \quad (4.1)$$

Arktaki Suyun Alanı [Islak Alan]

$$A = T \cdot d/2 = T^2 S_x / 2 \quad (4.2)$$

Islak Çevre Üniform Kesitte

$$P = T (1 + S_x) \approx T \quad (4.3)$$

d : Su derinliği (m)

T : Yayılma miktarı (m)

$S_x$  : Yolun enine eğimi (m/m)

A : Akış Alanı (m<sup>2</sup>)

P : Islak Çevre (m)

Manning Formülünde yerine konularak

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_L^{1/2} \quad (4.4)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{A}{P} \right]^{2/3} \cdot S_L^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{T^2 S_x / 2}{T(1 + S_x)} \right]^{2/3} \cdot S_L^{1/2}$$

$$Q = \frac{K_G}{n} \cdot S_x^{5/3} \cdot T^{8/3} \cdot S_L^{1/2} \quad (4.5)$$

$K_G$  : 0,376 (ampirik sabit)

$S_x$  : Yolun boyuna eğimi (m/m)

Caddeler için Manning'in "n" pürüzlülük katsayısı değeri FHWA'nın 1996'da hazırladığı (Tablo2.'de) tablodan görülebilir.

**Tablo 2** Manning 'n' pürüzlülük katsayısı değerleri – Cadde ve giriş yerleri için (FHWA 1996)

<u>Ark veya Cadde Cinsi</u>	<u>Manning 'n'</u>
Beton giriş yeri	0,012
Asfalt kaplama	
Yumuşak tip	0,013
Sert tip	0,016
Asfalt kaplanmış beton	
Giriş yeri	
Yumuşak	0,013
Sert	0,015
Beton kaplama	
Mala ile düzeltilmiş	0,014
Tırmık ile düzeltilmiş	0,016

#### 4.1.2. Kompozit kesitlerde akış

Şekil 3.2’de de görüleceği gibi akım yol tarafındaki ve arkta olmak üzere ikiye ayrılıyor.

$$Q = Q_w + Q_s \quad (4.6)$$

Q : Toplam debi (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>w</sub> : Arktaki debi (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>s</sub> : Yol tarafındaki debi (m<sup>3</sup>/s)

Yayılma miktarı (T) ise;

$$T = W + T_s \quad (4.7)$$

W : Arkın genişliği (m)

T<sub>s</sub> : Yol tarafındaki yayılma genişliği (m)

Gerçek su derinliği (kaldırımın yüzündeki),

$$y = d + a = T \cdot S_x + a \quad (4.8)$$

y : Kaldırım yüzündeki su derinliği (m)

d ve a: Şekil 3.2’de görülmektedir. (m)

Böylece arkın enine eğimi a ile küçük bir miktar artar.

$$S_w = S_x + a/w \quad (4.9)$$

S<sub>w</sub> : Arkın enine eğimi (m/m)

Kompozit Kesitlerdeki Debi, Q yerine Q<sub>s</sub>, T yerine de T<sub>s</sub> yerleştirilerek bulunur.

$$\theta_s = \frac{K_G}{n} \cdot S_x^{5/3} \cdot T_s^{8/3} \cdot S_L^{1/2} \quad (4.10)$$

$$Q_w = E_o \cdot Q \quad (4.11)$$

E<sub>o</sub> : Toplam debi yüzdesi (0 ≤ E<sub>o</sub> ≤ 1)

$$Q = \frac{Q_s}{1 - E_o} \quad (4.12)$$

Yukarıdaki ifadede geçen E<sub>o</sub> değeri aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$E_o = \left\{ 1 + \frac{S_w / S_x}{\left( 1 + \frac{S_w / S_x}{(T / W) - 1} \right)^{8/3} - 1} \right\}^{-1} \quad (4.13)$$

[FHWA, 1996]

Yağmursuyu Giriş Yerlerinin Verimi;

$$E = \frac{Q_c}{Q} \quad (4.14)$$

E : Verim

$Q_c$  : Yağmursuyu Giriş Yerince Tutulan debi ( $m^3/s$ )

Q : Caddedeki debi ( $m^3/s$ )

Yağmursuyu giriş yerinin tutamadığı (pas geçen) kaçan Debi;

$$Q_b = Q - Q_c \quad (4.15)$$

$Q_b$  : Kaçan Debi ( $m^3/s$ )

Diğer ark şekillerine de Manning Formülü uygulanarak debiler hesaplanabilmektedir.

## 4.2. Bordürde Bırakılan Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı

### 4.2.1. Sürekli eğimli yerlerde bordürde bırakılan yağmursuyu girişlerinin hidrolik hesabı

Su derinliği ve bordür girişi uzunluğu tutulan debiyi belirleyen başlıca parametrelerdir. Eğer giriş yeri çevresinde enine eğim artırılırsa (çukurlaştırılırsa) su derinliği artacak ve bu da bordür girişinin en iyi verimle çalışmasını sağlayacaktır.

Daha öncede bahsedildiği gibi yağmursuyu bordür giriş yüksekliği 150 mm'den büyük olmamalıdır. Üniform kesitli arktaki yağmursuyu bordür girişi uzunluğu aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir.

$$L_T = K_C \cdot Q^{0.42} \cdot S_L^{0.3} \left( \frac{1}{nS_x} \right)^{0.6} \quad (4.16)$$

$L_T$  : Gerekli bordür girişi uzunluğu (m)

$Q$  : Toplam gelen debi ( $m^3/s$ )

$S_L$  : Yolun boyuna eğimi (m/m)

$S_x$  : Enine eğim (m/m)

$n$  : Manning katsayısı

$K_C$  : 0,817

Bordür girişi uzunluğu  $L < L_t$  ise verim;

$$E = 1 - \left( 1 - \frac{L}{L_t} \right)^{1,8} \quad (4.17)$$

$E$  : Bordür girişinin verimi

$L$  : Bordür girişi uzunluğu (m)

Eğer çukurlaştırılma yapılmışsa enine eğim;

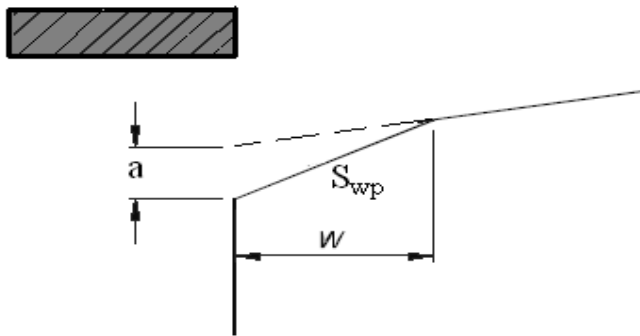
$$S_e = S_x + S_{wp}E_o \quad (4.18)$$

$S_e$  : Eşdeğer enine eğim (m/m)

$S_x$  : kaplama (yol) enine eğim (m/m)

$S_{wp}$  :  $a/W$  (Şekil 4)

$E_o$  : Toplam debi yüzdesi ( $W$  genişliğinde arkta)



**Şekil 4:** Çukurlaştırılmış bordür girişi kesiti ve şekil üzerinde 'a' değeri [18]

#### 4.2.2. Çukur yerlerde bırakılan, bordür girişlerinin hidrolik hesabı

Çukur yerlerde bordür girişi yüksekliği  $h$ , giriş yerinin önündeki su derinliğine eşit veya büyükse o zaman bordür girişi savak gibi davranır. Eğer su derinliği  $1,4h$  dan büyükse orifis gibi davranır. Ani değişimlerde savak ve orifis şeklinde davranır. Güvenli bir yaklaşımla debiler hesap edilirken her iki (orifis ve savak) kabulde hesaplar yapıldıktan sonra küçük olan debi ve büyük olan uzunluk seçilir.[18]

Savak Davranışında debi:

$$Q_{iw} = C_w \cdot L \cdot d^{3/2} \quad (4.19)$$

$Q_{iw}$  : Bordür girişinin debi kapasitesi ( $m^3/s$ )

$C_w$  : Savak sabiti (1.6)

Çukurlaştırılmış girişlerde;

$$Q_{iw} = C_w \cdot (L + 1,8 W) d^{3/2} \quad (4.20)$$

$W$  : Arkın genişliği (m)

Orifis Davranışında debi;[18]

$$Q_{or} = 0,67 h \cdot L (2g \cdot d_o)^{1/2} \quad (4.21)$$

$h$  : Bordür girişi yüksekliği (m)

$d_o$  : Etkili (bordür girişi önündeki) su derinliği (m)

Ayrıca bordür girişinde oluşan su yüzü profili ve enkesitleri Şekil 4'de verilmiştir.

Bordürde teşkil edilen girişin hidrolik kapasitesini örnekle açıklamak gerekirse;

**Örnek 4.1.** Tip 22 Bordürde girişin Tablo 4.'den  $Q = 0,164 m^3/s$  ' lik

Tutulan debi , Tablo A.1.'den  $d = 0,087 m$  su derinliği alınarak  $L$  (Bordür girişi uzunluğu) 'nin değerinin bulunması.(  $S_L = \% 2$  için )

**Çözüm.**

Bordür girişinin savak davranışında olduğu kabul edilerek  $C_w = 1,6$  metrik sistemde savak sabiti alınarak.

(4.19) denkleminde;

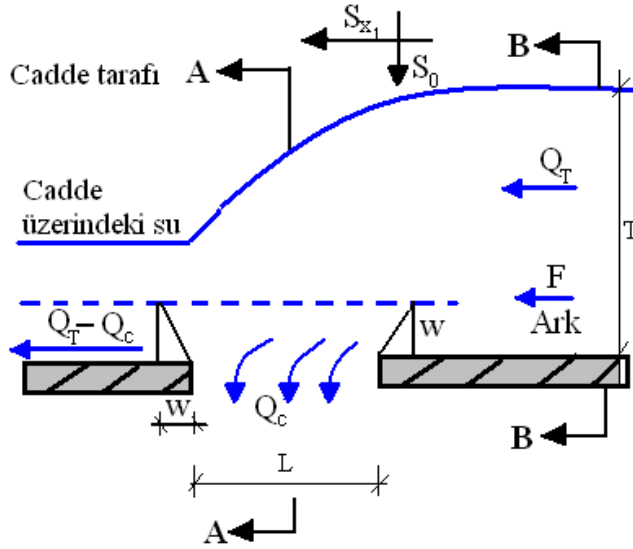
$$Q = C_w \cdot L \cdot d^{1,5}$$

$$0,164 = 1,6 \cdot L \cdot (0,087)^{1,5}$$

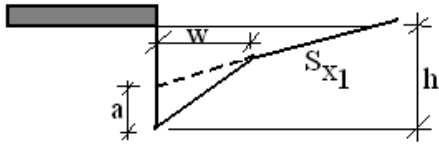
$L = 3,99$  m gerekli olan bordür girişi uzunluğudur.

Tip 22 girişinin uzunluğu ise  $L = 4,5$  m 'dir.

Tip 22 bordür girişinin gerekli bordür girişi uzunluğundan büyük olduğu için verimli bir şekilde debiyi savaklamıştır.

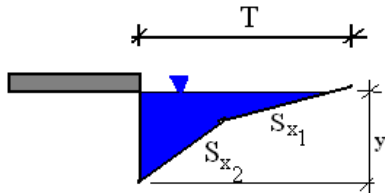


#### PLAN



$$a = W / 12$$

#### A-A KESİTİ



#### B-B KESİTİ

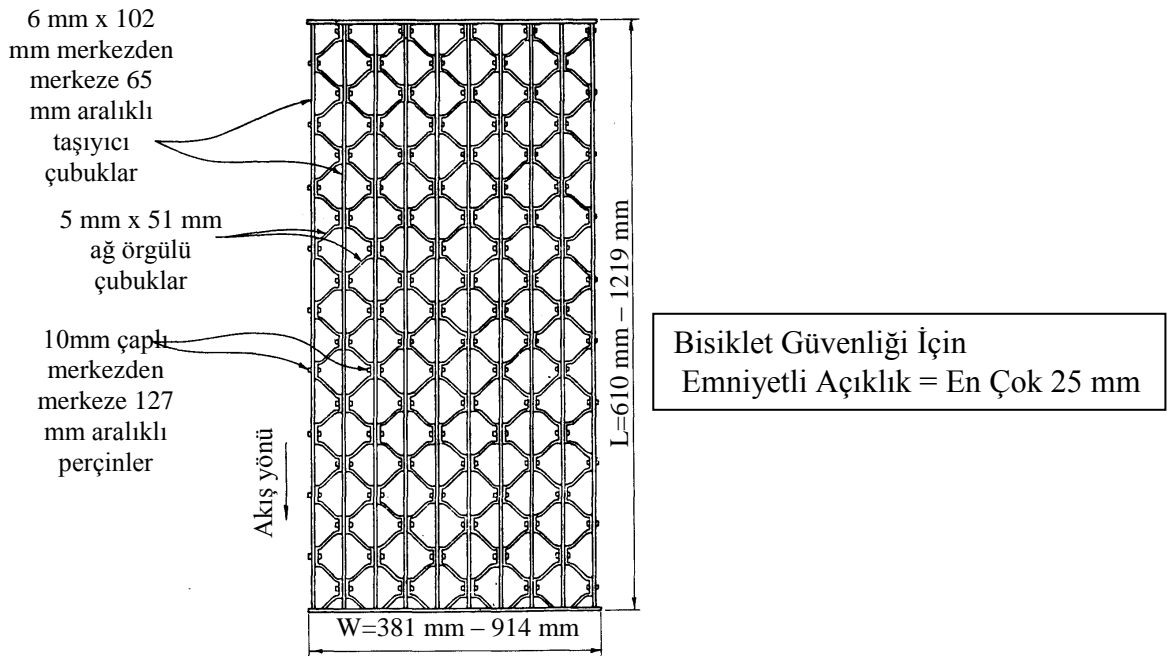
Şekil 5 Bordür girişi kesitleri ve su yüzü profili planı [4]

### 4.3. Cadde Arkında Bırakılan Girişler (Izgaralı Girişler)' in Hidrolik Hesabı

Yapılan çalışmalarda cadde arkında bırakılan girişlerin veriminin yolun her iki tarafındaki enine eğimlerin eşit olması halinde yüksek olduğu görülmüştür.[19]

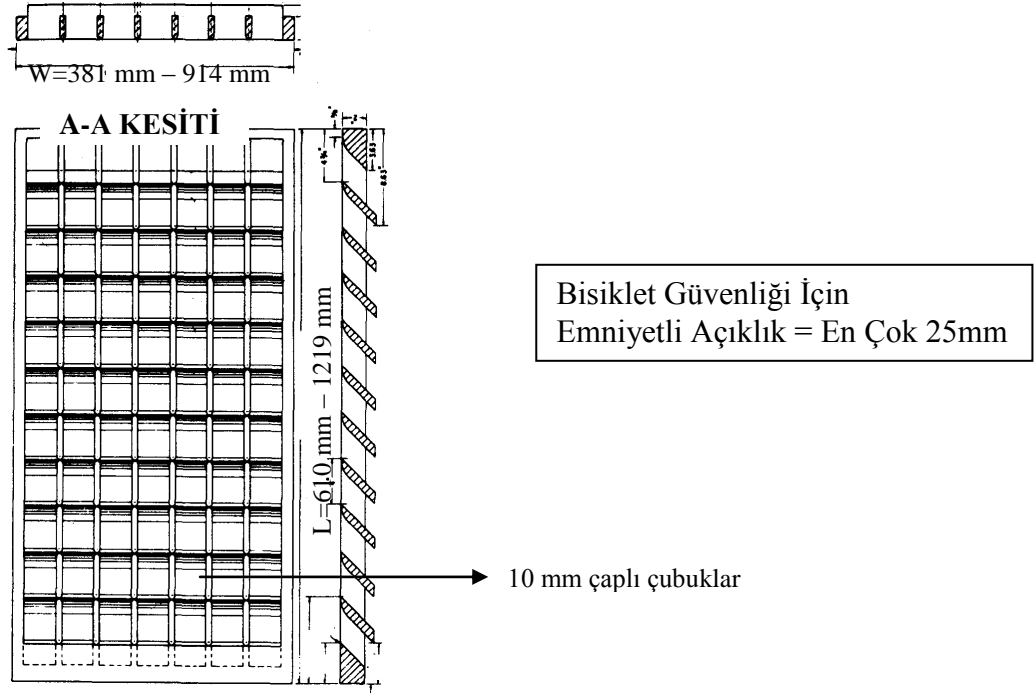
#### 4.3.1. Sürekli eğimli yerlerde, cadde arkında bırakılan girişlerin hidrolik hesabı

Kapasiteleri suyun derinliği, ızgaraların şekli ve diziliş biçimi ve yaklaşan suyun hızına bağlıdır.[18] Izgara diziliş şekilleri (Şekil 6, 7, 8, 9, 10)'da detaylı olarak verilmiştir.

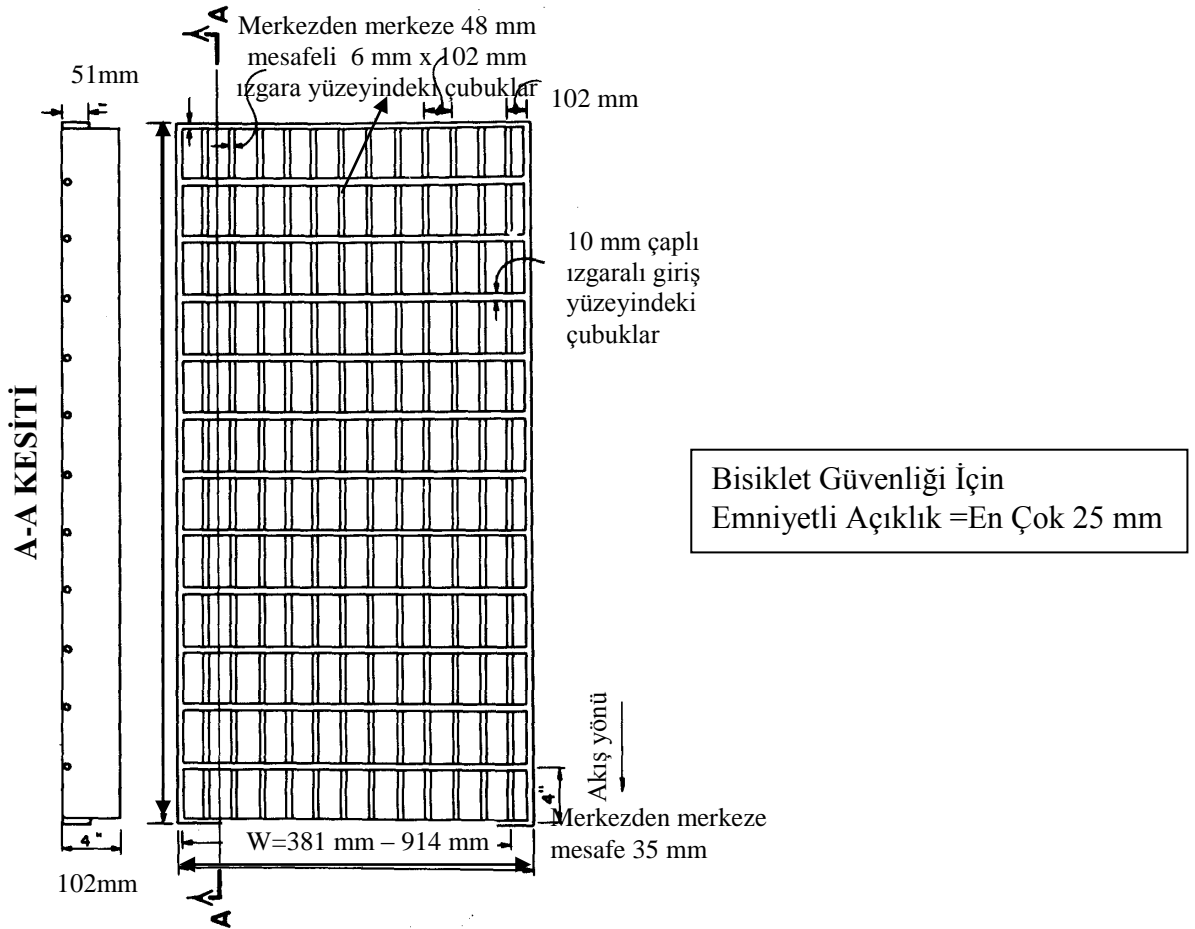


Şekil 6 Ağ örgülü ızgara girişi [20]

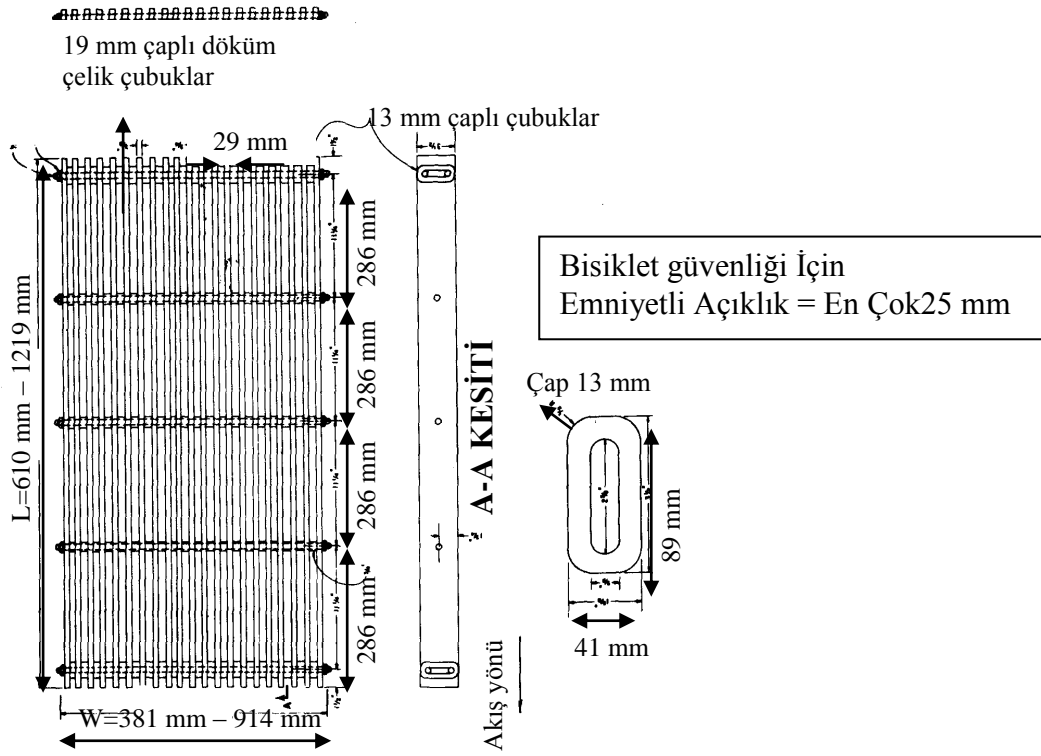




Şekil 7 45° eğilmiş çubuklardan oluşan ızgara girişi[20]



Şekil 8 Merkezden merkeze 48 mm mesafeli 13 çubuktan oluşan ızgaralı giriş [20]



Şekil 9 Merkezden merkeze 29 mm aralıklı paralel çubuklu ızgara girişi [20]

Öncelikle cadde tarafındaki debi ( $Q_s$ ) ile arktaki debinin belirlenmesi ( $Q_w$ ) için 4.7 denkleminde;

$$Q_w = E_o \cdot Q \quad (4.22)$$

$$Q_s = (1 - E_o) Q \quad (4.23)$$

İzgaralı giriş tarafından tutulan cephe akış ( $Q_w$ )<sub>c</sub>;

$$(Q_w)_c = R_f \cdot Q_w \quad (4.24)$$

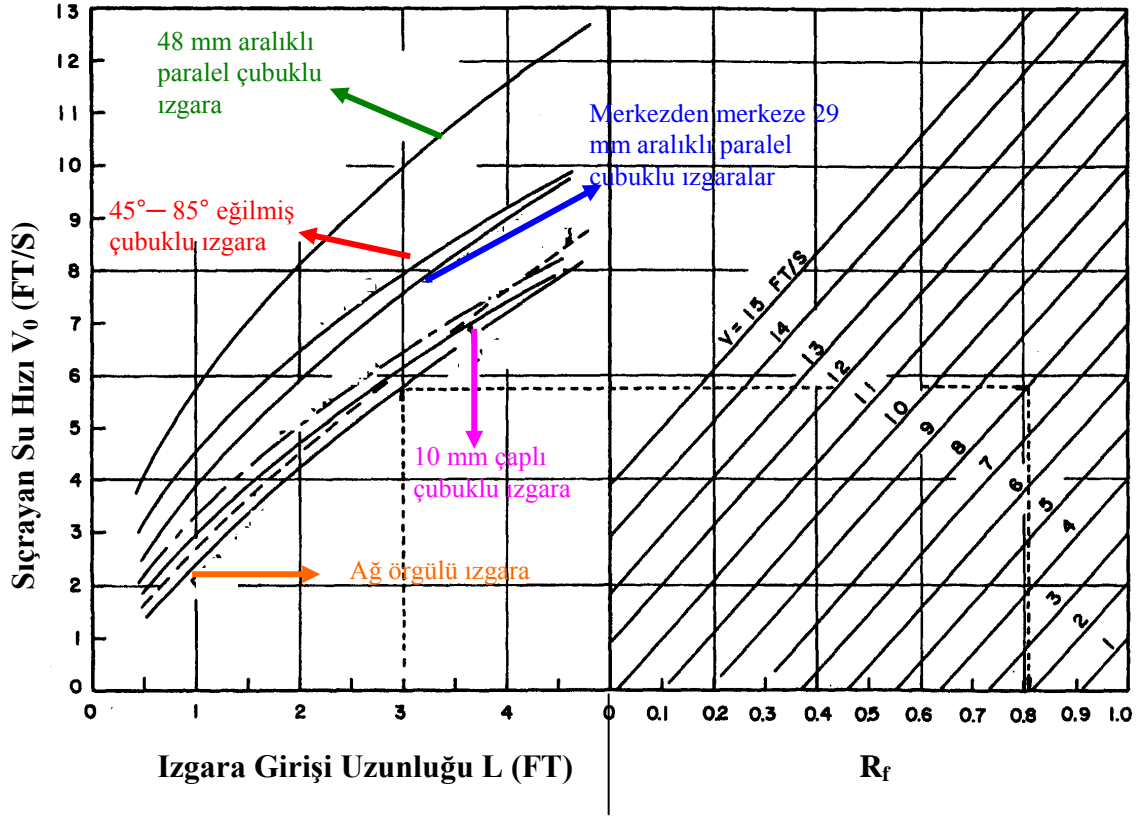
$$R_f = \begin{cases} 1 - K_{cf} (V - V_o); & V \geq V_o \\ 1; & V \leq V_o \end{cases} \quad (4.25)$$

$R_f$  : Cephe akışı oranı

$K_{cf}$  : 0,295 sabit

$V = Q/A$  [ arktaki ortalama su hızı (m/s)]

$V_o$  : Su sıçraması oluştuğunda hız (m/s)



Şekil 10  $R_f$  ve  $V_o$  in başlıca ızgara tiplerinde belirlenmesine yarayan grafik.[7]

Yan akış debisi  $(Q_s)_c$  (ızgaralı giriş tarafından tutulan)

$$(Q_s)_c = R_s \cdot Q_s \quad (4.26)$$

$$R_s = \left( 1 + \frac{K_s \cdot V^{1.8}}{S_x \cdot L_g^{2.3}} \right)^{-1} \quad (4.27)$$

$L_g$  : Iızgara uzunluğu (m)

$S_x$  : Cadde enine eğimi (m/m)

$K_s$  : 0,0828 sabit

$R_s$  : Yan akış oranı Toplam tutulan debi, yan akış debisi ile cephe akış debisinin toplamıdır.

$$Q_c = (Q_w)_c + (Q_s)_c = R_f \cdot Q_w + R_s \cdot Q_s = Q \cdot [R_f \cdot E_o + R_s (1-E_o)] \quad (4.28)$$

Izgaralı girişin verimi;

$$E = R_f \cdot E_o + R_s (1-E_o) \quad (4.29)$$

#### 4.3.2. Çukur yerlerde, cadde arkında bırakılan girişlerin hidrolik hesabı

Izgaralı girişin orifis veya savak şeklinde davranışı ızgara açıklığı ve boyutları ile ilgilidir. Küçük su göllenmelerinde savak gibi, geniş su göllenmelerinde orifis gibi davranır.[18]

Tıkanma problemlerine karşı çukur yerlerde kullanılmamaları daha uygundur.[7]

Savak Davranışı:

$$Q_{gw} : C_w \cdot P_g \cdot d^{3/2} \quad (4.30)$$

$Q_{gw}$  : Savak davranışında ızgaralı girişin debi kapasitesi ( $m^3/s$ )

$C_w$  : Savak katsayısı 1.66

$P_g$  : Izgaralı girişin etkili çevresi (m)

$d$  : Su derinliği (m)

Orifis davranışında;

$$Q_{gor} = 0,67 \cdot A_g (2g \cdot d)^{1/2} \quad (4.31)$$

$Q_{gor}$  : Orifis davranışında debi kapasitesi ( $m^3/s$ )

$A_g$  : Temiz açıklık alanı (ızgaralı girişin) ( $m^2$ )

$g$  : Yerçekimi ivmesi ( $m^2/s$ )

$d$  : Su derinliği (m)

**Örnek 4.2.** Tablo 3.'den Tip B ızgaralı girişi için verilen  $S_L=0,01$  boyuna eğimli yolda  $Q = 0,011 m^3/s$  'lik debiyi (  $d=0,028 m$  su derinliği Tablo 6.'dan) tutması için gereken ızgara uzunluğu kaç olmalıdır? (  $W=0,45 m$  ,  $L=0,75 m$  Tip B ızgaralı giriş boyutları ) ( $C_w = 1,66$  )

**Çözüm.**

Tip B ızgaralı girişin savak davranışında olduğu kabul edilirse;

(4,30) denkleminde;

$$Q = C_w \cdot P \cdot d^{1.5}$$

$$0,011 = 1,66 \cdot P \cdot (0,028)^{1.5}$$

$$P = 1,4 m$$

$P = L + 2W$  ( Islak Çevre ızgaralı giriş kaldırırma bitişik olduğundan sadece cadde tarafında ızgaralı girişin L uzunluğu alınmıştır.)

$$1,4 = L + [2 \cdot (0,45)]$$

$L = 0,5$  m (gerekli ızgara girişi uzunluğu )

Tip B ızgaralı girişin  $L = 0,75$  m  $>$  0,5 m olduğundan  $Q = 0,011$  m<sup>3</sup>/s 'lik debiyi tutabilecektir.

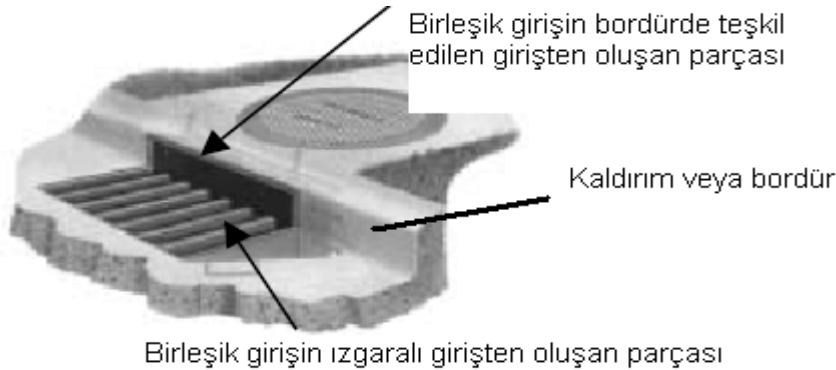
#### 4.4. Birleşik Yağmursuyu Girişlerinin Hidrolik Hesabı

##### 4.4.1. Sürekli eğimli yerlerde, birleşik yağmursuyu girişlerinin hidrolik hesabı

Bordür girişi uzunluğu, ızgaralı giriş uzunluğuna eşitse debi kapasitesi ızgaralı girişten büyük olmadığı kabul edilerek ızgaralı girişlerdeki hesap metodu izlenir.[18]

Eğer bordür giriş uzunluğu ızgaralı girişten büyükse ızgaralı girişten sonraki fazla bordür girişi kapasitesi ve ızgaralı girişin kapasitesinin toplamı, tutulan toplam debi kapasitesini verir. Hesaplamalar yapılırken;

Bordür girişinin tuttuğu cephe akışı ızgaralı girişin tuttuğu cephe akışından ( $Q_w$ ) çıkarılır.[18]



Şekil 11 Birleşik yağmursuyu girişi [6]

##### 4.4.2. Çukur yerlerde, birleşik yağmursuyu girişlerinin hidrolik hesabı

Çukur yerlerdeki kapasite belirlenirken ızgaralı giriş uzunluğu ile bordür girişi uzunluğu dikkate alınır. Eğer bordür girişi ızgaralı girişten uzunsa, ızgaralı girişi

tıkayabilecek olan sürüntü ve döküntü malzemesini bordür girişince etkili bir şekilde tutularak ızgaranın tıkanmasını engeller[18].

**Savak koşullarında;** ızgara ve bordür giriş uzunlukları eşitse yalnız ızgaralı giriş varmış gibi hesap yapılır. Ancak bordür, ızgara girişinden uzunsa savak kapasitesi ızgaralı giriş kapasitesi ile bordür girişinin ızgaradan uzun kısmının kapasitesinin toplamı şeklinde hesabı yapılabilir.[18] Bu hesapta ızgaralı giriş savak uzunluğu;

$$P_{wg} : L_g + W_g \quad (4.32)$$

$P_{wg}$  : Uygulanabilir ızgaralı giriş savak uzunluğu (m)

$L_g$  : Izgaralı giriş uzunluğu (m)

$W_g$  : Izgaralı giriş genişliği (m)

**Orifis koşullarında;** Birleşik giriş kapasitesi, ızgaralı ve bordür giriş kapasitelerinin toplamı şeklinde hesaplanabilir. Izgaralı giriş kapasitesi 4.28 formülünden bordür girişi kapasitesi de 4.19 formülü yardımıyla bulunabilir.[18]

**Örnek 4.3.**Tip 12 birleşik girişinin Tablo 8.'den  $S_L = 0,02$  boyuna eğimli yolda

$d = 0,077$  m su derinliği ve Tablo B.1'den  $Q = 0,085$  m<sup>3</sup>/s 'lik debiyi tutabilmesi için gereken birleşik giriş uzunluğu nedir? ( Tip 12 Birleşik girişi boyutları: Izgaralı giriş boyutu 0,75m X 0,475m ve Bordür girişi boyutu  $L = 0,75$  m ) ( $C_w = 1,6$  )

**Çözüm.**

Tip 12 Birleşik girişi savak davranışında olduğu kabul edilerek;

(4.30) denkleminde;

$$Q = C_w . P . d^{1,5}$$

$$0,085 = 1,6 . P . (0,077)^{1,5}$$

$$P = 2,48 \text{ m}$$

$P = 2L+2W$  (birleşik girişte hem bordür hem ızgara girişi olduğundan ıslak çevre denkleminde  $2L$  alınmıştır)

$$2,48 = 2 (L+W)$$

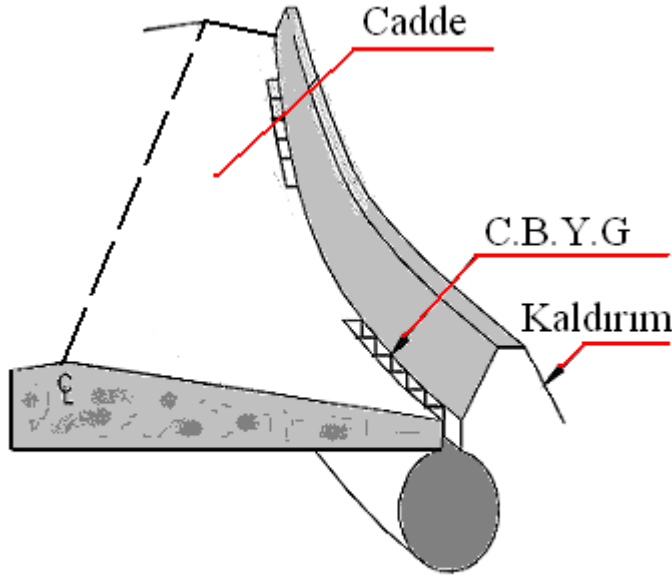
$$1,24 = L+0,475$$

$$L = 0,76 \text{ m}$$

Tip 12 Birleşik girişin uzunluğu  $L = 0,75$  m gerekli uzunluk olan  $L = 0,76$  m yaklaşık olarak eşit olduğundan  $Q$  debisini tutabilecektir.

#### 4.5. Caddelerde Boyuna Yerleştirilen Izgaralı Girişlerin Hidrolik Hesabı

##### 4.5.1. Eğimli yerlerde, caddelerde boyuna yerleştirilen ızgaralı girişlerin hidrolik hesabı



Şekil 12 Boyuna yerleştirilen ızgaralı giriş kesiti [18]

Yapılan deneyler 45 mm genişlikteki C.B.Y. girişin, bordür girişi gibi davrandığını böylece (4.16) formülünü kullanabileceğimizi gösteriyor. Ancak genişliği

45 mm'den küçükse (4.17) formülünden verimlilik hesaplanabilir. Burada (4.17)'de  $L$  yerine 45 mm'den küçük genişlik  $L_t$  yerine de 45 mm yazılmalıdır.

##### 4.5.2. Çukur yerlerde, caddelerde boyuna yerleştirilen ızgaralı girişlerin hidrolik hesabı

Çukur yerlerde 0,06 m'nin altındaki su derinliğinde savak şeklinde çalışır. Bu derinlik giriş genişliğine bağlıdır.

$$Q_{sw} : C_w L_s \cdot d^{3/2} \quad (4.33)$$

$L_s$  : C.B.Y. Giriş yeri uzunluğu (m)

$d$  : Normal enine eğime bağlı kaldırımından ölçülen su derinliği ( $d = T.S_x$ )

$C_w$  : Değeri 1.4 olan savak katsayısı

$Q_{sw}$  : C.B.Y. Giriş yeri debi kapasitesi ( $m^3/s$ )

Çukur yerlerde 0,12 m'den büyük su derinliklerinde orifis şeklinde çalışır.

$$Q_{sor} = 0,8 L_s \cdot W_s \cdot (2gd)^{1/2} \quad (4.34)$$

$W_s$  : C.B.Y. girişi genişliği (m)

$L_s$  : C.B.Y. girişi uzunluğu (m)

$Q_{sor}$  : C.B.Y. girişi debi kapasitesi ( $m^3/s$ )



## **5. KONUYLA İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR**

### **5.1. Kanada Ottawa üniversitesi'nde Yapılmış Bir Çalışma**

Kanada'nın Ottawa Üniversitesinde kurulmuş olan 1/2 ölçekli modelde bir dizi deney yapılmıştır[21]. Deneyler Ottawa şehrinde kullanılan tipteki ızgaralı ve bordür girişlerin değişik akım koşullarında, yol eğimlerinde ve ark şekillerinde hidrolik kapasitelerini incelemiştir.

Sonuç olarak bordür girişlerinin ızgaralı girişlere nazaran düşük hidrolik kapasiteye sahip oldukları gözlenmiştir. Birçok yol koşulunda bordür girişinin verimi %20 civarında gözlenirken, ızgaralı girişin verimi %70 civarında gözlenmiştir. Bunlara ek olarak çukurlaştırma yapılması da kayda değer bir etki göstermemiştir. Ancak Ottawa'da yapılan bu çalışmanın sonuçlarının bu şekilde çıkmasının temel sebebi Kanada'da kullanılan bordür girişlerinin açıklığının 1 m'den küçük olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. A.B.D 'deki benzerlerinin ise 2.5 ila 5 m arasında değişen boyutlarda olduğu düşünüldüğünde 1 m'lik uzunluğun etkili olamaması normaldir. 2.5 ila 5 m'lik uzunluk etkili ve yeterli bir hidrolik kapasite oluşturmaktadır.[21]

Şehrin dar planı yüzünden, en çok %0,5 ve %1'lik eğimlerde arktaki su yağmursuyu girişlerini pas geçiyor. Ancak düşük kotlu ve çukur yerlerde, bordür girişleri orifis ve yan savak gibi davranarak kapasitelerinde artış gözleniyor. O zaman ızgaralı girişler kadar hidrolik kapasiteleri oluyor. Bu yüzden bordür girişlerinin boyutlarının büyütülerek yeterli kapasitede çalışmaları sağlanabilir.

### **5.2. ABD'nin Kansas Üniversitesi'nde Yapılan Çalışma**

Diğer bir çalışmada Kansas Üniversitesi'nde yapılmıştır. Bu çalışmada Kansas eyaletinde kullanılmakta olan değişik tiplerdeki yağmursuyu girişlerinin hidrolik performansları incelenmiştir.

### 5.2.1. Deney düzeneği

Kansas Karayolları'nda kullanılan standart yağmursuyu girişlerinin hidrolik modelleme çalışmaları Kansas Üniversitesi Hidrolik laboratuvarında 1/4 ölçekli 15 m uzunluğundaki yol modelinde yapılmıştır.

Modelde 1/4 ölçekli standart bordür girişleri, ızgaralı giriş ve birleşik girişler yerleştirilmiştir. Boyuna ve enine eğimi ayarlanabilen modelde yolun üst katından, girişlerin yerleştirildiği yer arası mesafe 9 m'dir. Yol yüzeyi yüksek yoğunluklu poliüretan malzeme oluşturmaktadır. Yüzeyin sürtünmesini artırmak için kaymayı önleyici bir malzeme boyayla karıştırılarak yüzeyler boyanmıştır. Model laboratuvarın üst tankından alınan suyla beslenmektedir. Yağmursuyu girişleri tarafından tutulan su miktarı "90° üçgen savakla", kaçan su miktarı ise birim savakla ölçülmüştür. Her iki savaktaki su seviyesi de dinlendirme havuzundaki dereceli silindire ölçülmüştür. 0,03 m'nin altındaki ana deşarj debileri dereceli silindir ve kronometreyle ölçülmüştür.[22]

Deneyle % 0,5, 1, 2, 3, 5'lik boyuna eğimlerle ve % 1,6 , 3,1'lik enine eğimler değiştirilerek 1,5 m, 3 m ve 4,5 m uzunluğundaki Tip 22 bordür girişleri, Tip 12 birleşik girişler(0,75 x 0,475 m ızgaralı giriş 0,75 m uzunluğunda bordür girişi), Tip B ızgaralı giriş (0,75 x 0,45 m) Beton ızgaralı giriş ve Tip I birleşik girişlerle yapılmıştır.[22]

Tutulan debiler ile Caddedeki toplam debiler ölçülerek değişen enine ve boyuna eğimler ve yağmursuyu girişleri grafikleri elde edilmiştir. Bizim çalışmamızın temelini ise;

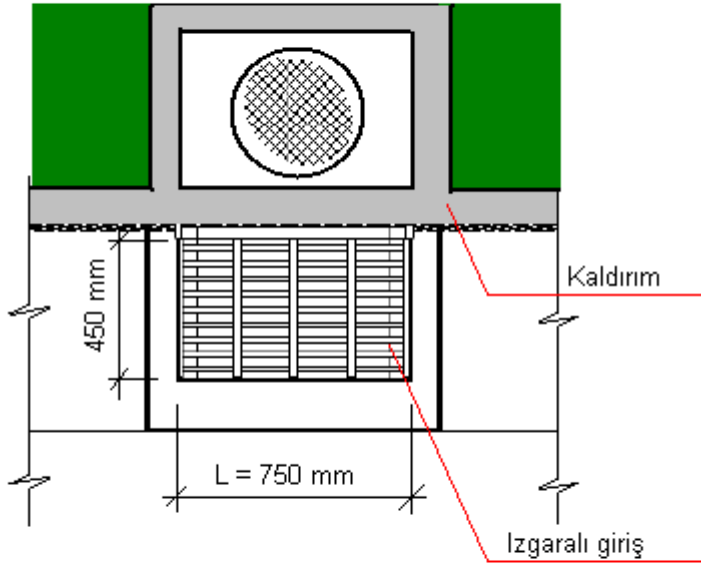
% 3,1 enine eğim ve % 0,5, 1, 2, 3, 5'lik boyuna eğim değişimlerinden elde edilmiş Tip 22 (L = 4,5 m) bordür girişi

% 3,1 enine eğim ve % 0,5, 1, 2, 3, 5'lik boyuna eğim değiştirilerek elde edilmiş

Tip 12 [(0,75m X 0.475m) ızgaralı giriş ve (0,75m) uzunlukta bordür girişi] birleşik eğim değiştirilerek elde edilmiş Tip B [(0,75m X 0.45m)] ızgaralı girişlerden alınan Toplam caddeye verilen debi ile bu girişlerin savakladığı (tuttuğu) debilerin grafikleri oluşturmaktadır.[22]

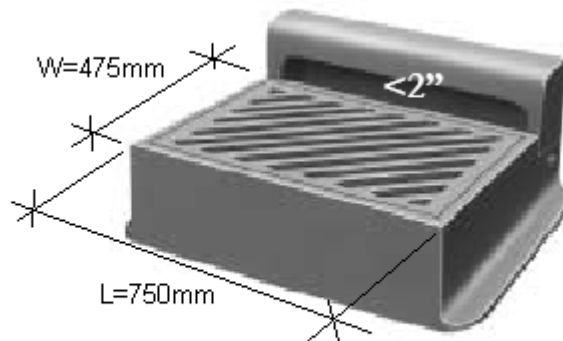
### 5.3.Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

#### 1. Tip B Izgaralı Giriş



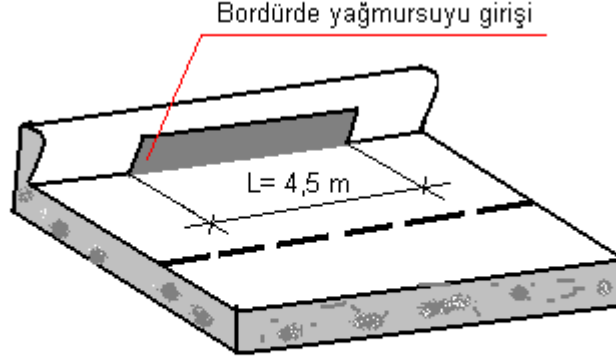
**Şekil 13** Tip B Izgaralı Giriş  
(L = 0,75 m) (W=0,45 m)

#### 2. Tip 12 Birleşik yağmursuyu girişi



**Şekil 14** Tip 12 Birleşik giriş boyutları  
(L=0,75 m, W=0,475 m Izgaralı giriş boyutu)  
(L=0,75 m Bordür girişi uzunluğu)

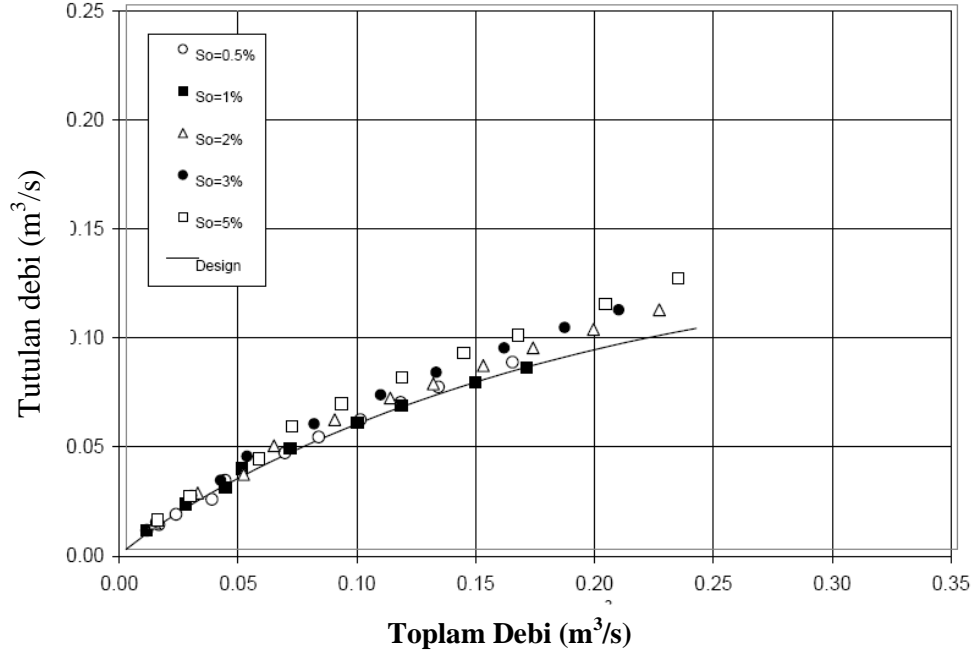
### 3. Tip 22 (L=4,5 m) , Bordür girişi



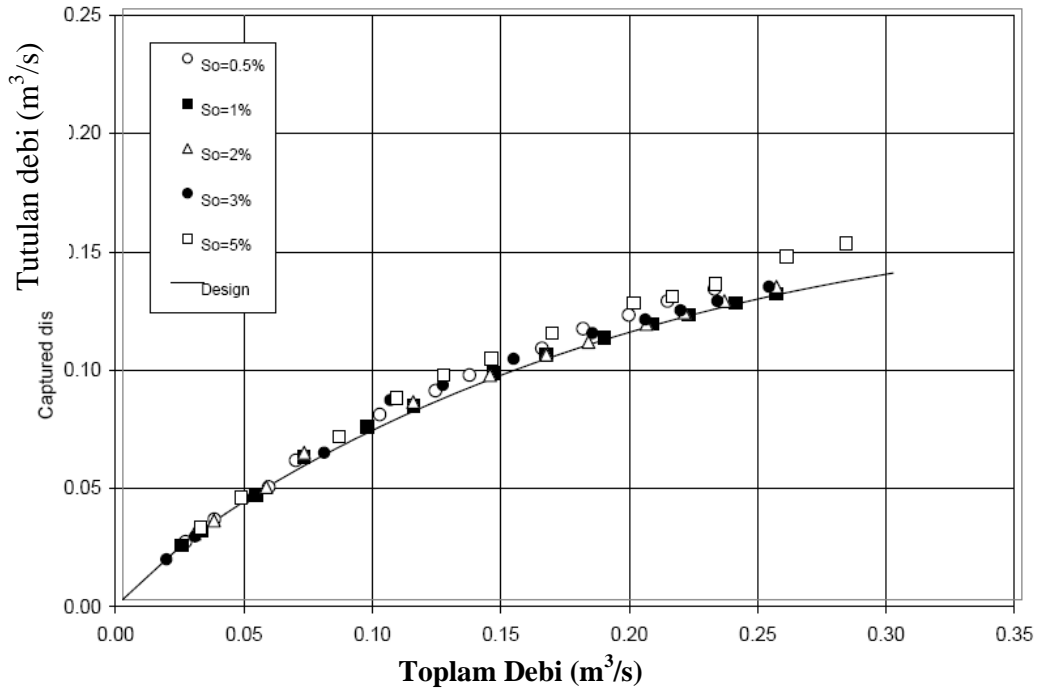
Şekil 15 Tip 22 Bordürde teşkil edilmiş giriş (L=4,5 m)

Çalışmamızın temelini oluşturan grafikler;

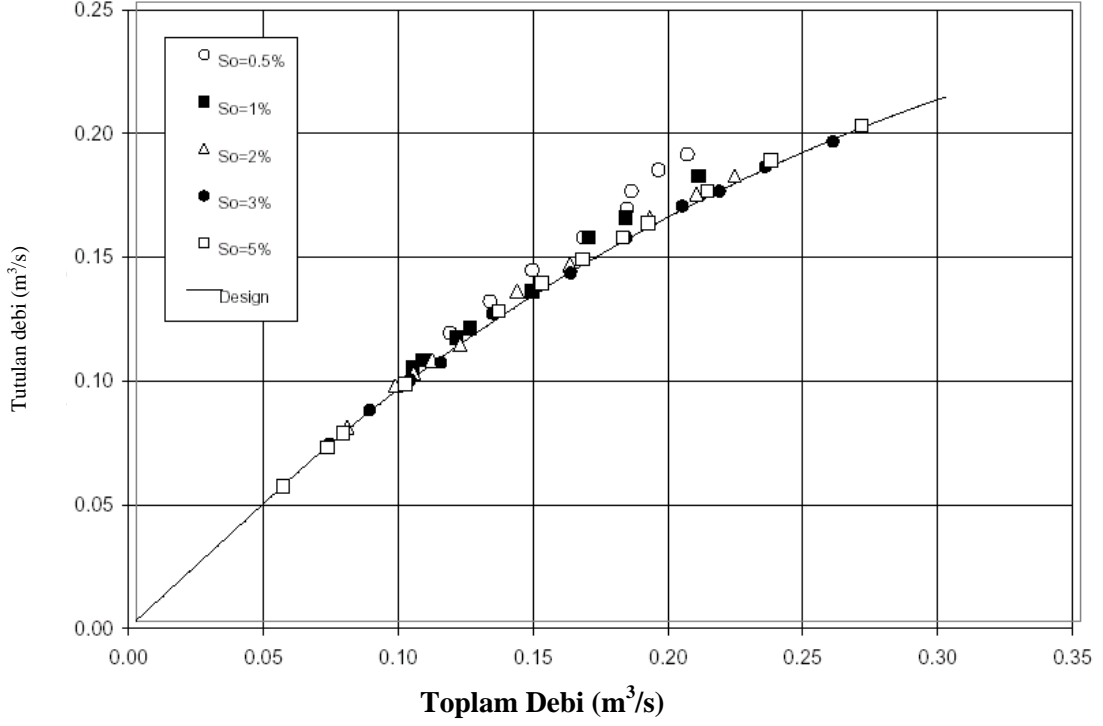
- Şekil 16, Tip B ızgaralı giriş için (% 1,6 enine eğim, % 0,5,1,2,3,5 boyuna eğimler) ölçülmüş Yağmursuyu girişi tarafından tutulan toplam debi ( $Q_c$ ) – Toplam caddeye verilen debi ( $Q_T$ ) değerleri [22]
- Şekil 17, Tip 22 bordür girişi için (%3,1 enine eğim, % 0,5, 1,2,3,5 boyuna eğimler ve  $L = 4,5m$ ) ölçülmüş Tutulan debi ( $Q_c$ ) – Toplam caddeye verilen debi ( $Q_T$ ) [22]
- Şekil 18, Tip 12 birleşik girişi için (% 3,1 enine eğim, % 0,5, 1,2,3,5 boyuna eğimler) ölçülmüş tutulan debi ( $Q_c$ ) – Toplam caddeye verilen debi ( $Q_T$ ) grafikleridir.[22]



Şekil 16 %1.6 Enine Eğimli Tip B Izgaralı Yağmursuyu Girişi İçin Toplam Debi ve Tutululan Debi Grafiği (0,75 mx0,45 m ızgaralı giriş, L=0,75 m bordür girişi) [22]



Şekil 17 %3.1 Enine Eğimli TİP 12 Birleşik Yağmursuyu Girişi İçin Toplam Debi ve Tutululan Debi Grafiği (0,75x0,475 m ızgaralı giriş, L=0,75m bordür girişi) [22]



**Şekil 18** %3,1 Enine Eğimli Tip 22 Bordürde Teşkil Edilen Yağmursuyu Girişi İçin Toplam Debi ve Tutulan Debi Grafiği (L=4,5 m) [22]

Tutulan (savaklanan) Debi ( $Q_c$ ) – Toplam Caddeye verilen Debi ( $Q_T$ ) grafiklerinde bulunan değerlerin hepsi % 0,5, 1,2,3,5'lik boyuna eğimler ve %3,1; %1,6 enine eğimlerde hesaplanmıştır. (okunmuştur.) Bunlar Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5'de sırasıyla Tip B, Tip 22, Tip 12 girişleri için verilmiştir.

**Tablo 3** Tip B Izgaralı Giriş (0,75mX0,45m) %1.6 enine eğim ve ( $S_L = \% 0,5, 1, 2, 3, 5$ ) boyuna eğimlerde Tutulan debi ( $Q_c$ ) ve caddedeki Toplam debi ( $Q_T$ ) Değerleri

$S_L = \%0.5$		$S_L = \%1$		$S_L = \%2$		$S_L = \%3$		$S_L = \%5$	
$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$
0,014	0,017	0,011	0,011	0,014	0,015	0,016	0,016	0,016	0,017
0,018	0,024	0,025	0,018	0,029	0,032	0,035	0,043	0,029	0,03
0,027	0,038	0,033	0,045	0,037	0,052	0,046	0,053	0,042	0,06
0,035	0,046	0,041	0,052	0,05	0,066	0,06	0,082	0,059	0,073
0,046	0,07	0,05	0,072	0,06	0,091	0,073	0,11	0,069	0,094
0,054	0,084	0,061	0,10	0,071	0,114	0,084	0,133	0,082	0,12
0,062	0,101	0,069	0,12	0,079	0,13	0,095	0,162	0,093	0,145
0,069	0,119	0,080	0,15	0,087	0,15	0,104	0,188	0,101	0,168
0,078	0,134	0,087	0,17	0,095	0,17	0,112	0,21	0,115	0,2
0,088	0,167	-	-	0,104	0,2	-	-	0,128	0,23
-	-	-	-	0,112	0,22	-	-	-	-

**Tablo 4** Tip 22 Bordür Girişi (L=4,5 m uzunlukta) %3,1 enine eğim ve

( $S_L = \% 0,5, 1, 2, 3, 5$ ) boyuna eğimlerde Tutulan debi ( $Q_c$ ) ve caddedeki Toplam debi ( $Q_T$ ) Değerleri

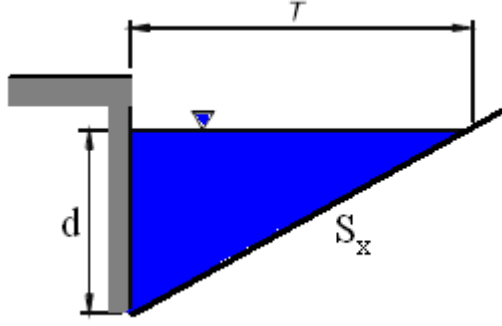
$S_L = \%0.5$		$S_L = \%1$		$S_L = \%2$		$S_L = \%3$		$S_L = \%5$	
$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$
0,117	0,121	0,103	0,106	0,077	0,079	0,073	0,075	0,056	0,057
0,13	0,134	0,106	0,11	0,097	0,1	0,087	0,088	0,072	0,072
0,142	0,148	0,115	0,12	0,102	0,109	0,1	0,103	0,078	0,081
0,154	0,167	0,12	0,13	0,108	0,115	0,107	0,114	0,098	0,103
0,168	0,186	0,137	0,148	0,114	0,124	0,128	0,135	0,126	0,13
0,173	0,187	0,158	0,17	0,135	0,144	0,144	0,164	0,139	0,153
0,182	0,196	0,167	0,185	0,145	0,164	0,16	0,184	0,15	0,168
0,189	0,207	0,184	0,21	0,164	0,19	0,17	0,2	0,16	0,183
-	-	-	-	0,175	0,21	0,178	0,22	0,165	0,193
-	-	-	-	0,184	0,22	0,186	0,237	0,177	0,214
-	-	-	-	-	-	0,196	0,26	0,188	0,237
-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	0,271



**Tablo 5** Tip 12 Birleşik Giriş (0,75mX0,475m ızgaralı , L=0,75m bordür girişi) %3,1 enine eğim ve ( $S_L = \% 0,5, 1, 2, 3, 5$ ) boyuna eğimlerde Tutulan debi ( $Q_c$ ) ve caddedeki Toplam debi ( $Q_T$ ) Değerleri

$S_L = \%0.5$		$S_L = \%1$		$S_L = \%2$		$S_L = \%3$		$S_L = \%5$	
$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$	$Q_c(m^3/s)$	$Q_T(m^3/s)$
0,026	0,027	0,026	0,026	0,037	0,038	0,019	0,019	0,033	0,033
0,036	0,038	0,031	0,033	0,05	0,058	0,029	0,03	0,045	0,048
0,05	0,061	0,046	0,053	0,066	0,073	0,045	0,05	0,071	0,088
0,06	0,072	0,063	0,074	0,085	0,118	0,065	0,083	0,088	0,109
0,091	0,102	0,076	0,097	0,098	0,145	0,087	0,106	0,098	0,127
0,094	0,125	0,085	0,116	0,106	0,176	0,093	0,127	0,105	0,145
0,097	0,137	0,098	0,147	0,11	0,183	0,105	0,154	0,114	0,17
0,109	0,166	0,107	0,167	0,118	0,2	0,115	0,185	0,126	0,2
0,115	0,182	0,112	0,191	0,123	0,221	0,12	0,2	0,13	0,218
0,12	0,2	0,118	0,21	0,127	0,237	0,126	0,22	0,137	0,232
0,128	0,214	0,124	0,22	0,136	0,257	0,128	0,235	0,148	0,261
0,13	0,232	0,126	0,243	-	-	0,136	0,253	0,153	0,283
-	-	0,181	0,257	-	-	-	-	-	-

Yukarıdaki tablolardan alınan Toplam caddedeki debi ( $Q_T$ ) ve Tutulan (savaklanan) Debi ( $Q_c$ ) değerlerini kullanarak Manning Formülü yardımıyla önce su yüksekliğini [ $d(m)$ ] (üniform kesitli arktan) (Şekil 3.1.a) elde edilmiştir.



**Şekil 19** Arkın Kesitten görünüşü

Su Derinliği [d(m)] ;

$$d = T \cdot S_x \quad (4.35)$$

Arktaki Suyun Alanı [A(m<sup>2</sup>)] [Islak Alan] ;

$$A = \frac{T \cdot d}{2} = \frac{T^2 S_x}{2} \quad (4.36)$$

Islak Çevre [Ç(m)] ;

$$\Ç = d + \sqrt{T^2 + d^2} \quad (4.37)$$

Suyun caddeye yayılma miktarı [T(m)] ;

$$T = \frac{d}{S_x} \quad (4.38)$$

Manning Formülünden ,

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S_L^{1/2} \quad (4.39)$$

Hidrolik Yarıçap [R(m)];

$$R = \frac{\text{Islak Alan}}{\text{Islak Çevre}} = \left[ \frac{T^2 S_x / 2}{d + \sqrt{T^2 + d^2}} \right] \quad (4.40)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{T^2 S_x / 2}{d + \sqrt{d^2 + T^2}} \right]^{2/3} \cdot S_L^{1/2} \quad (4.41)$$

(4.4.) Denkleminde S<sub>L</sub> yerine deneylerde değişen boyuna eğimler yerleştirilerek ,

$S_x$  yerine enine yol eğimleri ve “n” Manning pürüzlülük sabiti değeri 0,013 kabul edilerek su derinliği bulunmuştur. Bu işlem Tip B, Tip 12, Tip 22 girişleri ve bunların değişen boyuna eğim (caddenin) [%0.5, 1,2,3,5] ve enine eğim [%1.6, %3,1] şartlarında ayrı ayrı hesaplanmıştır.

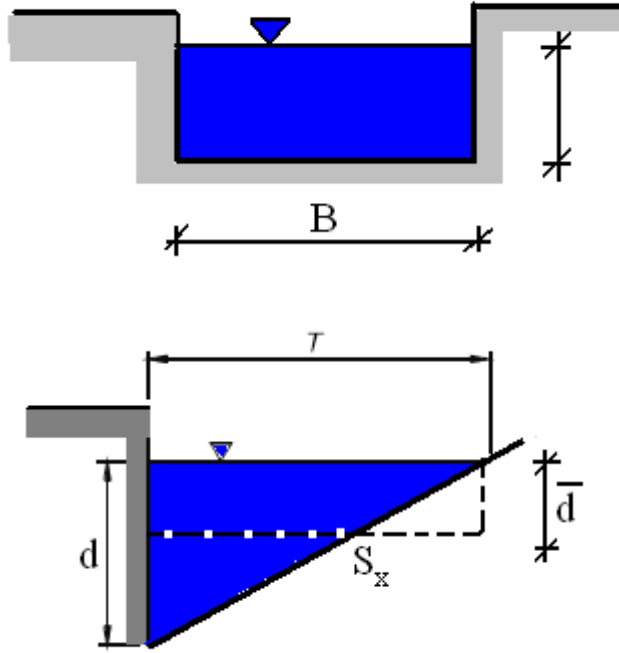
Sonra elde edilen bu  $[d(m)]$  (su derinliği) değerlerinden etkili derinlik denilen

$[\bar{d} (m)]$  değerler bulunmuştur.

Etkili derinlik  $[\bar{d} (m)]$  üniform (üçgen) kesitli ark dikdörtgen kesitli kanala benzetilerek bulunur. (Şekil 13). Akış hızı ( $V(m/s)$ ) bulunduktan sonra bulunan değer  $[\bar{d} (m)]$  Froude sayısını yani akımın rejimini tespit etmeyi sağlayacaktır.

B: Dikdörtgen kanal taban genişliği (m)

d : Su derinliği (m)



$\bar{d}$  : Etkili derinlik (m)

**Şekil 20** Etkili derinlik  $[\bar{d} (m)]$

$$\bar{d} = \frac{A}{T} \quad (4.42)$$

### Froude Sayısı;

Yerçekimi ivmesi [ $g(m/s^2)$ ], akış hızı [ $V(m/s)$ ], su derinliğine [ $d(m)$ ] bağlıdır. Akımın rejimini belirleyen boyutsuz bir sayı olan Froude Sayısı 1'den küçük olduğunda **nehir** rejimini belirtir. Sel rejiminde akış hızlı su derinliği sığdır. Froude sayısı 1'den büyük olduğunda ise akım **sel** rejimindedir. Nehir rejiminde akış hızı düşük, yavaş fakat su derinliği yüksektir. Aşağıdaki genel formülle gösterilir .[23]

$$F = \frac{V}{\sqrt{gd}} \quad (4.43)$$

V: ortalama akım hızı (m/s)

g : yerçekimi ivmesi ( $m/s^2$ )

d : su derinliği (m)

Etkili su derinliği [ $\bar{d}$  (m)], genel formülde (4.43) yerine koyarak deney şartlarındaki Froude sayısı'nı bulmak mümkündür

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot \bar{d}}} \quad (4.44)$$

Elde edilen  $d(m)$ ,  $\bar{d}$  (m), T(m), V(m/s),  $Q_c(m^3/s)$ ,  $Q_T$  ( $m^3/s$ ), Froude sayısı değerleri Tablo 6, A.1, B.1'de Tip B, Tip 22, Tip 12 girişleri ve (% 0,5 , 1,2,3,5) boyuna eğimleri ve (% 1,6, % 3,1) enine eğimleri sırasıyla verilmiştir.

**Tablo 6** Tip B Izgaralı Giriş %1,6 Enine Eğim için ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s),  $Q_T$  (m<sup>3</sup>/s), Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b>S<sub>L</sub>=%0,5</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,017	0,037	0,0185	2,3	0,397	0,931	Nehir
0,024	0,0429	0,0215	2,62	0,417	0,91	Nehir
0,038	0,051	0,0255	3,2	0,467	0,933	Nehir
0,046	0,054	0,027	3,375	0,5	0,98	Nehir
0,07	0,064	0,032	4,01	0,54	0,97	Nehir
0,084	0,068	0,034	4,25	0,56	0,98	Nehir
0,101	0,073	0,0365	4,6	0,6	1	Sel
0,119	0,078	0,039	4,875	0,62	1	Sel
0,134	0,0819	0,0409	5,12	0,639	1,009	Sel
0,167	0,088	0,044	5,56	0,67	1,003	Sel
<b>S<sub>L</sub>=%1</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,011	0,028	0,014	1,76	0,448	1,2	Sel
0,0288	0,04	0,02	2,5	0,56	1,26	Sel
0,045	0,0477	0,238	2,98	0,63	1,34	Sel
0,0519	0,05	0,025	3,25	0,65	1,32	Sel
0,0721	0,056	0,028	3,56	0,73	1,4	Sel
0,1	0,064	0,032	4	0,77	1,37	Sel
0,119	0,068	0,034	4,3	0,82	1,42	Sel
0,15	0,075	0,0375	4,68	0,85	1,4	Sel
0,172	0,078	0,039	4,93	0,9	1,46	Sel
<b>S<sub>L</sub>=%2</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,015	0,027	0,0138	1,73	0,65	1,78	Sel
0,0326	0,036	0,018	2,25	0,79	1,88	Sel
0,0519	0,044	0,022	2,76	0,857	1,84	Sel
0,066	0,048	0,024	3	0,9	1,85	Sel
0,091	0,054	0,027	3,43	0,99	1,92	Sel
0,114	0,06	0,03	3,75	1,01	1,87	Sel
0,132	0,062	0,033	3,92	1,09	1,99	Sel
0,153	0,066	0,033	4,125	1,11	1,95	Sel
0,174	0,069	0,0348	4,35	1,169	2	Sel
0,2	0,073	0,036	4,52	1,2	2,02	Sel
0,228	0,076	0,038	4,7	1,21	1,99	Sel

**Tablo 6 Devamı.** Tip B Izgaralı Giriş %1,6 Enine Eğim için ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s),  $Q_T$  (m<sup>3</sup>/s), Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b>S<sub>L</sub>=%3</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,016	0,026	0,013	1,64	0,72	2,01	Sel
0,043	0,038	0,019	2,37	0,94	2,18	Sel
0,053	0,041	0,02	2,58	1,008	2,27	Sel
0,082	0,048	0,024	3	1,1	2,28	Sel
0,11	0,054	0,027	3,39	1,19	2,31	Sel
0,133	0,057	0,028	3,6	1,28	2,41	Sel
0,162	0,0628	0,0314	3,92	1,31	2,36	Sel
0,188	0,065	0,0326	4,06	1,34	2,38	Sel
0,21	0,069	0,034	4,31	1,4	2,42	Sel
<b>S<sub>L</sub>=%5</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,016	0,0239	0,0119	1,49	0,89	2,62	Sel
0,03	0,03	0,015	1,87	1,04	2,71	Sel
0,059	0,039	0,0195	2,44	1,24	2,83	Sel
0,073	0,042	0,021	2,62	1,3	2,86	Sel
0,094	0,046	0,023	2,91	1,42	2,99	Sel
0,119	0,05	0,025	3,12	1,47	2,97	Sel
0,145	0,054	0,027	3,37	1,59	3,09	Sel
0,168	0,058	0,029	3,62	1,6	3	Sel
0,204	0,062	0,031	3,89	1,69	3,28	Sel
0,235	0,065	0,0325	4,06	1,74	3,08	Sel

- Tip B Izgaralı Giriş %1,6 Enine Eğim için ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c(m^3/s)$ ,  $Q_T(m^3/s)$ , Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri ‘Tablo 6’ da verilmiştir.
- Tip 22 Bordürde Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c(m^3/s)$ ,  $Q_T(m^3/s)$ , Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri ‘Tablo A.1’ de verilmiştir.
- Tip 12 Birleşik Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m) V(m/s),  $Q_c(m^3/s)$ .  $Q_T(m^3/s)$ . Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri ‘Tablo B.1’ de verilmiştir.

Bu değerler bulunduktan sonra Tip B ızgaralı giriş ( $S_x = \%1,6$ ), Tip 22 bordür girişi ( $S_x = \%3,1$ ), Tip 12 birleşik giriş ( $S_x = \%3,1$ ) için ( $S_L = \% 0,5, 1, 2, 3, 5$ ) değişen boyuna eğimlerde yağmursuyu girişleri tarafından Tutulan debi/Caddedeki Toplam debi ( $Q_c/Q_T$ ) oranları ile yağmursuyu girişleri önündeki Froude sayıları değerleri elde edilerek Tablo 7, C.1, D.1 ’de ve grafik gösterimi de Şekil 21, A.1, B.1 ’de aşağıda sırasıyla verilmiştir. Grafiklerden görüleceği üzere su alma girişindeki Froude sayısına bağlı olarak tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) değiştiği, Froude sayısı azaldıkça tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) arttığı ve Froude sayısı arttıkça tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) azaldığı tespit edilmiştir.

Ayrıca caddenin enine eğiminin değişik değerlerinin ( $S_x = \%1,6, 3,1$ ) de tutulan su miktarını etkilediği görülmüştür.

**Tablo 7** Tip B Izgaralı Giriş (0,75mX0,45m)  $S_x=1,6$  için

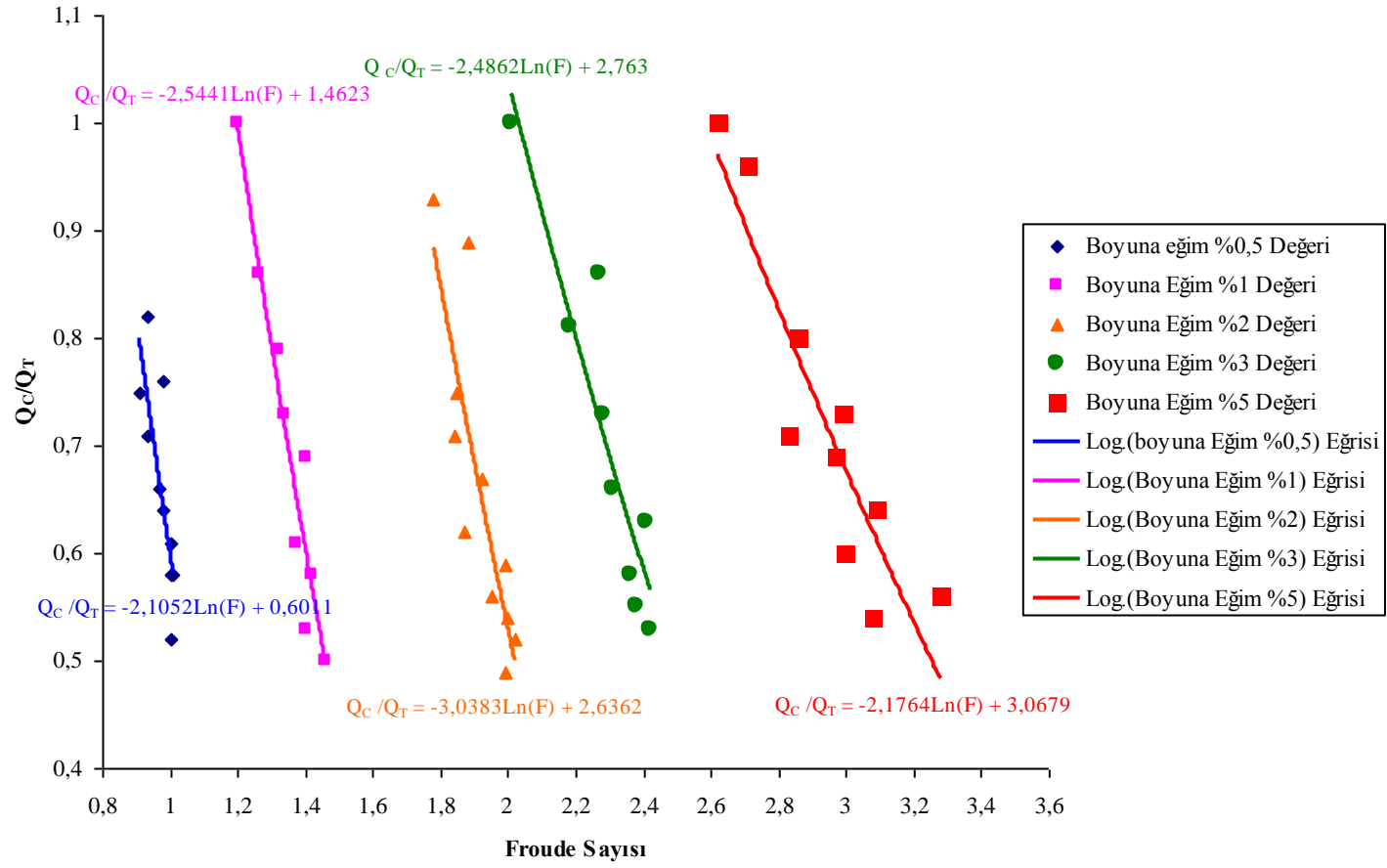
$S_L=0,5$		$S_L=1$		$S_L=2$	
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude
0,82	0,931	1	1,2	0,93	1,78
0,75	0,91	0,86	1,26	0,89	1,88
0,71	0,933	0,73	1,34	0,71	1,84
0,76	0,98	0,79	1,32	0,75	1,85
0,66	0,97	0,69	1,4	0,67	1,92
0,64	0,98	0,61	1,37	0,62	1,87
0,61	1	0,58	1,42	0,59	1,99
0,58	1	0,53	1,4	0,56	1,95
0,58	1,009	0,5	1,46	0,54	2
0,52	1,003	—	—	0,52	2,02
—	—	—	—	0,49	1,99
$S_L=3$		$S_L=5$			
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude		
1	2,01	1	2,62		
0,81	2,18	0,96	2,71		
0,86	2,27	0,71	2,83		
0,73	2,28	0,8	2,86		
0,66	2,31	0,73	2,99		
0,63	2,41	0,69	2,97		
0,58	2,36	0,64	3,09		
0,55	2,38	0,6	3		
0,53	2,42	0,56	3,28		
—	—	0,54	3,08		

$S_L$ :Caddenin boyuna eğimi (m/m)

$Q_c/Q_T$ :Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

Froude:Froude Sayısı





Şekil 21. Tip B Izgaralı giriş ( 0,75m X 0,45m)  $Q_c/Q_T$  - Froude Sayısı Grafiği

Daha önce yapılmış olan deney çalışmalarında yağmursuyu girişlerine etki eden belli başlı parametrelerin boyut analizinden aşağıdaki boyutsuz sayılar elde edilmiştir.[4]

$$Q_c = f ( L/h , Q_c/Q_T , L/FT \dots ) \quad (4.45)$$

Tip B ızgaralı giriş (  $S_x = \% 1,6$  enine eğimli yolda ) , Tip 22 bordür girişi

( $S_x = \% 3,1$  ) ve Tip 12 birleşik giriş ( $S_x = \% 3,1$ ) için ( $S_L = \% 0,5 , 1 , 2 , 3 , 5$ ) şeklinde değişen boyuna eğimlerde yapılan deney sonuçlarındaki  $Q_c$  ve  $Q_T$  değerleri sırasıyla Tablo 3,4,5 ' den alınmak suretiyle Tablo 7, C.1, D.1 'deki  $Q_c/Q_T$  değerleri elde edilerek Tablo 8, E.1, F.1 'de  $Q_c/Q_T - L/FT$  tabloları her bir tipteki yağmursuyu girişi için aşağıda verilmiştir.

Ayrıca Tablo 8, E.1 , F.1 değerleri Şekil 22, C.1, D.1 'da grafik olarak ta gösterilmiştir.Grafiklerde her bir boyuna eğim için (  $S_L = \% 0,5 , 1 , 2 , 3 , 5$  ) değişen

$Q_c/Q_T - L/FT$  oranlarının değişimi değerlerinden eğriler geçirilerek eğri denklemleri de şekiller üzerinde değişik renklerle gösterilmiştir. ( $Q_c/Q_T$ ) ile ( $L/FT$ ) arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerde ise ( $Q_c/Q_T$ ) oranı arttıkça ( $L/FT$ ) değerinin de doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.Grafiklerden de görüleceği gibi yolun boyuna ve enine eğimlerinin ( $L/FT$ ) oranını etkilediği görülmüştür.

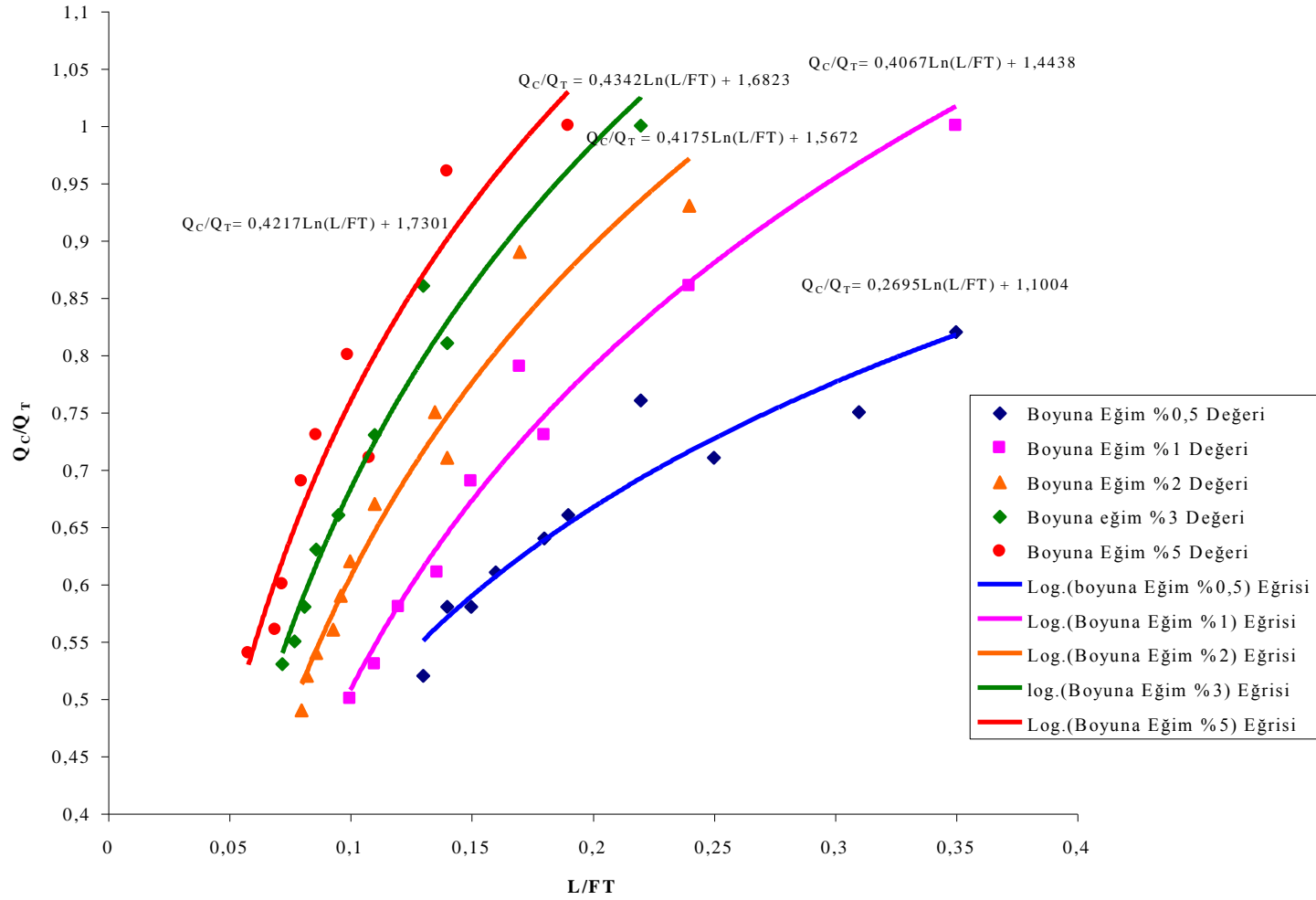
**Tablo 8** Tip B Izgaralı Girişde  $Q_c/Q_T$ —  $L/FT$  Değerleri  $S_x = \% 1,6$ 

$S_L = \% 0,5$		$S_L = \% 1$		$S_L = \% 2$	
$Q_c/Q_T$	$L/FT$	$Q_c/Q_T$	$L/FT$	$Q_c/Q_T$	$L/FT$
0,82	0,35	1	0,35	0,93	0,24
0,75	0,31	0,86	0,24	0,89	0,17
0,71	0,25	0,73	0,18	0,71	0,14
0,76	0,22	0,79	0,17	0,75	0,135
0,66	0,19	0,69	0,15	0,67	0,11
0,64	0,18	0,61	0,136	0,62	0,1
0,61	0,16	0,58	0,12	0,59	0,096
0,58	0,15	0,53	0,11	0,56	0,093
0,58	0,14	0,5	0,1	0,54	0,086
0,52	0,13	—	—	0,52	0,082
—	—	—	—	0,49	0,08
$S_L = \% 3$		$S_L = \% 5$			
$Q_c/Q_T$	$L/FT$	$Q_c/Q_T$	$L/FT$		
1	0,22	1	0,19		
0,81	0,14	0,96	0,14		
0,86	0,13	0,71	0,108		
0,73	0,11	0,8	0,099		
0,66	0,095	0,73	0,086		
0,63	0,086	0,69	0,08		
0,58	0,081	0,6	0,072		
0,55	0,077	0,56	0,069		
0,53	0,072	0,54	0,058		

$S_L$ :Caddenin boyuna eğimi (m/m)

$Q_c/Q_T$ :Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

$L/FT$ :Yağmursuyu giriş uzunluğu / Froude sayısıXCaddedeki yayılma miktarı



Şekil 22. Tip B Izgaralı Giriş İçin ( 0.75 m X 0,45 m )  $Q_c/Q_T$  -  $L/FT$  Grafiği  $S_x = \% 1,6$

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada daha önceleri yapılan araştırmalardan yağmursuyu girişleri için deneylerle elde edilmiş ( $Q_c$ ) yağmursuyu girişi tarafından tutulan debi ve ( $Q_T$ ) su alma girişine gelmeden önceki debi grafiklerinden yağmursuyu girişlerinin performansını etkileyen su derinliği [ $d(m)$ ], Akımın ortalama hızı [ $V (m/s)$ ], suyun yayılma miktarı [ $T(m)$ ], Froude sayısı gibi değerler tespit edilerek yağmursuyu girişlerinin verimlerinin ( $Q_c/Q_T$ ), Froude Sayısı ve ( $L/FT$ ) katsayısıyla ilişkileri boyutsuz olarak incelenmiştir.

Yapılan çalışmalarda ızgaralı girişler, bordür girişleri ve birleşik girişler için ( $Q_c/Q_T$ ) ile Froude sayısı ve ( $Q_c/Q_T$ ) ile ( $L/FT$ ) arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler elde edilmiştir. Bu çalışmalardan her üç yağmursuyu girişi için giriş yeri tarafından tutulan ( $Q_c$ ) debisinin su alma girişine gelmeden önceki toplam debi ( $Q_T$ )'ye oranı ile boyutsuz Froude sayısı arasında eğriler caddenin boyuna eğimi ( $S_L = \%0,5, 1, 2, 3, 5$ ) ve caddenin enine eğimi

( $S_x = \%1,6, \%3,1$ ) için elde edilmiştir.

Yapılan incelemelerde su alma girişindeki Froude sayısına bağlı olarak tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) değiştiği, Froude sayısı azaldıkça tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) arttığı ve Froude sayısı arttıkça tutulan su miktarının ( $Q_c$ ) azaldığı tespit edilmiştir.

Caddenin enine eğiminin tutulan su miktarını etkilediği görülmüştür. Bu durum da grafiklerde açıkça görülmektedir.

( $Q_c/Q_T$ ) ile ( $L/FT$ ) arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerde ise ( $Q_c/Q_T$ ) oranı arttıkça ( $L/FT$ ) değerinin de doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü üzere yolun boyuna ve enine eğimlerinin ( $L/FT$ ) oranını etkilediği görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda boyutsuz ifadeler kullanılarak sonuçların genel olarak kullanılması sağlanmıştır. Deneysel sonuçlar ile teorik sonuçlar (Froude sayısı, ( $Q_c/Q_T$ ), ( $L/FT$ ) değerleri ile bu değerlerden geçirilen eğriler) karşılaştırılmış, hatanın  $\%10$ 'dan az olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] **Uyumaz, A.**, 1991. Yağmursuyu Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul
- [2] **Butler, D. and Dawies, J.W.**, 2001. *Urban Drainage*, E&FN SPON, London.
- [3] Hydrology and Hydranlics Design Processes, 1994, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, HDS No: 2.
- [4] **Uyumaz, A.**, 1994. Highway Storm Drainage With Kerb-opening Inlets, *The Science of Total Enviroment, ELSEVIER 146/147*, p.471-478
- [5] **Muslu, Y.**, 1993. Hidroloji ve Meskun Bölge Drenajı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- [6] Public Complex Stormurater Guidance, 2003, Hydraulic Performance Exemption, U.S. Department of Transportation, New Jersey Department of Transportation.
- [7] Hydraulic Design of The Stormwater System, September 2004, International Stormwater Management Manual for Development/Redevelopment.
- [8] Spotsylvania County Design Standards Manual. U.S. Department of Transportation, Article 4, Sec. 11, p.55.
- [9] **Alexander, D. and Heaney, J.P.**, December 2002. Comparison of Conventional and Low İmpact Development Drainage Design, University of Colorado, *Final Report to Sustainable Futures Society*.
- [10] City of Boulder Design and Construction Standards, 2002. Chapter 7, Section 7.09, Colorado.
- [11] Hydraulics Design Processes, 1990. U.S. Department of Transportation Federal Lands and Highway Division.
- [12] **Corbitt, R.A.**, 1990. *Standard Handbook of Environmental Engineering*, McGraw Hill Inc., New Yok.

- [13] Storm Drainage Systems, 2002. U.S. Department of Transportation, Connecticut Department of Transportation Drainage Manual.
- [14] Hydrologic Criteria and Drainage Manual August 1999 Stormsewer Systems, Section 805, p.819.
- [15] Urban Design Standards Manual, 2004. Section 5, p.80.
- [16] Route Surveys for Drainage, 2005. Integrated Publishing.
- [17] Design of Urban Highway Drainage, August 1979. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington D.C.
- [18] Stormsewer Appurtenances, 2002. Haestad Methods Inc., Waterbury CT.
- [19] **Arthur W.B., Peter P.Y., Erik A., Walter H.G.**, 1975. Performance of Pennsylvania Highway Drainage Inlets, *Journal of Hydraulics Division*, Vol.101, No.12, pp.1519-1536
- [20] **Brown, S.A., Stein S.M, and Warner J.C.**, 2001. Urban Drainage Design Manual, *Hydraulics Engineering Circular No: 22*.
- [21] **Perks, A.R. and Hewitt, R.G.**, June 2004. Curb inlets can improve service and reduce cost, *Environmental Science and Engineering Magazine*.
- [22] **McEnroe, M.B.**, 2001. Hydraulic Performance of Curb and Gutter Inlets, *American Society of Civil Engineering, Proceedings, 2001*.
- [23] **Chow, V.T.**, 1959. *Open Channel Hydraulics*, Mc-Graw Hill Inc, New York.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Gökçe TEZEL, 27 Haziran 1977'de Ankara'da doğdu. İlköğretimini Kırıkkale Tınaz İlkokulunda tamamlayarak Orta ve Lise öğrenimini 1995 yılında Kırıkkale Anadolu Lisesi'nde tamamladı. Üniversite öğrenimini 2001 yılında Atatürk Üniversitesi'nde tamamlayarak 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında Lisansüstü eğitime başladı. Kendisi, ayrıca 2001-2003 yılları arasında özel bir inşaat firmasında şantiye şefliği yapmıştır.



## **EKLER**

**Tablo A.1:** Tip 22 Bordürde Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s),  $Q_T$ (m<sup>3</sup>/s), Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b><math>S_L=\%0,5</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,121	0,101	0,05	3,27	0,73	1,05	Sel
0,134	0,105	0,052	3,38	0,74	1,04	Sel
0,148	0,109	0,054	3,52	0,77	1,06	Sel
0,167	0,114	0,057	3,67	0,79	1,05	Sel
0,186	0,119	0,059	3,84	0,814	1,07	Sel
0,187	0,12	0,06	3,87	0,81	1,06	Sel
0,196	0,121	0,06	3,92	0,83	1,08	Sel
0,207	0,124	0,062	4	0,83	1,07	Sel
<b><math>S_L=\%1</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,106	0,084	0,042	2,73	0,93	1,44	Sel
0,11	0,085	0,0425	2,74	0,92	1,43	Sel
0,123	0,089	0,044	2,89	0,96	1,46	Sel
0,129	0,09	0,045	2,9	0,96	1,45	Sel
0,148	0,096	0,048	3,1	0,99	1,44	Sel
0,17	0,1	0,05	3,22	1,03	1,48	Sel
0,185	0,104	0,052	3,37	1,06	1,48	Sel
0,211	0,109	0,054	3,51	1,09	1,5	Sel
<b><math>S_L=\%2</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,079	0,066	0,033	2,15	1,12	1,97	Sel
0,1	0,072	0,036	2,32	1,16	1,94	Sel
0,109	0,075	0,0375	2,42	1,2	1,98	Sel
0,115	0,076	0,038	2,45	1,21	1,98	Sel
0,124	0,078	0,039	2,54	1,26	2,04	Sel
0,144	0,083	0,042	2,67	1,28	2	Sel
0,164	0,087	0,0438	2,83	1,34	2,05	Sel
0,192	0,093	0,0465	3	1,37	2,03	Sel
0,211	0,096	0,048	3,1	1,42	2,06	Sel
0,223	0,098	0,049	3,16	1,42	2,06	Sel

**Tablo A.1.'in Devamı.** Tip 22 Bordürde Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin ; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m), V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s),  $Q_T$ (m<sup>3</sup>/s), Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b>S<sub>L</sub>=%3</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,075	0,06	0,03	1,95	1,29	2,38	Sel
0,088	0,064	0,032	2,06	1,31	2,35	Sel
0,103	0,068	0,034	2,2	1,38	2,39	Sel
0,114	0,07	0,035	2,25	1,4	2,4	Sel
0,135	0,075	0,0375	2,43	1,48	2,44	Sel
0,164	0,08	0,04	2,58	1,54	2,46	Sel
0,184	0,084	0,042	2,73	1,61	2,52	Sel
0,204	0,088	0,044	2,83	1,62	2,48	Sel
0,22	0,09	0,045	2,92	1,68	2,53	Sel
0,237	0,09	0,045	2,9	1,68	2,5	Sel
0,26	0,096	0,048	3,11	1,75	2,55	Sel
<b>S<sub>L</sub>=%5</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,057	0,049	0,0248	1,61	1,47	2,98	Sel
0,072	0,054	0,027	1,74	1,51	2,94	Sel
0,081	0,056	0,028	1,82	1,6	3,05	Sel
0,103	0,062	0,031	2	1,66	3,01	Sel
0,137	0,069	0,0345	2,22	1,78	3,06	Sel
0,153	0,072	0,036	2,32	1,83	3,08	Sel
0,168	0,074	0,037	2,4	1,9	3,15	Sel
0,183	0,076	0,038	2,45	1,91	3,14	Sel
0,193	0,078	0,039	2,53	1,94	3,13	Sel
0,214	0,081	0,0405	2,61	1,99	3,16	Sel
0,237	0,084	0,042	2,73	2,08	3,22	Sel
0,271	0,09	0,045	2,9	2,11	3,18	Sel

**Tablo B.1:** Tip 12 Birleşik Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m) V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s).  $Q_T$ (m<sup>3</sup>/s). Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b><math>S_L=\%0,5</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,027	0,057	0,0288	1,86	0,503	0,945	Nehir
0,038	0,0656	0,0328	2,116	0,547	0,964	Nehir
0,061	0,078	0,039	2,52	0,622	1	Sel
0,072	0,08	0,04	2,58	0,69	1,1	Sel
0,102	0,095	0,0475	3,06	0,7	1,02	Sel
0,125	0,102	0,051	3,29	0,74	1,05	Sel
0,137	0,106	0,053	3,42	0,756	1,04	Sel
0,166	0,114	0,057	3,67	0,78	1,05	Sel
0,182	0,118	0,059	3,81	0,81	1,06	Sel
0,2	0,122	0,061	3,93	0,82	1,06	Sel
0,214	0,125	0,062	4,03	0,84	1,08	Sel
0,232	0,129	0,0645	4,16	0,864	1,08	Sel
<b><math>S_L=\%1</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,026	0,05	0,025	1,61	0,645	1,3	Sel
0,033	0,054	0,027	1,74	0,68	1,33	Sel
0,053	0,065	0,0326	2,1	0,778	1,37	Sel
0,074	0,074	0,037	2,38	0,94	1,43	Sel
0,097	0,082	0,041	2,64	0,894	1,41	Sel
0,116	0,087	0,043	2,8	0,94	1,43	Sel
0,147	0,095	0,0479	3,09	1,01	1,47	Sel
0,167	0,1	0,05	3,22	1,02	1,47	Sel
0,191	0,105	0,052	3,41	1,07	1,05	Sel
0,21	0,11	0,055	3,54	1,09	1,49	Sel
0,223	0,112	0,056	3,61	1,1	1,48	Sel
0,243	0,115	0,057	3,7	1,14	1,52	Sel
0,257	0,118	0,059	3,81	1,14	1,5	Sel
<b><math>S_L=\%2</math></b>						
<b><math>Q_T</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,038	0,05	0,025	1,63	0,94	1,9	Sel
0,058	0,059	0,029	1,9	1,02	1,91	Sel
0,073	0,064	0,032	2,08	1,1	1,97	Sel
0,118	0,077	0,038	2,48	1,21	1,97	Sel
0,145	0,083	0,418	2,7	1,3	2,03	Sel
0,176	0,09	0,045	2,9	1,34	2,02	Sel
0,183	0,091	0,0456	2,94	1,37	2,04	Sel
0,206	0,095	0,047	3,06	1,4	2,04	Sel
0,221	0,098	0,049	3,16	1,42	2,05	Sel
0,237	0,1	0,05	3,22	1,45	2,07	Sel
0,257	0,103	0,0518	3,34	1,5	2,1	Sel

**Tablo B.1'in Devamı:** Tip 12 Birleşik Giriş % 3,1 Enine Eğim İçin; T(m) d(m),  $\bar{d}$  (m) V(m/s),  $Q_c$ (m<sup>3</sup>/s).  $Q_T$ (m<sup>3</sup>/s). Froude Sayısı, Rejim Cinsi Değerleri

<b>S<sub>L</sub>=%3</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,019	0,036	0,018	1,16	0,909	2,16	Sel
0,0298	0,042	0,021	1,35	1,29	2,2	Sel
0,05	0,052	0,026	1,67	1,147	2,27	Sel
0,083	0,062	0,031	2	1,29	2,35	Sel
0,106	0,069	0,0345	2,22	1,38	2,37	Sel
0,127	0,074	0,037	2,68	1,44	2,39	Sel
0,154	0,079	0,0396	2,56	1,53	2,45	Sel
0,185	0,085	0,0425	2,74	1,58	2,45	Sel
0,206	0,088	0,044	2,85	1,65	2,51	Sel
0,22	0,09	0,045	2,9	1,65	2,49	Sel
0,235	0,093	0,0465	3	1,68	2,49	Sel
0,253	0,095	0,0475	3,07	1,71	2,52	Sel
<b>S<sub>L</sub>=%5</b>						
<b>Q<sub>T</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>d (m)</b>	<b><math>\bar{d}</math> (m)</b>	<b>T (m)</b>	<b>V (m/s)</b>	<b>F</b>	<b>Rejim</b>
0,033	0,04	0,02	1,3	1,27	2,88	Sel
0,048	0,046	0,023	1,48	1,37	2,88	Sel
0,088	0,058	0,029	1,88	1,62	3,04	Sel
0,109	0,063	0,0315	2,03	1,68	3,02	Sel
0,127	0,067	0,033	2,16	1,75	3,08	Sel
0,145	0,07	0,035	2,25	1,8	3,08	Sel
0,17	0,074	0,037	2,41	1,92	3,19	Sel
0,2	0,08	0,04	2,58	1,95	3,12	Sel
0,218	0,082	0,041	2,65	2,01	3,17	Sel
0,232	0,083	0,042	2,67	2,02	3,16	Sel
0,261	0,088	0,044	2,83	2,09	3,17	Sel

**Tablo C.1:** Tip 22 Bordürde giriş ( L=4,5 m  $S_x=3,1$  ) için  $Q_c/Q_T$  ve Froude sayıları

$S_L=0,5$		$S_L=1$		$S_L=2$	
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude
0,96	1,05	0,97	1,44	0,97	1,97
0,97	1,04	0,96	1,43	0,97	1,96
0,96	1,06	0,93	1,46	0,93	1,98
0,92	1,05	0,93	1,45	0,94	1,98
0,9	1,07	0,92	1,44	0,92	2,04
0,92	1,06	0,93	1,48	0,93	2
0,93	1,08	0,9	1,48	0,88	2,05
0,91	1,07	0,87	1,5	0,85	2,03
—	—	—	—	0,83	2,06
—	—	—	—	0,82	2,06
$S_L=3$		$S_L=5$			
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude		
0,97	2,38	0,98	2,98		
0,99	2,35	1	2,94		
0,97	2,39	0,96	3,05		
0,94	2,4	0,95	3,01		
0,95	2,44	0,92	3,06		
0,88	2,46	0,91	3,08		
0,86	2,52	0,89	3,15		
0,83	2,48	0,86	3,14		
0,81	2,53	0,85	3,13		
0,78	2,5	0,82	3,16		
0,75	2,55	0,79	3,24		
—	—	0,74	3,18		

$S_L$ :Caddenin boyuna eğimi (m/m)

$Q_c/Q_T$ :Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

Froude:Froude Sayısı

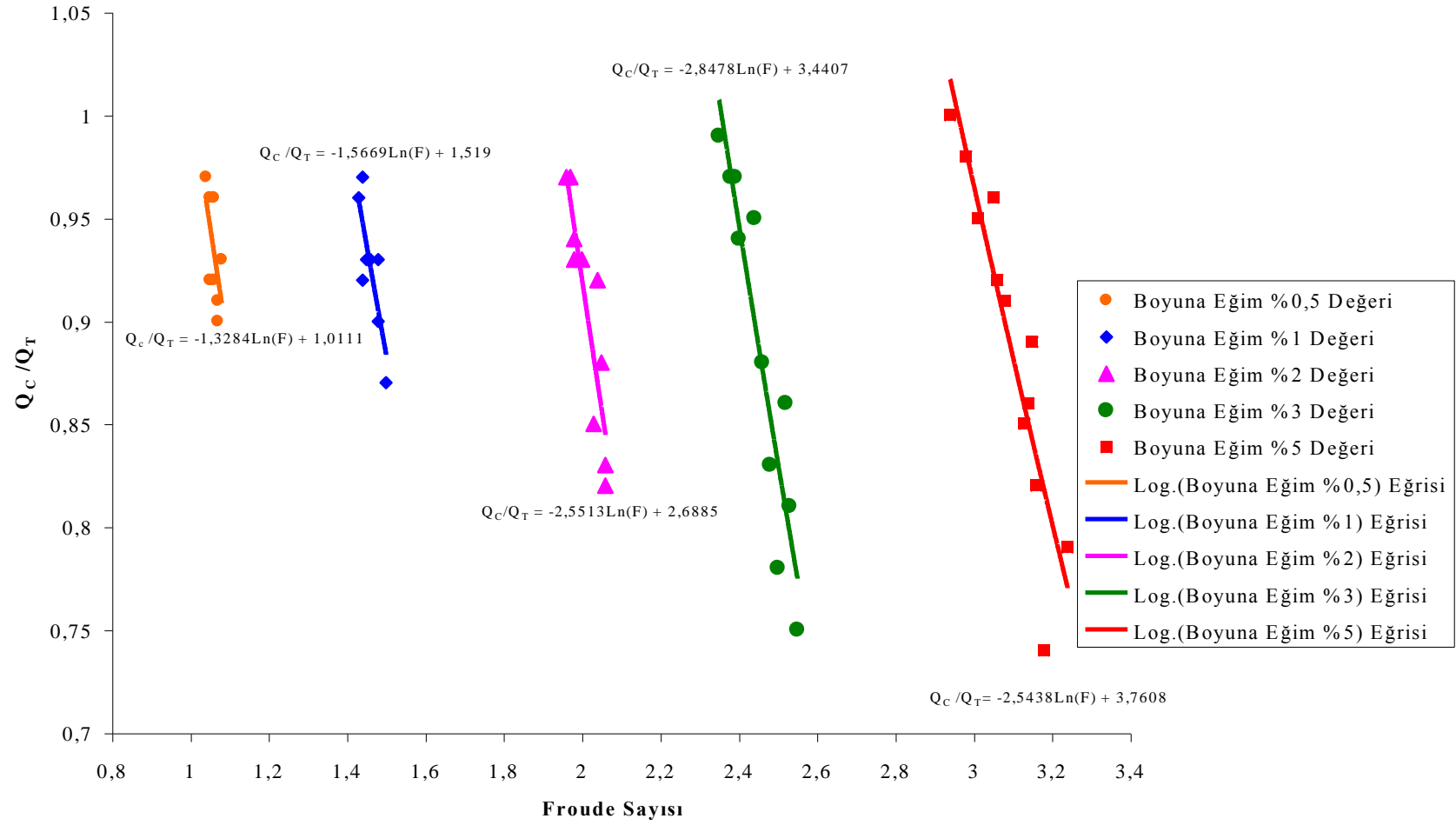
**Tablo D.1:** Tip12 Birleşik Giriş ( 0,75m X 0,475m Izgara Girişi )  
 ( L = 0,75m Bordür Girişi )  $S_x = \% 3,1$

$S_L = \%0,5$		$S_L = \%1$		$S_L = \%2$	
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude
0,96	0,945	1	1,3	0,97	1,9
0,94	0,964	0,94	1,33	0,86	1,91
0,82	1	0,86	1,37	0,9	1,97
0,84	1,1	0,85	1,39	0,72	1,97
0,89	1,02	0,78	1,41	0,62	2,03
0,75	1,05	0,73	1,43	0,6	2,02
0,7	1,04	0,66	1,47	0,6	2,04
0,65	1,05	0,64	1,47	0,57	2,04
0,63	1,06	0,58	1,5	0,55	2,05
0,6	1,06	0,56	1,49	0,53	2,07
0,59	1,08	0,55	1,48	0,53	2,1
0,57	1,08	0,52	1,52	—	—
—	—	0,7	1,5	—	—
$S_L = \%3$		$S_L = \%5$			
$Q_c/Q_T$	Froude	$Q_c/Q_T$	Froude		
1	2,16	1	2,88		
1	2,2	0,93	2,88		
0,9	2,27	0,8	3,04		
0,78	2,35	0,8	3,02		
0,82	2,37	0,77	3,08		
0,73	2,39	0,72	3,08		
0,68	2,45	0,67	3,13		
0,62	2,45	0,62	3,12		
0,58	2,51	0,59	3,17		
0,57	2,49	0,59	3,16		
0,54	2,49	0,56	3,17		
0,53	2,52	—	—		

$S_L$ :Caddenin boyuna eğimi (m/m)

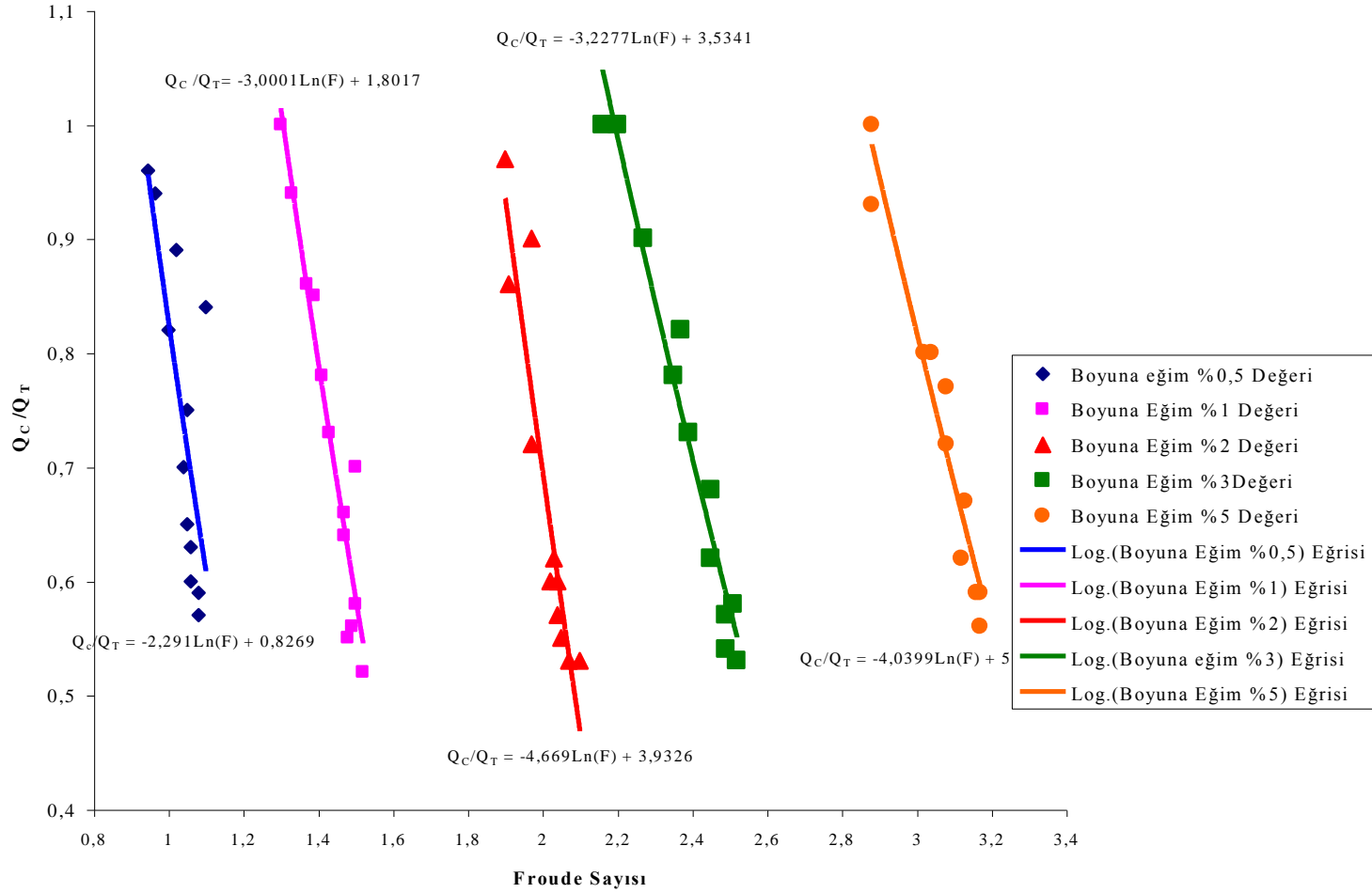
$Q_c/Q_T$ :Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

Froude:Froude Sayısı



Şekil A.1. Tip 22 Bordürde Giriş ( L=4,5 m , S =%3,1 ) Q<sub>c</sub>/Q<sub>T</sub> - Froude Sayısı Grafiği





Şekil B.1. Tip 12 Birleşik Giriş (0,75m X 0,475m Izgara Giriş) ( L=0,75m Bordür )  $S_x = \%3,1$  İçin  $Q_c/Q_T$  - Froude Sayısı Grafiği

**Tablo E.1.** Tip 22 Bordür Girişi ( L= 4,5 m )  $Q_c/Q_T$  - L/FT Değerleri  
 $S_x = \% 3,1$

$S_L = \%0,5$		$S_L = \% 1$		$S_L = \% 2$	
$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT
0,96	1,31	0,97	1,14	0,97	1,06
0,97	1,28	0,96	1,14	0,97	0,98
0,96	1,2	0,93	1,06	0,93	0,94
0,92	1,16	0,93	1,07	0,94	0,92
0,9	1,09	0,92	1	0,92	0,87
0,92	1,09	0,93	0,94	0,93	0,84
0,93	1,06	0,9	0,9	0,88	0,77
0,91	1,05	0,87	0,85	0,85	0,74
—	—	—	—	0,83	0,7
—	—	—	—	0,82	0,69
$S_L = \% 3$		$S_L = \% 5$			
$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT		
0,97	0,97	0,98	0,94		
0,99	0,93	1	0,88		
0,97	0,85	0,96	0,81		
0,94	0,83	0,95	0,74		
0,95	0,76	0,92	0,66		
0,88	0,71	0,91	0,59		
0,86	0,65	0,89	0,6		
0,83	0,64	0,86	0,58		
0,81	0,61	0,85	0,56		
0,78	0,62	0,82	0,55		
0,75	0,56	0,79	0,51		
—	—	0,74	0,48		

$S_L$ : Caddenin boyuna eğimi (m/m)

$Q_c/Q_T$ : Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

L/FT: Yağmursuyu giriş uzunluğu / Froude sayısı X Caddedeki yayılma miktarı

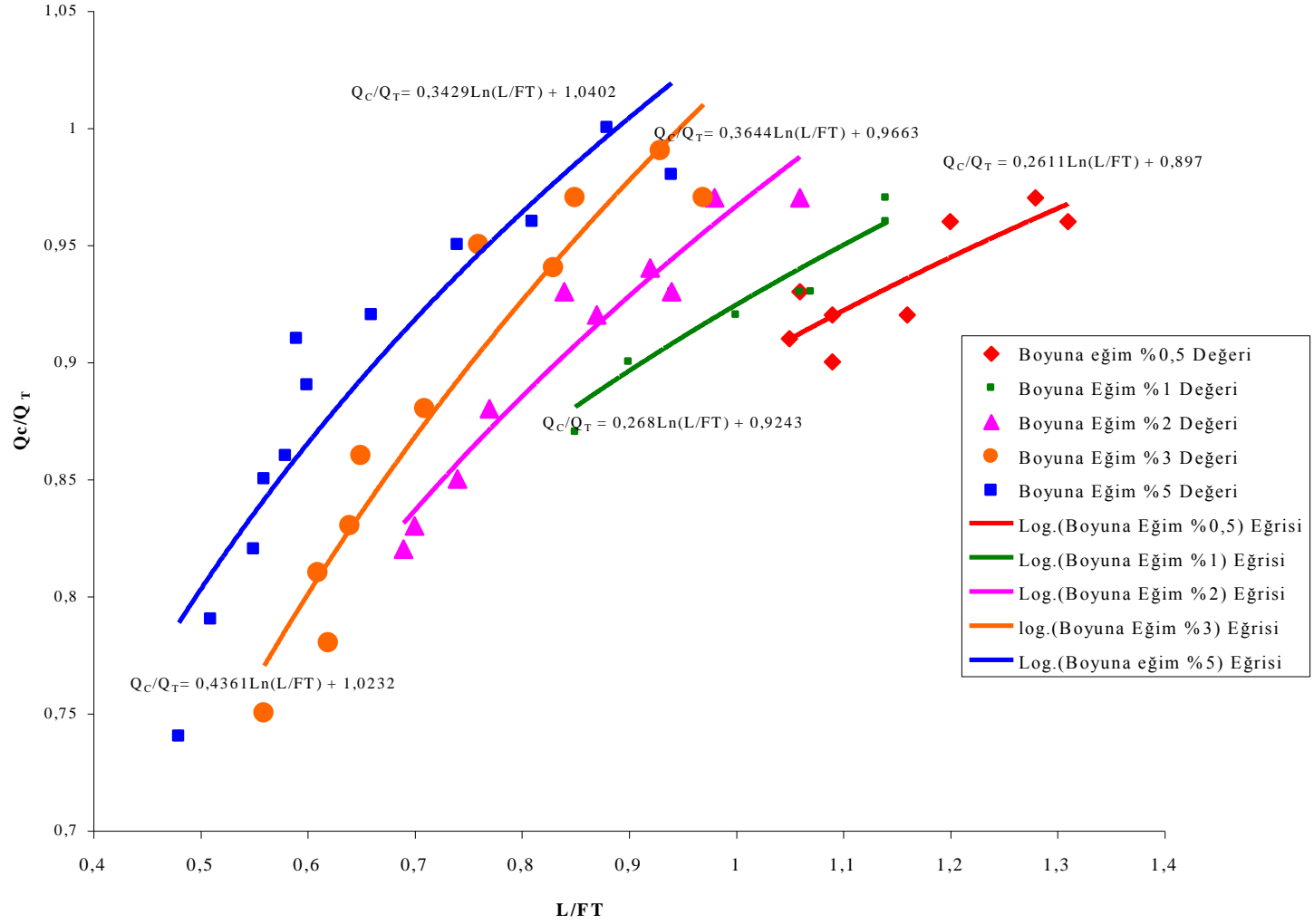
**Tablo F.1.** Tip 12 Birleşik Girişde ( 0,75m X 0,475 m Izgara ) ( L=0,75 m Bordür Girişi )  
 $Q_c/Q_T$  - L/FT Değerleri  $S_L = \% 3,1$

$S_L = \%0,5$		$S_L = \%1$		$S_L = \%2$	
$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT
0,96	0,426	1	0,36	0,97	0,24
0,94	0,368	0,94	0,32	0,86	0,2
0,82	0,29	0,86	0,26	0,9	0,18
0,84	0,26	0,85	0,22	0,72	0,15
0,89	0,24	0,78	0,2	0,62	0,132
0,75	0,217	0,73	0,18	0,6	0,128
0,7	0,21	0,66	0,164	0,6	0,125
0,65	0,19	0,64	0,158	0,57	0,12
0,63	0,18	0,58	0,146	0,55	0,115
0,6	0,18	0,56	0,142	0,53	0,112
0,59	0,17	0,55	0,14	0,53	0,1
0,57	0,167	0,52	0,133	—	—
$S_L = \%3$		$S_L = \%5$			
$Q_c/Q_T$	L/FT	$Q_c/Q_T$	L/FT		
1	0,299	1	0,2		
1	0,25	0,93	0,175		
0,9	0,197	0,8	0,13		
0,78	0,16	0,8	0,12		
0,82	0,14	0,77	0,112		
0,73	0,117	0,72	0,108		
0,68	0,119	0,67	0,099		
0,62	0,111	0,62	0,093		
0,58	0,1	0,59	0,089		
0,57	0,1	0,59	0,088		
0,54	0,1	0,56	0,083		
0,53	0,096	—	—		

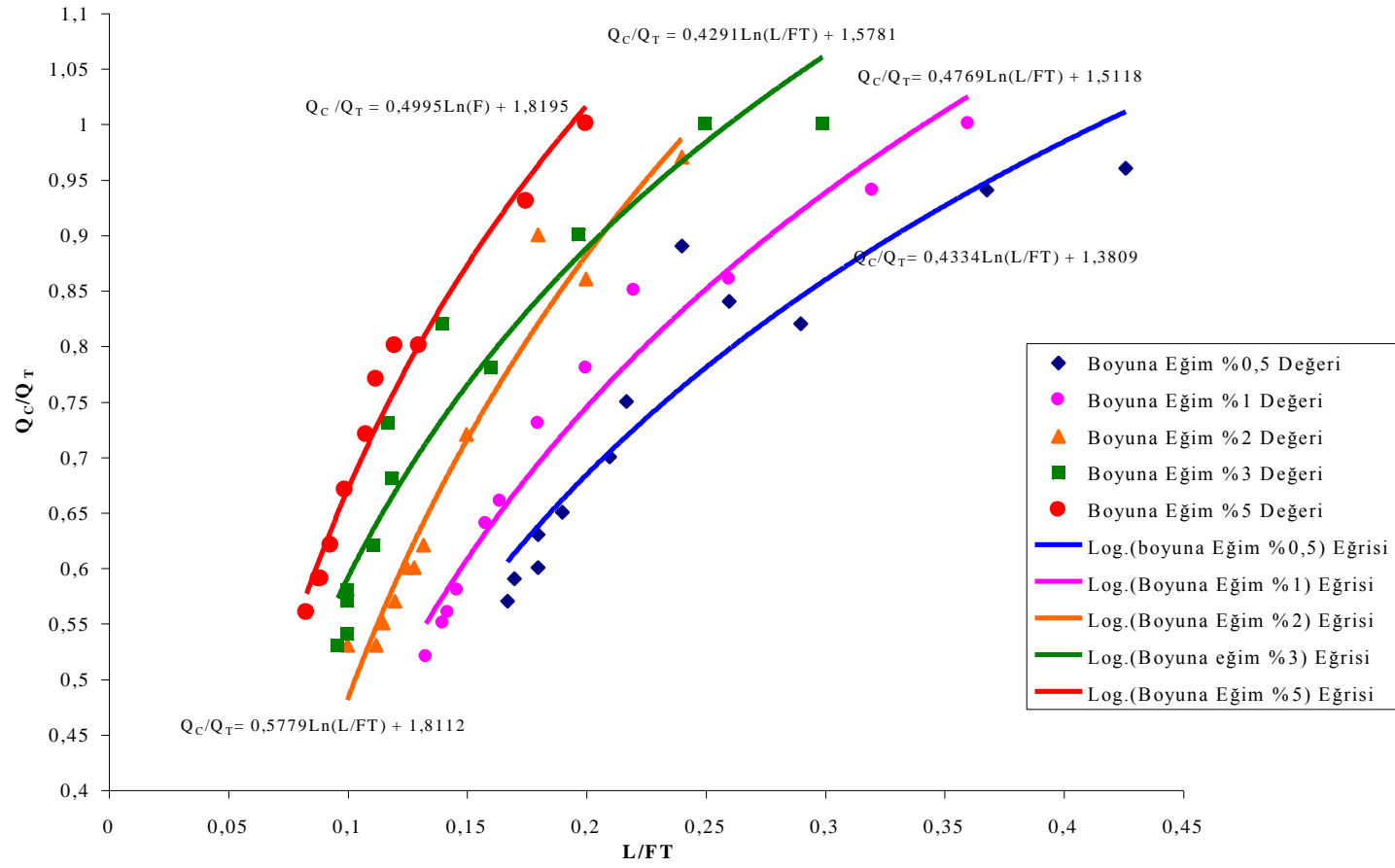
$S_L$ : Caddenin boyuna eğimi (m/m)

$Q_c/Q_T$ : Yağmursuyu Girişince Tutulan Debi / Caddedeki toplam Debi

L/FT: Yağmursuyu giriş uzunluğu / Froude sayısı X Caddedeki yayılma miktarı



Şekil C.1. Tip 22 Bordürde Yağmursuyu Girişi  $Q_c/Q_T$  -  $L/FT$  Gafığı ( $S_x=3,1$ ) ( $L=4,5m$ )



Şekil D.1. Tip 12 Birleşik Giriş ( 0,75 m X 0,475 m Izgara ) ( L= 0,75 m Bordür ) İçin  $Q_c / Q_T$ - L/FT Grafiği  $S_x = \% 3,1$