

Su Alma Yapılarında Girdap Oluşumu ve Önlenmesi için Gerekli Düzeneklerin Belirlenmesi

Proje No: 110M676

**Prof. Dr. Mustafa GÖĞÜŞ
Doç. Dr. Mete KÖKEN
Yük. Müh. Ali BAYKARA**

**MART 2013
ANKARA**

ÖNSÖZ

İçme/sulama suyu temini veya elektrik enerjisi üretmek amacıyla yapılan su alma yapılarında, rezervuardaki su kotunun belli bir değerin altına düşmesi durumunda su yüzeyinde girdaplar oluşur. Girdaplar, sistemden geçecek olan debinin azalmasına, ilave enerji kayıplarına, pompa ve türbin verimliliklerinin düşmesine neden olabilecek havanın aralıklı veya sürekli olarak su alma yapısı içine çekilmesine neden olurlar.

Bu çalışmada, farklı çapta yatay su alma sistemlerinde girdapların hangi su kotlarında oluştukları ve rezervuar yan duvarlarının girdap oluşmasına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, laboratuvarında inşa edilen büyük bir rezervuardan farklı çapta yatay pozisyonda borular kullanılarak bir pompa yardımıyla değişik debilerde, sistemde girdapların oluşabileceği su kotları tespit edilmiştir. Su alma yapısı yan duvarları arasındaki mesafeler değiştirilerek girdap oluşumu gözlenmiş ve elde edilen veriler boyutsuzlaştırılarak kritik batıklık derinliğinin diğer boyutsuz hidrolik parametreler ile değişimi grafikler ve ampirik denklemlerle ifade edilmiştir. Literatürde verilen benzer ampirik denklemler ile bu çalışmadan elde edilen denklemler karşılaştırılmıştır.

En büyük çaplı su alma yapılarının “prototip” ve ondan daha küçük çaplıların ise “model” olarak kabul edilmesi ile sistemlerin “model uzunluk ölçekleri, L_r ” belirlenmiş ve bu L_r değerleri ile model ve prototiplerin kritik batıklık oranları arasındaki farklılıkların, ki bunlar “model ölçek etkisi”nden kaynaklanmaktadır, diğer ilgili parametrelerle değişimi araştırılmış ve grafikler halinde sunulmuştur. Model uzunluk ölçeği küçüldükçe, model ölçek etkisinin arttığı tespit edilmiştir.

“Girdap önleyici aygıt” olarak farklı boyutlarda pleksiglas plakalar su alma yapısı girişinin hemen üst kısmında test edilerek bunların oluşan girdaplar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Girdap oluşumunu önleyen plakalar boyutsuz büyüklükleri ile su alma yapısı Froude sayısı arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

Seçilen bazı deney konfigürasyonlarının Flow-3D yazılımı kullanılarak üç boyutlu sayısal benzetimi yapılmıştır. Benzetimler sonucunda yatay su alma yapılarında girdap oluşumu tespit edilmiştir. Deneylerle paralel olarak benzetimlerde de yatay plaka uygulamasının girdap önlemede etkili olduğu, ayrıca model ve prototip arasındaki “model ölçek etkisi”nin varlığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: girdap oluşumu, girdap önleme düzenekleri, model ölçek etkisi, sayısal benzetim, su alma yapıları

ABSTRACT

In this study, at different discharges, possible water submergences were determined by constructing a large reservoir in the laboratory and providing water with the help of horizontal pipes and a pump. By altering side wall clearances at the intake, vortex formation was observed and by turning available data into dimensionless form, variation of critical submergence with other dimensionless hydraulic parameters was introduced with graphs and empirical equations. Similar empirical equations in the literature and present equations were compared.

By assuming pipes with larger diameter as “prototype” and smaller ones as “model”, “model length scale, L_r ” of the system was determined. Variation of differences between L_r values and model and prototype critical submergence ratios, caused by “model scale effect”, with related parameters were examined and presented in graphical forms. It is found that as model length scale decreases, model scale effect increases.

As “Anti-vortex device”, plexiglass plates in different sizes were tested and their effects on vortices were investigated by mounting them to the top of the intake entrance. The relationship between dimensionless size of anti-vortex plates and intake Froude number was determined.

Three dimensional numerical simulations are held using Flow-3D software for some of the selected experimental configurations. In the simulations vortex formations are determined. Parallel to the findings in the experiments, it was shown that anti-vortex plates are efficient in prevention from the vortex formation at intakes. Furthermore presence of the "model scale effect" between the model and prototype is shown.

Keywords: vortex, vortex prevention devices, model scale effect, numerical simulation, water intake structure

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xviii
1- GİRİŞ.....	1
1.1 Su Alma Yapılarında Girdap Oluşumu	1
1.2 Çalışmanın Amacı	1
1.3 Literatür Taraması	1
2- GENEL BİLGİLER	12
2.1 Kritik Batıklık Konsepti	12
2.2 Girdap Oluşmasının Nedenleri	12
2.3 Girdap Oluşumundan Kaynaklanan Problemler.....	12
2.4 Su Alma Yapılarının Yönsel ve Yapısal Ayrımları.....	12
2.5 Girdapların Sınıflandırılması.....	15
2.6 Girdabın Engellenmesi	17
2.7 Teorik Analiz.....	17
2.7.1 Giriş.....	17
2.7.2 Boyutsuz Parametreler.....	17
3- GEREÇ VE YÖNTEM.....	20
3.1 Gereç.....	20
3.2 Yöntem	26
3.3 Gözlemler	27
4- BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30

4.1 Giriş	30
4.2 Boyutsuz Kritik Batıklık ve Buna Bağlı Diğer Boyutsuz Parametreler	31
4.3 Boyutsuz Kritik Batıklık için Türetilen Ampirik Formüller	42
4.3.1 Uç Değerlerin Olduğu Durum	43
4.3.1.1 Ölçülen Maksimum S_c/D_i Değerlerine Bağlı İlişki	43
4.3.1.2 Ölçülen Maksimum S_c/D_i Değerlerine Bağlı İlişki	44
4.3.2 S_c/D_i ' nin Ara Seviye Değerleri için	44
4.4 Boyutsuz Kritik Batıklık Değeri Üzerindeki Ölçek Etkisi	49
4.5 Önerilen Ampirik Eşitliklerin Literatürde Verilen İlişkiler ile Karşılaştırılması	54
4.5.1 Gürbüzdal' ın Çalışması (2009)	54
4.5.2 Gordon (1970), Reddy ve Pickford (1972) ve Rindels ve Gulliver (1983)' in Çalışmaları	56
4.6 Girdapların Engellenmesinde Yatay Plakaların Etkisi	58
4.7 Sayısal Benzetim	64
4.7.1 Sayısal Model ve Hesap Ağı	64
4.7.2 Benzetim Sonuçları	66
5- SONUÇ	74
REFERANSLAR	75
EKLER	
A. KRİTİK BATIKLIĞA DAİR DENEY SONUÇLARI	78
B. GİRDAP ÖNLEYİCİ PLAKALARA DAİR DENEY SONUÇLARI	92

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Var olan su alma yapılarından, tertibatlardan ve model çalışmalarından elde edilen verilerin boyutsuz olarak çizimi (Rindels ve Gulliver, 1983).....	6
Şekil 1.2 Girdap önleyici aygıt kullanılmayan ancak düzgün yaklaşım akım koşullarına sahip su alma yapıları için önerilen batıklık	8
Şekil 1.3 Dikey su alma yapısında küresel diren yüzeyi (Yıldırım ve Kocabaş, 1995).....	9
Şekil 2.1 Girdap oluşmasının nedenleri (a) asimetric akım, (b) üniform olmayan hız dağılımı, (c) akım alanında engel (Durgin ve Hecker, 1978).....	12
Şekil 2.2 Su alma yapılarının sınıflandırılması (Knauss, 1987).....	14
Şekil 2.3 Dönme, çöküntü ve girdap kuyruğunun genel görünüşleri.....	15
Şekil 2.4 AAL girdap tipi sınıflandırması (Knauss, 1987)	16
Şekil 2.5 Teorik analizde kullanılan su alma yapısı ve bazı parametreler	18
Şekil 3.1 Fiziksel modelin üstten (plan) ve yandan görünüşü (boyutlar cm cinsindedir).....	21
Şekil 3.2 Deney düzeneğinin genel görünümü.....	22
Şekil 3.3 30 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	22
Şekil 3.4 25 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	23
Şekil 3.5 19.4 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	23
Şekil 3.6 14.4 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	24
Şekil 3.7 10 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	24
Şekil 3.8 5 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği.....	25
Şekil 3.9 40 cm boyundaki girdap önleyici plakalar	25
Şekil 3.10 50 cm boyundaki girdap önleyici plakalar	26
Şekil 3.11 Girdap önleyici playa rağmen oluşmuş bir hava çeken girdap fotoğrafı	28
Şekil 3.12 Yüksek bir kritik batıklığa sahip girdabın görüntüsü.....	28
Şekil 3.13 25 cm çapındaki boru üzerinde yapılan deneyler sırasında çekilmiş bir girdabın görüntüsü.....	29
Şekil 4.1 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	32
Şekil 4.2 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	32
Şekil 4.3 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	33

Şekil 4.4 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	33
Şekil 4.5 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	34
Şekil 4.6 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	34
Şekil 4.7 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	35
Şekil 4.8 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	35
Şekil 4.9 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	36
Şekil 4.10 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	36
Şekil 4.11 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	37
Şekil 4.12 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	37
Şekil 4.13 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	38
Şekil 4.14 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	38
Şekil 4.15 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	39
Şekil 4.16 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi	39
Şekil 4.17 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi	40
Şekil 4.18 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi	40
Şekil 4.19 S_c/D_i' nin $2b/D_i'$ den bağımsız olduğu ve sadece Fr, Re ve We' ye bağlı olduğu $2b/D_i'$ nin limit değerleri grafiği	42

Şekil 4.20 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan maksimum S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	43
Şekil 4.21 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan minimum S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 4.22 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan orta seviyedeki S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	45
Şekil 4.23 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.5)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	46
Şekil 4.24 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.6)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.25 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.7)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.26 Şekil 4.19' daki eğri üzerinde belirtilen S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.8)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 4.27 Şekil 4.19' daki eğri üzerinde belirtilen S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.9)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	49
Şekil 4.28 $(S_c/D_i)_r$ ' nin Froude sayısı ile değişimi	52
Şekil 4.29 $(S_c/D_i)_r$ ' nin L_r ile değişimi	53
Şekil 4.30 $(S_c/D_i)_r$ ' nin $(Re)_r$ ile değişimi.....	53
Şekil 4.31 $(S_c/D_i)_r$ ' nin $(We)_r$ ile değişimi.....	54
Şekil 4.32 Günümüz ve Gürbüzdal (2009) çalışması için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olduğu ve sadece Fr, Re ve We' ye bağlı olduğu $2b/D_i$ ' nin limit değerleri grafiği	55
Şekil 4.33 Gürbüzdal' ın hesaplanan (Eşitlik 4.4 ile) ve ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 4.34 Var olan su alma yapılarından, tertibatlardan ve model çalışmalarından elde edilen verilerin boyutsuz olarak çizimi (Rindels ve Gulliver, 1983) ile Gordon (1970), Reddy ve Pickford (1972), Eşitlik 4.9 ve $L_r = 1/10$ olduğu durumdaki Düzeltilmiş Eşitlik 4.9 ilişkileri	57
Şekil 4.35 $(W_p/D_i)_1$ ' nin $2.00 \leq L_p/W_p \leq 8.00$ için Froude sayısı ile değişimi.....	63
Şekil 4.36 $(W_p/D_i)_2$ ' nin $L_p/W_p = 2.5$ için Froude sayısı ile değişimi	64
Şekil 4.37 Sayısal Model.....	65
Şekil 4.38 Hesap ağı düşey kesit görünümü	65

Şekil 4.39 Model-1'de oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir).....	68
Şekil 4.40 Model-1'de havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hizasındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde	69
Şekil 4.41 Model-1 50cm x 10cm girdap önleyici plakalı benzetimde gözlemlenen en büyük girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü.....	70
Şekil 4.42 Model-1 50cm x 20cm girdap önleyici plakalı benzetimde gözlemlenen en büyük girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü.....	70
Şekil 4.43 Model-1'in prototip benzetiminde gözlemlenen havalı girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü.....	70
Şekil 4.44 Model-1'in yüksek su derinliğinde yapılan prototip benzetiminde gözlemlenen havalı girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü.....	71
Şekil 4.45 Model-2 benzetiminde oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir).....	71
Şekil 4.46 Model-2 benzetiminde havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hizasındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde	72
Şekil 4.47 Model-3 benzetiminde oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir).....	72
Şekil 4.48 Model-3 benzetiminde havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hizasındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde	73
Şekil A.1 Kritik batıklık konseptinin basit bir gösterimi	78
Şekil B.1 Girdap bölgelerinin plan görünümü	92

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Kritik batıklık için yapılan deneyler sonucunda elde edilen önemli parametrelerin özeti	30
Tablo 4.2 Girdap önleyici aygıtlar için yapılan deneyler sonucunda elde edilen önemli parametrelerin özeti	31
Tablo 4.3 S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olduğu ve sadece Fr , Re ve We ' nin fonksiyonu olduğu $2b/D_i$ ' nin limit değerleri tablosu	41
Tablo 4.4 Maksimum, minimum ve ara değerlerde S_c/D_i sonuçları alınan $2b/D_i$ değerleri.....	42
Tablo 4.5 Model ve prototip değerleri ve bunlara bağlı boyutsuz parametrelerin oranları	50
Tablo 4.6 Tablo B.1 – B.62' de sunulan verilerin özeti ve değerlendirilmesi	59
Tablo 4.7 S_c/D_i ' nin ara seviyedeki değerleri için Tablo 5.6' nın değerlendirilmesi	62
Tablo 4.8 Girdap önleyici aygıt olarak seçilen en etkili plakaların verileri	63
Tablo 4.9 Yapılan benzetimlerin listesi.....	66
Tablo A.1 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	79
Tablo A.2 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	79
Tablo A.3 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	79
Tablo A.4 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	80
Tablo A.5 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	80
Tablo A.6 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	80
Tablo A.7 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	81
Tablo A.8 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	81

Tablo A.9 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	82
Tablo A.10 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	82
Tablo A.11 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	83
Tablo A.12 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	83
Tablo A.13 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	84
Tablo A.14 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	84
Tablo A.15 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	85
Tablo A.16 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	85
Tablo A.17 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	86
Tablo A.18 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	86
Tablo A.19 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	86
Tablo A.20 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	87
Tablo A.21 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	87
Tablo A.22 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	88
Tablo A.23 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	88
Tablo A. 24 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları	89

Tablo A.25 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	89
Tablo A.26 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	89
Tablo A.27 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	90
Tablo A.28 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	90
Tablo A.29 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	91
Tablo A.30 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	91
Tablo A. 31 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	91
Tablo A.32 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları.....	91
Tablo B.1 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	93
Tablo B.2 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 45.46$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	94
Tablo B.3 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	95
Tablo B.4 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	96
Tablo B.5 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 50.75$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	97
Tablo B.6 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 27.45$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	98
Tablo B.7 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	99
Tablo B.8 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneyle rin Sonuçları	100

Tablo B.9 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	101
Tablo B.10 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	102
Tablo B.11 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	103
Tablo B.12 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	104
Tablo B.13 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	105
Tablo B.14 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	106
Tablo B.15 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	107
Tablo B.16 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	108
Tablo B.17 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	109
Tablo B.18 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	110
Tablo B.19 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	111
Tablo B.20 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	112
Tablo B.21 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	113
Tablo B.22 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	114
Tablo B.23 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	115
Tablo B.24 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları	116

Tablo B.25 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	117
Tablo B.26 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	118
Tablo B.27 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	119
Tablo B.28 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	120
Tablo B.29 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	121
Tablo B.30 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	122
Tablo B.31 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	123
Tablo B.32 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	124
Tablo B.33 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	125
Tablo B.34 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	126
Tablo B.35 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	127
Tablo B.36 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	128
Tablo B.37 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	129
Tablo B.38 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	130
Tablo B.39 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	131
Tablo B.40 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	132

Tablo B.41 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	133
Tablo B.42 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	134
Tablo B.43 $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	135
Tablo B.44 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	136
Tablo B.45 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	137
Tablo B.46 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	138
Tablo B.47 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	139
Tablo B.48 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	140
Tablo B.49 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	141
Tablo B.50 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	142
Tablo B.51 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	143
Tablo B.52 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	144
Tablo B.53 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	145
Tablo B.54 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	146
Tablo B.55 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	147
Tablo B.56 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	148

Tablo B.57 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	149
Tablo B.58 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	150
Tablo B.59 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	151
Tablo B.60 $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	152
Tablo B.61 Çapı $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	153
Tablo B.62 Çapı $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları	154

SEMBOL LİSTESİ

a	Su alma yapısı kapı yüksekliği
B*	Giriş kanalı genişliği
b	Su alma yapısının merkezinden rezervuarın yan duvarına kadar olan yatay mesafe
b ₁	Su alma yapısının merkezinden sağ pleksiglas yan duvara kadar olan yatay mesafe
b ₂	Su alma yapısının merkezinden sol pleksiglas yan duvara kadar olan yatay mesafe
c	Su alma yapısının en alt kısmı ile rezervuarın zemini arasındaki dikey mesafe
C _d	Düzgün akımlı bir kanaldaki su alma yapısının debi katsayısı
c1	Regresyon değişkeni
c2	Regresyon değişkeni
c3	Regresyon değişkeni
c4	Regresyon değişkeni
D _i	Su alma yapısının çapı
D _i *	Orifis çapı
Fr	Su alma yapısı Froude sayısı
g	Yer çekimi ivmesi
h	Su alma yapısının merkezinin üzerindeki derinlik
H	Dikey su alma yapılarındaki batıklık
H _c	Dikey su alma yapılarındaki kritik batıklık
H'	Tankın zemini ile suyun serbest yüzeyi arasındaki mesafe
k	Sabit = 6×10^{-5}
K	Viskozite düzeltme katsayısı
K _o	Su alma yapısı Kolf sayısı
L	Giriş ağzından su alma yapısı merkez çizgisine kadar olan mesafe
L _p	Plaka boyu
L _r	Model uzunluk ölçeği
N _v	Su alma yapısı Froude sayısının su alma yapısı Reynolds sayısına oranı
N _Γ	Sirkülasyon sayısı
N _Γ *	Batıklık sirkülasyon sayısı
Q _i	Su alma yapısı debisi
R	Korelasyon katsayısı
Re	Su alma yapısı Reynolds sayısı
Re _R	Radyal Reynolds sayısı
r ₀	Kanal zemininde görülen girdap gölgesinin yarıçapı
s _a	Hazneye gelen akımının derinliği
S	Yatay su alma yapılarındaki batıklık
S _c	Yatay su alma yapılarının tepe noktasından itibaren ölçülen kritik batıklık
S _c *	Yatay su alma yapılarının merkezinden itibaren ölçülen kritik batıklık
T	Izgara kesitinin açıklık yüzdesi
u _a	Hazneye gelen akımının hızı
U _∞	Su alma yapısının membasındaki düzgün akımın hızı
V _i	Su alma yapısındaki akımın hızı
We	Su alma yapısı Weber sayısı
W _p	Plaka genişliği
Z	Su alma yapısı duvar açısı
α	Yaklaşan akımın açısı
Γ	Sirkülasyon

μ	Viskozite
ν	Kinematik viskozite
ρ	Akışkanın yoğunluğu
σ	Yüzey gerilimi

1- GİRİŞ

1.1 Su Alma Yapılarında Girdap Oluşumu

Modern dünyada, doğal su kaynaklarının tükeniyor olması nedeniyle su ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Bu nedenle, gelecekte problemler ile karşılaşılabilme olasılığından dolayı, bu su kaynakları dikkatli ve efektif bir şekilde kullanılmalıdır. Suyun nehirlerden, göllerden, denizlerden veya kısaca rezervuarlardan; enerji üretiminde, tarımda, evlerde ve sanayide kullanılmak için su alma yapıları ile taşınmasından dolayı, maliyeti düşürmek ve suyu daha efektif kullanmak için su alma yapılarının dizayn kriterlerinin iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Su alma yapılarında hava çeken girdapların oluşması hiçbir zaman arzu edilmez. Su alma yapısının yeri ve yönü öyle ayarlanmalıdır ki, en kötü koşullarda (rezervuar minimum su kotunda olduğu durumda) bile, su seviyesi hava çeken girdapların oluşmadığı bir seviyede olmalıdır. Ancak yapım maliyetini düşürmek için, su alma yapısı mümkün olduğunca yüzeye yakın inşa edilmelidir. Bu nedenle, maliyeti düşürmek ile rezervuardaki kullanılabilir su kapasitesini artırmak arasında bir dizayn problemi ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak, su alma yapılarındaki girdap oluşumu, bu iki düşünce arasında optimum bir değer elde etmek için sürekli araştırılmak zorundadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı su alma borusu çapı ile girdap oluşumu için gerekli olan “kritik batıklık derinliği” arasındaki hidrolik ve geometrik parametrelerde göz önüne alınarak pratikte kullanılacak bir ilişki bulmak, su alma yapısı yan duvarları mesafesinin ve model ölçek etkisinin “kritik batıklık derinliği” üzerindeki etkisini araştırmak ve girdap önleyici plakaların boyutlandırılmasıdır.

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda, ilk aşama olarak deneylerin yapılacağı modelin rezervuarı laboratuvarında inşa edilmiş, test edilecek farklı çaptaki borular ve bir adet pompa temin edilmiştir. Her bir boru ile değişik debi değerlerinde ve farklı yan duvar aralıklarında deneyler yapılmış ve havalı girdapların oluştuğu rezervuardaki kritik batıklık derinlikleri tespit edilmiştir. Boyut analizi ile olaya etkisi olan parametreler boyutsuz hale getirilerek pratikte kullanılacak grafikler ve ampirik denklemler elde edilmiştir. İleriki aşamalarda ise model ölçek etkisinin kritik batıklık derinliğine etkisi ve sisteme havalı girdap girişini önleyebilecek plakaların boyutları araştırılmıştır. Yapılan bütün çalışmalar ve analizleri ilerideki bölümlerde detaylı olarak sunulmuştur.

1.3 Literatür Taraması

Iversen (1953) hazne sınırlarının pompa verimliliği ve aynı zamanda dikey doğrultuda yerleştirilmiş hazne tipi su alma yapısının kritik batıklığı üzerinde çalışmıştır. Yapılan deneylerden, yan duvar açıklıkları $D_i/4$ ' den $D_i/2$ ' ye kadar değişen aralıkta ve dip açıklığının $D_i/2$ olması durumunda normal pompa performansı ve kritik batıklık değerlerinin etkilenmediği ifade edilmiştir. Burada D_i , su alma yapısının iç çapıdır.

Blaisdell ve Donnelly (1958), Karr ve Clayton tarafından keşfedilen ve kısaca test edilen başlıklı su alma yapısının kullanımını araştırmak için çalışmalar yürütmüşlerdir. Bu tip bir su alma yapısı tarımda yani tarla havuzlarında, sulama havuzlarında, sel önlenmesinde, su havzası koruyucu rezervuarlarında ve öteki su ve toprak koruyucu yapılarda kullanılmaktadır. Buna ek olarak, bu tip bir su alma yapısı basit, ekonomik ve kurulabilmesi kolay bir yapıdır, bu nedenle de dikkate değer derecede tasarruf sağlamaktadır. Başlıklı su alma yapısı bir borunun açılı bir şekilde kesilmesi ve uzun olan kısmının tepede kalacak şekilde yerleştirilmesiyle oluşturulan bir yapıdır. Başlıklı su alma yapısı üzerinde yapılan deneylerde, su alma yapısında girdap oluşumunu önlemek için birçok değişik tipte girdap önleyici aygıt denenmiştir. Yapılan deney programında, girdap önleyici aygıt olarak su alma yapısının tepesine yerleştirilen ayrıştıcı duvar kullanılmıştır. Bu aygıt, girdap oluşumunu tam olarak önleyememesine rağmen tatmin edici sonuçlar vermiştir. Bu duvar daha geniş olduğu durumda, az da olsa iyi yönde etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu duvarın memba tarafını desteklemek amacıyla, bu duvar aşağı yönde yaklaşım dolgusu (approach fill) içine kadar uzatılmıştır. Ancak, duvarın uzatılması, girişteki enerji kaybının artmasına sebep olmaktadır. Bu girdap önleyici aygıtlara ek olarak, boru girişinin mansabına akıma dik olarak yerleştirilen bir levha ile girdap oluşumu engellenmeye çalışılmıştır. Bu tip aygıtların, güçlü girdap oluşumunu önleyemediği ve bu nedenle daha çok hava girişi olduğu ancak giriş kaybının daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Anwar (1965, 1967 ve 1968) silindirik bir tanktan su çeken su alma borusunun çıkış noktasında oluşan hava dolgulu sabit girdap üzerinde deneysel ve teorik olarak çalışmalar yapmıştır. Deneylerden, radyal Reynolds sayısı, $Re_R = Q_i/vH$, burada Q_i debi, H dikey su alma yapısı batıklığı ve v ise kinematik viskozitedir, 10^3 ' den büyük olduğunda viskozitenin etkisinin ihmal edilebilir olduğu çıkarılmıştır. Yaptığı deneylerin sonuçlarına göre, radyal akış ve bu nedenle oluşan tam gelişmiş girdap, zeminin ve katı sınırların pürüzlendirilmesi ile önlenmektedir. Çünkü sınırdaki radyal akış, girdabın devam etmesi için gerekli olan enerjiyi sağlamaktadır. Buna ek olarak, su alma yapısının performansı, su alma yapısının hemen üzerindeki yüzeyde yüzer sal kullanılarak ve enerjiyi dağıtmak için kullanılan ve gerekli ekstra pürüzlülüğü sağlayan perde duvarı kullanılarak artırılabilir. Ayrıca, Anwar, pompa performansının çok önemli bir düzeyde yan duvar ve zemin açıklıklarına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Zielinski ve Villemonte (1968) silindirik bir tanka bağlanan beş farklı çapta orifis ve değişik viskozitelere sahip yağ kullanarak deneyler yürütmüşlerdir. Bu deneylerin amacı kullanılan sıvıların girdap oluşumu üzerindeki etkilerini görmektir. Viskozitenin girdap – orifis ilişkisi üzerindeki fiziksel etkisi şu şekilde gözlemlenmiştir: Viskozitenin artması ile sirkülasyon azalmakta ve bu nedenle de sıvı yüzeyindeki çukurlaşma da azalmaktadır. Reynolds sayısının, $Re = V_i D_i^* / \nu$, burada V_i orifis ağızından geçen ortalama hız ve D_i^* ise orifis ağız çapıdır, 1×10^4 olduğu durumlarda viskozitenin etkisinin ihmal edilebileceği gösterilmiştir.

Dizayn uygulamalarında verdiği bağıntı sıklıkla kullanılan araştırmacılardan biri olan Gordon (1970), girdap oluşumunu etkileyen etmenleri şu şekilde sıralamıştır: su alma yapısına yaklaşan akımın geometrisi; su alma yapısındaki suyun hızı; su alma yapısının boyutları ve kritik batıklık (S_c). Var olan 29 hidroelektrik su alma yapısı üzerinde yapılan araştırmaya göre, bu terimler arasındaki ilişki şu şekilde gösterilmektedir

$$\frac{S_c}{D_i} = 1.70 Fr \quad (1.1)$$

simetrik akım durumunda ve

$$\frac{S_c}{D_i} = 2.27 Fr \quad (1.2)$$

simetrik olmayan akım durumunda. Burada Fr su alma yapısı Froude sayısı olup $Fr = V_i/\sqrt{gD_i}$ ifadesi ile hesaplanmaktadır. (1.1) ve (1.2) bağıntılarında kullanılan bütün değişkenler SI birim sistemindedir ve S_c , su alma yapısının tepe noktasından itibaren ölçülmüştür.

Johnson (1972) Mt. Elbert Pompaj-Depolama Santrali' nin yükleme havuzunun bir modelinde girdap oluşumu, titreşim ve sistemin çökmesi gibi istenmeyen durumların olmaması için ızgaralarda akım koşullarını geliştirecek bir dizi deney yapmıştır. Akım koşullarını geliştirmek için modele bir deflektör yerleştirilmiştir ve bu deflektörün istenmeyen durumları engellediği görülmüştür. Ancak olağan dışı durumlarda hala girdap görülmesinden dolayı iki farklı girdap önleyici aygıt (yüzer sal ve kafes duvarı) da test edilmiştir. Her iki aygıt da sadece hava girişini engellemiş ve girdap oluşumunu durduramamıştır ancak buna rağmen bu aygıtların başarılı olduğu kanaatine varılmıştır.

Reddy ve Pickford (1972), su alma yapısı bölgesi içindeki akım sınırlarının girdap oluşumuna katkıda bulunan en büyük etken olduğunu ve bu olayın serbest yüzeysel bir olay olduğunu bu nedenle Reynolds sayısının girdap oluşum alanından elenebileceğini farz etmişlerdir. Girdap önleyici aletler kullanılmadığında $S_c / D_i = Fr$ (öteki durumda $S_c / D_i = 1 + Fr$) ifadesi, hidroelektrik uygulamalarında ve pompa hazne dizaynında hava çeken girdapların olmadığı kritik batıklık değerini vermektedir.

Dagget ve Keulegan (1974), viskozite ve yüzey gerilmesinin; girdap oluşumunun başlama aşaması, girdap şekli, girdap boyutu ve su alma yapısının çıkış noktasının girdap durumundaki verimliliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneyler iki silindirik test tankında yürütülmüştür. Deneylerde birçok değişik açıda ve çapta yerleştirilmiş vana ve su alma yapısı çıkış noktası, her biri değişik yüzey gerilmesi ve kinematik viskozitesi olan su – gliserin ve değişik miktarlarda yağ karışımları kullanılmıştır. Her bir akışkan karışım kombinasyonu, vana açısı ve su alma yapısı çıkış çapı için birçok değişik akım oranı kullanılmıştır. Debi katsayısına karşılık sabit sirkülasyon sayısı, $N_\Gamma = \Gamma D_i / Q_i$, değerleri için hesaplanan Reynolds sayısı değerlerini çizdiklerinde Reynolds sayısının 5×10^5 değerinden büyük olduğu durumlarda viskozitenin etkisinin ihmal edilebilir olduğu kararına varmışlardır. Burada Reynolds sayısı $Re = Q_i/D_i v$, $\Gamma =$ sirkülasyon ve Q_i su alma yapısı debisidir. Kullanılan değişik akışkanların akım durumlarının karşılaştırılması ile radyal Reynolds sayısı, $Re_R = Q_i / Hv$, 3×10^3 'ü aştığında yüzey gerilmesinin girdap akımına önemli bir derecede etki etmediği görülmüştür. Burada H, su alma yapısının dikey batıklığıdır. Bu çalışma kritik derinlik oranı ilişkisini şu şekilde sonuçlandırmıştır:

$$(H'/D_i)_c = 7 \times 10^{-2} N_\Gamma Re; \quad Re < 5 \times 10^4 \quad (1.3)$$

$$(H'/D_i)_c = 300 N_\Gamma; \quad Re \geq 5 \times 10^4 \quad (1.4)$$

Burada $(H' / D_i)_c$ hava dolgulu girdap oluşmadan hesaplanan en küçük H' / D_i oranıdır.

Zeigler (1976), Grand Coulee Üçüncü Enerji santrali cebri borusunda hava dolgulu girdap oluşup oluşmadığını görmek ve girdabın oluşumunu engelleyici salların (rafts) kullanımını araştırmak için Grand Coulee Üçüncü Enerji Santralinin hidrolik modeli üzerinde çalışmalar yapmıştır. Hidrolik model üzerinde ızgaralar kullanılarak ve kullanılmayarak deneyler yürütülmüştür. Buna ek olarak, yüzer ve batırılmış sallar kullanılarak deneyler tekrarlanmıştır. ızgaraların kullanılmadığı testlere göre, yüksek debilerde girdap yoğunluğu daha fazladır. Buna ek olarak, kullanılan üniteler arttıkça daha küçük debilerde de girdap yoğunluğu artmaktadır. ızgaralar kullanılarak yapılan deneylerin sonuçlarına göre, ızgaraların girdap

yoğunluğu üzerinde kesin önleyici bir etkisi vardır. Girdap oluşumunu tamamen engellememektedir ancak girdap yoğunluğunu indirgemektedirler. Deneyleerde üç farklı ızgara boyutu kullanılmıştır ve buna göre ızgaraların boyutu küçüldükçe girdap yoğunluğuna daha çok önleyici etki yapılmaktadır. Salların kullanıldığı testlerde, birçok değişik boyutta sal kullanılmıştır ve hepsi girdap oluşumunu tamamen engellemişlerdir. Bu sallar bütün alanı kapsamamakta olup, girdap oluşum alanının merkezine yerleştirilmişlerdir. Sallar yüzer ve batırılmış olarak iki şekilde test edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, batırılmış salın girdap oluşumu üzerinde daha çok önleyici etkisi vardır. Ancak, girdap oluşumu tamamen engellenmiş olmasına rağmen sarmal oluşumu devam etmektedir. Ayrıca, salların ızgara boyutunun bu sarmalların oluşmasında önemli etkileri vardır.

Durgin ve Hecker (1978), serbest yüzey girdapları üzerindeki potansiyel ölçek etkilerini açıklayan bir metot sunmuşlardır. Öyle ki bu metot ile prototip işletme koşulları tahmin edilebilmektedir. Girdap yoğunluğu göstergeleri ile birlikte girdap kuvvetinin kaynağını belirtilmiş ve girdap tipi sınıflandırılmasına bağlı olarak gözlem yapılmıştır. Girdap yoğunluğunun modelden prototipe projelendirilmesi için, kesin geometrik ve Froude benzerliği sağlanmalı ve ikincil Reynolds sayısı etkileri de değerlendirilmelidir. Projelendirmede, Froude benzerliğinin belirttiğinden daha büyük Reynolds sayıları elde etme düşüncesine göre, modellerin farklı su sıcaklıklarında uygulanarak farklı vizkoziteler ve dolayısıyla ekstra veri noktaları elde edilmiş, ayrıca Froude ölçeğinin belirttiği değerin altındaki ve üstündeki akım oranları da yazarlar tarafından kullanılmıştır. Uygulamada, Froude sayısına karşılık Reynolds sayısı, model akım oranı istenilen su sıcaklığına çıktığı zaman çizilmiştir ve istenilen sabit girdap yoğunluğu uygulama noktasındaki girdap yoğunluğu göstergeleri (hava emilmesi, sarmal, debi katsayısı gibi) kayıt edilerek oluşturulmuştur. Prototip performansı, girdap yoğunluğuna karşılık gelen Reynolds sayısı ve doğru bir şekilde ölçülmüş Froude sayısı (ki bu $Fr = 1$ 'dir) ile elde edilmektedir.

Anwar ve diğerlerinin (1978) yatay durumdaki su alma yapısında oluşan hava dolgulu girdap başlangıcı üzerinde yaptıkları araştırma, hava dolgulu girdabın yüzey gerilmesinden ve kullanılan akışkanın viskozitesinden, radyal Reynolds sayısı ve Weber sayısı sırasıyla 3×10^4 ve 10^4 değerlerinden büyük olduğunda etkilenmediğini göstermiştir. Çan ağzı girişinin, basit boru tipi su alma yapısı ile karşılaştırıldığında kritik batıklık derinliğini artırmadığı gösterilmiştir. Su alma yapısının çan ağzılı olduğu ve olmadığı durumlarda ve kanaletin yan duvarlarında suyun hızla aktığı durumda, sınır duvarının sirkülasyonu azalttığı görülmüştür. Jain ve diğerleri (1978), merkezlerine dikey olarak yerleştirilmiş su alma yapıları bulunan ve geometrik olarak benzer olan iki silindirik tankta deneyler yapmışlardır. Bu deneylerde silindirler üzerinde radyal akım, radyal yönde değiştirilebilir yönlendirme levhaları yerleştirilerek sağlanmıştır. Deneyler her bir tank için üç farklı su alma yapısı çapı, değişik viskozite ve yüzey gerilmeleri elde etmek için kullanılan su, su – cepol solüsyonu ve su – isoamyl alkol solüsyonu sıvı karışımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kritik batıklık pratik olarak deney sınırları içindeki viskozite ve yüzey gerilmelerinden bağımsız olarak bulunmuştur ($2.5 \times 10^3 \leq Re = V_i D_i / \nu \leq 6.5 \times 10^5$; $1.2 \times 10^2 \leq We = \rho V_i^2 D_i / \sigma \leq 3.4 \times 10^4$ ve burada $\rho =$ suyun yoğunluğu ve $\sigma =$ yüzey gerilmesidir.). Deneysel dataların S_c / D_i değerlerinin Froude sayısı ile değişimi çizilerek aşağıdaki ifade elde edilmiştir.

$$\frac{H_c}{D_i} = 0.47 Fr^{0.50} \quad (1.5)$$

Önceki çalışmanın ikinci kısmı olarak Jain ve diğerleri, dikey su alma yapısındaki hava dolgulu girdabın oluşması durumundaki benzerlik şartlarını tespit etmek için daha detaylı bir deneysel çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, daha önceki çalışmaya çok benzer deney düzenekleri ve deney akışkanları kullanmıştır. Önceki çalışmaya benzer şekilde, yüzey

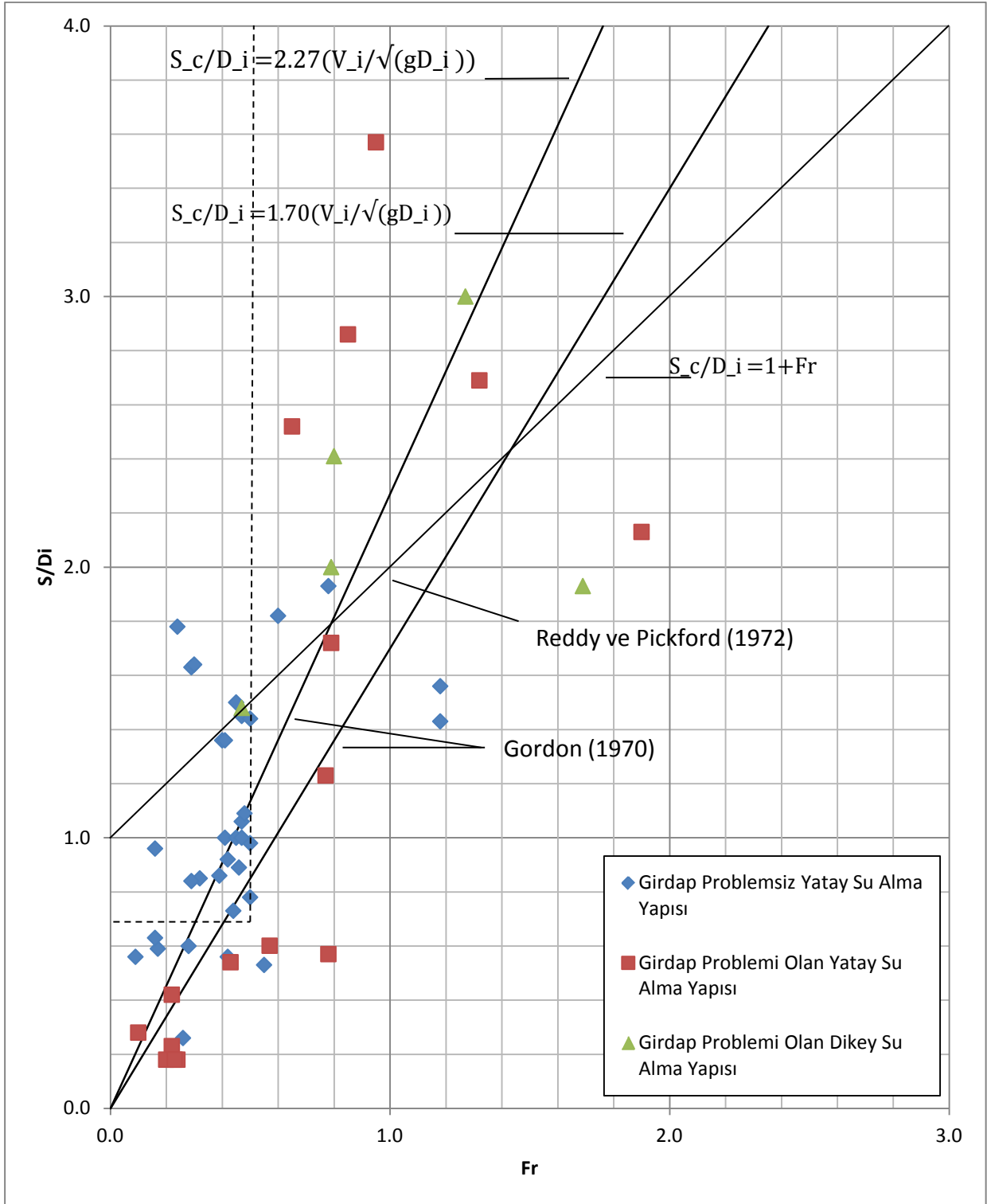
gerilmesinin, dikey aşağı yönlü su alma yapısı üzerindeki etkisinin Weber sayısının 120'yi aştığı durumlarda ihmal edilebilir olduğunu bulunmuştur. Kritik batıklığın viskozite, yer çekimi ve sirkülasyon ile olan ilişkisi, S_c / D_i ' ye karşılık Froude sayısının logaritmik kâğıda çizilmesi ile bir formül çıkarılmış ve bu formül düzenlendikten sonra aşağıdaki son halini almıştır:

$$K \frac{S_c}{D_i} = 5.6 N_\Gamma^{0.42} Fr^{0.50} \quad (1.6)$$

Burada $N_\Gamma = g^{1/2} D_i^{3/2} / \nu$ viskoz parametre olarak kullanılan Froude sayısının Reynolds sayısına oranıdır; $N_\Gamma = \Gamma S_c / Q_i$ sirkülasyon parametresidir ve $K = f(N_\Gamma)$ düzeltme faktörü olup N_Γ değeri 5×10^4 ' ü aştığında 1.0' e eşit olmaktadır.

Anwar ve Amphlett (1980), su alma yapısı yüksekliği, yan ve arka duvar açıklıkları ve hava dolgulu girdapların oluşumundan sorumlu olduğunu düşündükleri sirkülasyon yoğunluğu gibi değişkenleri ölçmek için dikey yönlü su alma yapısı kullanarak deneyler yürütmüşlerdir ve bu çalışmanın sonuçlarını yatay su alma yapısının sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Üç farklı boru çapı, çan ağızlı giriş kullanılarak ve kullanılmadan test edilmiş, buna ek olarak farklı yönlendirme levhaları kullanılarak farklı büyüklükte sarmallar elde edilmiştir. Deneyler sonucunda, çan ağızlı girişin basit boru tipi su alma yapısı ile karşılaştırıldığında kritik batıklık üzerinde herhangi bir gelişme sağlamadığı görülmüştür. Sirkülasyon sayısına, $\Gamma r_0 / Q_i$, karşılık radyal Reynolds, $Re_R = Q_i / \nu H$, sayısı çizilerek, radyal Reynolds sayısının 1'den 3×10^4 'e kadar arttığında sirkülasyon sayısının düştüğünü ve radyal Reynolds sayısı 4×10^4 'den büyük olduğu durumda ise sirkülasyon sayısının tamamen etkisiz olduğu gözlemlenmiştir. Burada r_0 kanalın dibinde oluşan girdabın gölgesinin yarıçapıdır. Sirkülasyon sayısına karşılık debi katsayısı çizilerek H / D_i ile D_i arasında bir bağlantı olduğu görülmüş, buna karşılık b / D_i 'den bağımsız olduğu ortaya çıkmıştır. Buradaki b yan duvar açıklığıdır. Bu çizimler, sirkülasyon sayısının viskoz etkilerden bağımsız olduğu bir modelin dizayn edilebileceğini ve debi katsayısının D_i ve H 'a bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Dahası, batıklık yüksekliği, H / D_i , yüksek sirkülasyon sayısı değerleri için $b / D_i > 8$ olduğunda ve sarmalın olmadığı bir akım için $b / D_i > 4$ olduğunda duvar açıklığından bağımsız hale gelmektedir.

Rindels and Gulliver (1983) bilinen bir debide en doğru batıklık değerini elde etmek için, elde bulunan bütün uygulanmış tertibatın ve model verilerini, Gordon' un verileri de dahil, Şekil 1.1' deki gibi derlemişlerdir. Gordon (1970) kriterinden gelen iki adet sarma eğrisi de Şekil 1.1' de verilmiştir. Bu şekilden, ne Gordon' un ne de Reddy ve Pickford' un (1972) dizayn kriterlerinin girdap problemini önlemeye yetmediği görülmüştür. Ancak, bu şekilde, boyutsuz kritik batıklığın 0.7' den büyük olduğu ve su alma yapısı Froude sayısının, $V_i / \sqrt{g D_i}$, 0.5' den küçük olduğu bölgede serbest su yüzeyi girdap probleminin daha az olduğu bir bölge vardır. Buna rağmen, yaklaşım akım koşulları çok kötü olduğu durumlarda, bu güvenli bölgede de girdap görülme olasılığı vardır.



Şekil 1.1 Var olan su alma yapılarından, tertibatlardan ve model çalışmalarından elde edilen verilerin boyutsuz olarak çizimi (Rindels ve Gulliver, 1983)

Padmanabhan ve Hecker (1984), pompalı su haznelerinde oluşabilecek açık yüzey girdaplarının ölçek etkilerini saptamak için bir tane doğal boyutlarında ve 2 tane de küçük ölçekli, geometrik ölçekleri 1 : 2 ve 1 : 4 olan iki adet model üzerinde deneyler yapmışlardır. Froude benzerliğine göre yürütülen 1 : 2 ve 1 : 4 ölçekli modellerde, açık yüzey girdabı oluşmasında model ölçeğinin bir önem arz etmediği tespit edilmiştir. Bunun sebebi, doğal

boyutlarında ve ölçekli modellerin hava dolgulu girdapların kritik batıklıkları yerine AAL girdap sınıflandırma tablosuna göre karşılaştırılmalarıdır. Çalışmalar sonucunda, Re_R , Re ve We , sırasıyla 1.5×10^4 , 7.7×10^4 ve 600 ' den büyük olduğunda viskozitenin ve yüzey geriliminin etkisinin ihmal edilebilir olduğu ortaya konmuştur. Buna ek olarak, model boru Reynolds sayısı, $Re = V_i D_i / \nu$, 1×10^5 ' in üzerinde olduğu zaman, doğal boyutlardaki ağızda meydana gelen kayıplar, küçük ölçekli modellerdeki kayıplardan tahmin edilebilmektedir. Buna karşılık, Reynolds sayısının 1×10^5 ' den küçük olduğu durumda bazı ölçek etkileri gözlenmiştir çünkü düşük ölçekli modellerden büyük kayıp katsayıları elde edilmiştir.

Odgaard (1986), su alma yapısındaki kritik batıklık için kullanılan eşitliğin kökeninin Rankine girdap modeli olduğunu düşünmüştür. Sabit durumlu, ekstenel simetrik ve laminer durumdaki dikey eksenin bulunduğu bölgedeki hız eşitliğini çözerek, kritik batıklığı şu şekilde ilişkilendirmiştir

$$H^2 = -0.9 \frac{\sigma}{\rho g} \sqrt{\frac{V_i H}{\nu}} + 0.0043 \frac{\Gamma^2 V_i}{g \nu} \quad (1.7)$$

veya boyutsuz parametreler haliyle

$$\left(\frac{H}{D_i}\right)^4 = -1.0 Fr^2 Re^{1/2} \left(\frac{H}{D_i}\right)^{5/2} We^{-1} + 0.00337 Fr^2 N_\Gamma^2 Re \quad (1.8)$$

burada N_Γ sirkülasyon sayısıdır ($= \Gamma D_i / Q_i$) veya kritik batıklık cinsinden $N_\Gamma = \Gamma H / Q_i$.

$N_\Gamma Fr = (4/\pi) \Gamma / (g D_i^3)^{1/2}$ ilişkisinden, yüzey gerilmesini hesaba katmadan eşitlik şu şekilde yazılabilmektedir

$$\frac{H}{D_i} = 0.074 \frac{\Gamma}{\sqrt{g D_i^3}} \sqrt{Re} \quad (1.9)$$

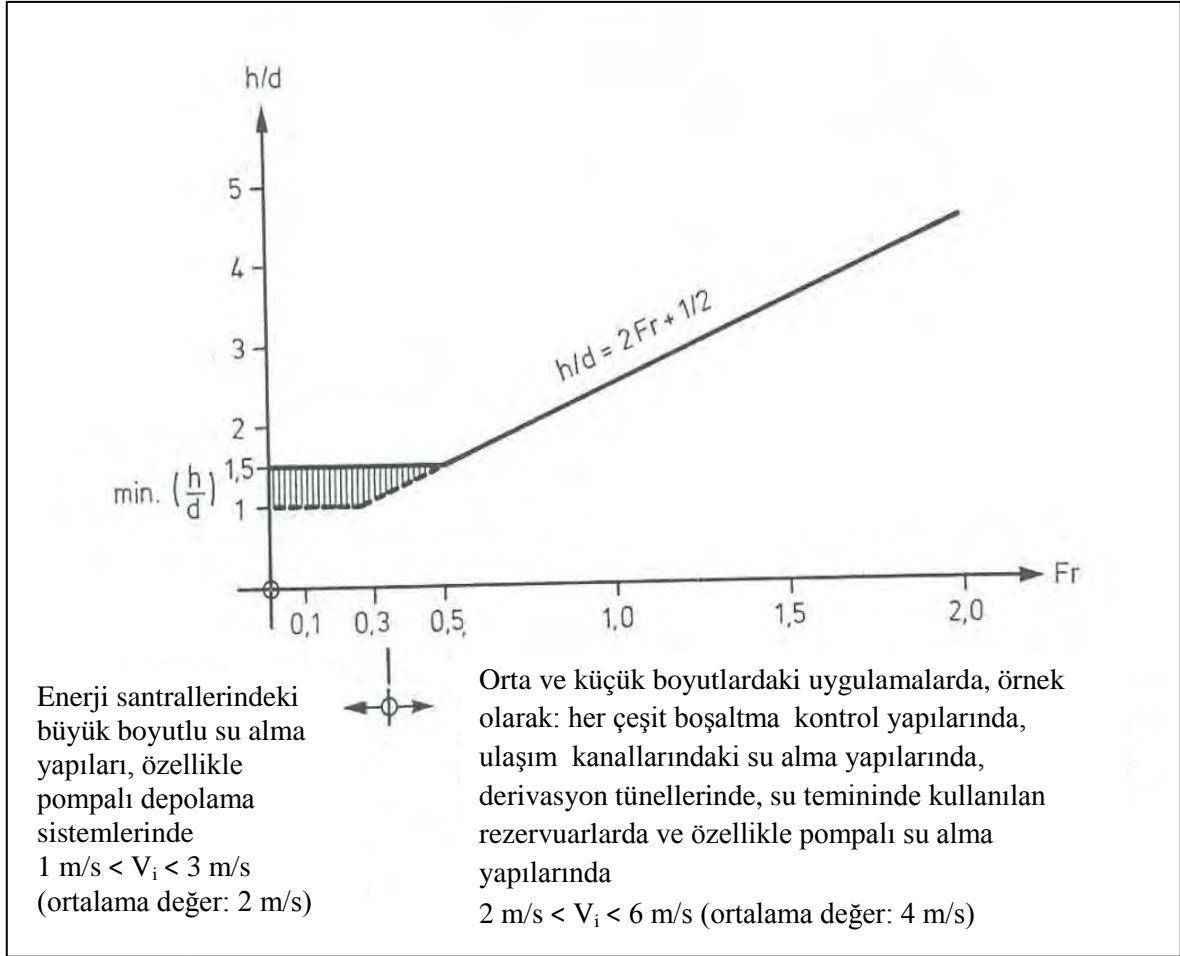
Elde edilen formülleri türbülanslı akım koşullarında kullanmak için, su alma yapısındaki hızı, V_i , $V_i + k\Gamma$ ile değiştirmek gerekmektedir. Burada k sabitinin değeri 6×10^{-5} 'dir.

Gulliver ve Rindels (1987), giriş kanalındaki (headrace channel) dikey su alma yapısında oluşan zayıf serbest yüzey girdaplarının oluşma durumunu tahmin etmek için deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir. Akımın giriş kanalına yaklaşma açısını önceden tahmin etmek ve bunun girdap oluşumundaki etkisini bulmak için, yönlendirme levhaları kullanılmıştır. Sonra, boya dolgulu girdapların sürekli olduğu kritik batıklık, su alma yapısındaki Froude sayıları aralığındakinden daha fazla ölçülmüş, lineer regresyon ile aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir:

$$\frac{S_c}{D_i} = 2.5 + \frac{4}{3} Fr^{2/3} + 40 N_\Gamma^3 \quad (1.10)$$

burada $N_\Gamma^* = \tan \alpha / [1 + (L/B^*) \tan \alpha]$, L = giriş ağzından su alma yapısı merkez çizgisine kadar olan mesafe, B^* = giriş kanalı genişliği ve α = akım yaklaşma açısıdır.

Knauss (1987) iyi işletilen prototiplerin minimum dizayn batıklıklarını analiz etmiş ve Şekil 1.2' deki gibi bir eğri ile sunmuştur. Enerji santrallerindeki büyük boyutlardaki su alma yapıları için, özellikle pompa – saklama sistemlerinde ($Fr \leq 1/3$), batıklık değeri, su alma yapısı yüksekliğinin (veya çapından) 1 ila 1.5 katı olarak tavsiye edilmektedir. Orta ve küçük boyutlardaki uygulamalarda ($Fr \geq 1/3$) ise, özellikle pompa hazne tipi yapılarda, batıklık Şekil 1.2' de verilen formül ile hesaplanabilir. Şekil 1.2' de, h , su alma yapısının merkezinden serbest su yüzeyine kadar ölçülen derinliktir ve $Fr = V_i / \sqrt{g D_i}$.



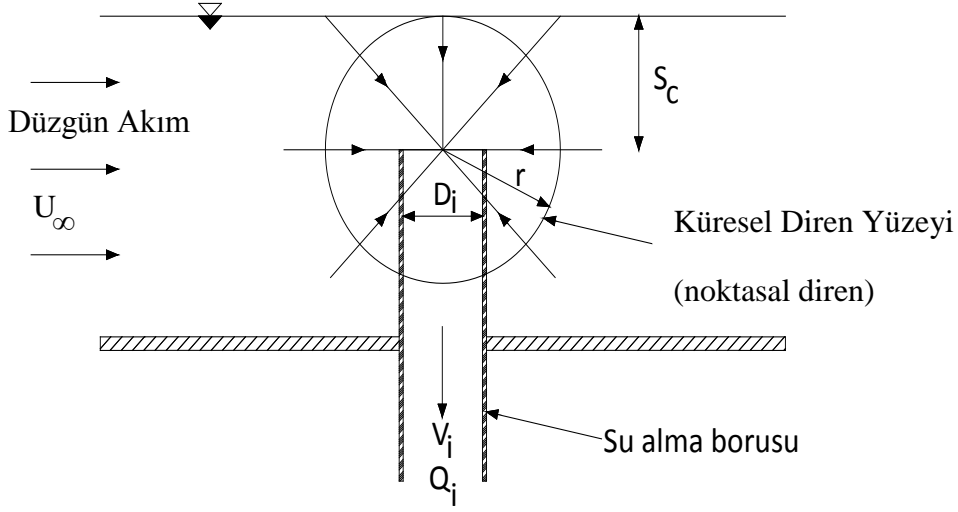
Şekil 1.2 Girdap önleyici aygıt kullanılmayan ancak düzgün yaklaşım akım koşullarına sahip su alma yapıları için önerilen batıklık

Hite ve Mih (1994), eksenel, radyal ve teğetsel hızların kapalı formdaki eşitliklerini ve aynı zamanda hidrolik su alma kanallarındaki girdapların su yüzey profillerini saptamak için teorik çalışmalar yapmışlardır. Bu eşitliklerin deneysel ölçümlerle uyumlu olduğu görülmüştür ve genel olarak girdap oluşumunda kullanılabilirler.

Yıldırım ve Kocabaş (1995), yatay-dikdörtgen açık bir kanalda dikey yönde yerleştirilmiş su alma yapısının kritik batıklığını analitik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar analitik olarak noktasal diren (sink) ve düzgün akım için kullanılan potansiyel akım çözümünü kullanarak girdap sorununu çözmeye çalışmışlardır. Bu yaklaşıma göre, kritik batıklık, hayali küresel bir diren yüzeyinin yarıçapına eşit olduğu kabul edilmektedir ve bu noktada kritik küresel diren yüzeyi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1.3). Teorik Rankine yarı – gövde dolanımı (revolution) ve boyut analizinin birlikte kullanılmasıyla, kritik batıklık ilişkisinin son hali şu şekilde ortaya çıkarılmıştır

$$\frac{s_c}{D_i} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \left(C_d \frac{V_i}{U_\infty} \right)^{1/2} \quad (1.11)$$

burada V_i ortalama su alma yapısı hızı, C_d debi katsayısı ve U_∞ düzgün akımlı kanal hızıdır. Bütün parametreler aşağıdaki figürden görülebilmektedir. İlişkinin son hali deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve bağdaşmanın iyi olduğu rapor edilmiştir.



Şekil 1.3 Dikey su alma yapısında küresel diren yüzeyi (Yıldırım ve Kocabaş, 1995)

Jiming ve arkadaşları tarafından büyük ölçekli fiziksel bir modelde çifte girişli basınçlı su alma yapısı önündeki minimum kritik batıklığı bulmak için çalışmalar yürütülmüştür. Aynı model ölçeğine sahip ve aynı kullanım koşulları altındaki tek girişli ve çift girişli basınçlı su alma yapılarının karşılaştırılması ile tek girişli su alma yapısı önünde hava dolgulu girdap oluşurken, daha iyi akım modeline sahip olmasına ilaveten çift girişli basınçlı su alma yapısı hava dolgulu girdap oluşumuna sebep olmamaktadır. Deneysel çalışmanın sonucu olarak, çifte girişli basınçlı su alma yapısına sahip büyük projeler güvenli bir şekilde aşağıdaki formüllere göre dizayn edilebileceği belirtilmiştir.

$$\frac{S_c}{a} = 2.39Fr - 0.01 \quad (1.12)$$

simetrik akım koşulları için ve

$$\frac{S_c}{a} = 3.17Fr - 0.01 \quad (1.13)$$

simetrik olmayan akım koşulları için. Burada a su alma yapısı kapısının yüksekliğidir.

Yıldırım ve arkadaşları (2000), daha iyi bir kritik batıklık tahmini yapabilmek için su alma yapısı borusu üzerindeki akım – sınır etkisini araştırmışlardır. Deneyler kanalın ölü – son kısmına yerleştirilmiş yatay su alma yapısı borusu ile yapılmıştır. Su alma yapısı borusu ile ölü – son arasındaki mesafe kritik batıklıktan daha küçük oldukça, teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasındaki fark artmaktadır. Bu mesafe kritik batıklıktan küçük olduğu sürece, potansiyel akımın çözümü kabul edilebilir sonuçlar verdiği kabul edilmektedir. Ancak, bu mesafenin kritik batıklıktan çok fazla küçük olduğu durumlarda 80% dolayında daha büyük sonuçlar elde edilmektedir.

Yıldırım ve Kocabaş (2002), yarıçapı $S_c / 2^{1/2}$ olan kritik küresel diren yüzeyini denemişler ve teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlar arasında güzel bir uyum olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle geçirimsiz olan ölü – son duvarı ile su alma yapısı merkezi arasındaki mesafe su alma yapısı çapına eşit veya daha küçükse, daha iyi bir uyum elde edilmektedir. Burada elde edilen sonuçların, yarıçapı S_c olan kritik küresel diren yüzeyi sonuçlarından daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Hai – feng ve diğerleri (2008), serbest yüzeyli girdapların değişik aşamalarındaki oluşumunu ve bunların değerlendirmesini araştırmak amacıyla deneysel bir düzenek hazırlamışlardır.

Yapılan deneylerde, AAL girdap sınıflandırma sistemindeki altı tip girdap elde edilmiştir. Farklı debiler ve farklı su seviyeleri için farklı kritik batıklıklar ölçülmüştür. Su alma yapısının çapı karakteristik uzunluk kabul edilerek, kritik batıklık normalize edilmiştir. Kritik batıklık ile Froude sayısı da aşağıdaki formül ile gösterilmiştir:

$$\frac{S_c}{D_i} = \frac{1992.84 + 7.54 * Fr^{7.06}}{573.81 + Fr^{7.06}} \quad (1.14)$$

Yukarıdaki formül kullanılarak alınan sonuç diğer deneysel formüllerle elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmış, ufak farklılıkların olduğu gözlenmiştir.

Ahmad ve diğerleri (2008), açık bir kanal akımına 90° açı ile yerleştirilmiş yatay su alma yapısının kritik batıklığı üzerinde analitik ve deneysel olarak çalışmalar yapmışlardır. Potansiyel akım ve kritik küresel diren yüzeyi teorilerine bağlı olarak, kritik batıklığı bulmak için bir analitik formül çıkarmışlardır. Ancak buldukları formül iyi sonuçlar vermemiştir. Bunun sebebi; geniş sınır etkisi ve viskozite, yüzey gerilmesi ve sirkülasyon etkilerinin formül çıkarılırken ihmal edilmesi olabilir. Deneysel kısımda, betonarme bir su arkı üç farklı su alma yapısı çapı kullanılarak ve taban açıklıkları $c = 0$ ve $c = D_i/2$ seçilerek deneyler yapılmıştır. Burada d_i su alma yapısı çapıdır. Çalışmanın deneysel kısmında, deneylerden elde edilen veriler üzerinde boyut analizi ve en küçük kare tekniği kullanılarak kritik batıklığı bulmak için aşağıdaki formül çıkarılmıştır:

$$\frac{S_c}{D_i} = 0.354 Fr^{-0.11} \left(\frac{V_i}{V_\infty} \right)^{0.91} \quad (1.15)$$

taban açıklığı sıfır olduğunda ve

$$\frac{S_c}{D_i} = 0.27 Fr^{0.039} \left(\frac{V_i}{V_\infty} \right)^{1.02} \quad (1.16)$$

taban açıklığı $D_i/2$ olduğunda kullanılmıştır. Formülden de görüldüğü gibi Froude sayısı arttıkça kritik batıklık da artmaktadır ancak kanaldaki hızın artması ile düşmektedir. Bu formüller, diğer gözlemlenmiş sonuçlar ile karşılaştırıldığında, taban açıklığı sıfır olduğunda $\pm 20\%$ hata payı ile ve taban açıklığı $D_i/2$ olduğunda ise $\pm 15\%$ hata payı ile sonuçlar vermektedir.

Gürbüzdal (2009) dört farklı çapta yatay su alma yapısı kullanarak hava çeken girdapların olası ölçek etkisini araştırmak amacıyla bir dizi deney yapmıştır. Girdap oluşumunda etkisi olduğu düşünülen ana parametreler olarak Froude sayısı, Reynolds sayısı ve yan duvar aralığı seçilmiştir ve deneyler sonucunda bu parametrelere bağlı olan ve aşağıda verilen ampirik formül çıkartılmıştır:

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.865} \left(\frac{b}{D_i} \right)^{-0.565} Re^{0.0424} \quad (1.17)$$

Bu formül, $0.51 \leq Fr \leq 4.03$, $1.597 \leq b/D_i \leq 5.147$ ve $2.96 \times 10^4 \leq Re \leq 2.89 \times 10^5$ olduğu durumlarda geçerlidir. Buna ek olarak, S_c/D_i oranı $b/D_i \geq 6$ olduğu durumda b/D_i ' den bağımsızdır ve Reynolds sayısı limiti, Froude sayısının artması ile artmaktadır.

Yıldırım ve arkadaşları (2009) iki dikey su alma yapısının boyutlarının ve pozisyonlarının kritik batıklık üzerindeki etkisini kritik batıklık ve yönetici parametreler üzerine boyut analizi uygulayarak ve potansiyel akım çözümünü kullanarak araştırmışlardır. Deneyler sonucunda, ikili su alma yapılarının kritik batıklığının tekli su alma yapılarınınkinden daha çok olduğu tespit edilmiştir. Çünkü ikili su alma yapılarında, girdap oluşumunu tetikleyen daha çok

bozukluk vardır. Deneysel sonuçlar potansiyel akım çözümlerinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır ve sonuçların iyi olduğu görülmüştür.

Sarkardeh ve arkadaşları (2010) su alma yapısı girişinin üzerinde bulunduğu ön duvarın (head wall) açısının ve ızgaraların varlığının girdap oluşumu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla yatay su alma yapısının bağlandığı bir deneysel çalışma yürütmüşlerdir. Viskoz ve yüzey gerilimi etkilerinden kurtulmak için diğer araştırmacıların tavsiye ettiği limit değerlerinin üzerinde deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Dört farklı su alma yapısı ön duvar açısı test edilmiş ve su alma yapısı ön duvar açısı dikey olacak şekilde arttıkça, girdapların daha düzensiz ve zayıf bir hale geldiği, özellikle de düşük Froude sayılarında, görülmüştür. Bunun sonucu olarak da, kritik batıklık değeri düşmektedir. Buna ek olarak, aynı deneyler ızgara konularak da tekrarlanmıştır ve bu deneyler sonucunda, ızgaraların girdapların tipini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Deneysel sonuçları kullanılarak, AAL tarafından önerilen 3. ve 5. tip girdap oluşumları için ampirik formüller üretilmiştir:

$$\left(\frac{S_c}{D_i}\right)_5 = 2 \left(\frac{1}{Z}\right)^{0.008} Fr^{0.334} T^{0.369} \quad (1.18)$$

5. tip girdap oluşumu için ve

$$\left(\frac{S_c}{D_i}\right)_3 = 2.43 \left(\frac{1}{Z}\right)^{0.008} Fr^{0.334} T^{0.369} \quad (1.19)$$

3. tip girdap oluşumu için kullanılmıştır. Burada Z su alma yapısı ön duvar açısıdır ve T ızgara açıklığının yüzdesidir (ızgara olmadığı durumlarda T = 1 olarak alınmalıdır).

Amiri ve arkadaşları (2011) tarafından enerji için kullanılan su alma yapılarında hava çeken girdapları önlemek amacıyla kullanılan yatay bütün ve delikli plakaların etkisini ve bu plakaların yaratabileceği olası enerji kaybı katsayılarını araştıran bir dizi deney yapmışlardır. Deneylerde yatay su alma yapısı ve daha kararlı girdaplar elde etmek için sirkülasyonu artıran yönlendirici paneller kullanmışlardır. Deneyler, Fr ve yönlendirici panellerin açısı arttıkça, S_c/D_i oranının düştüğünü ve sirkülasyon sayısının yükseldiğini göstermiştir. Deneyler sonucunda, delikli plakaların boyutlarının hava çeken girdapların önlenmesinde bir etkisinin olmadığı ancak açıklık yüzdesinin kesin bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir ($1D_i$ eni, $1.5D_i$ genişliği ve 50% açıklığa sahip bir delikli plaka hava çeken girdapların önlenmesi için yeterli gelmiştir). Bunun tersine, deliksiz bütün plakalarda boyutların çok önemli olduğu anlaşılmıştır ($1.5D_i$ eninde ve $2.5D_i$ uzunluğundaki bir plaka hava çeken girdapların önlenmesinde yeterli olmuştur).

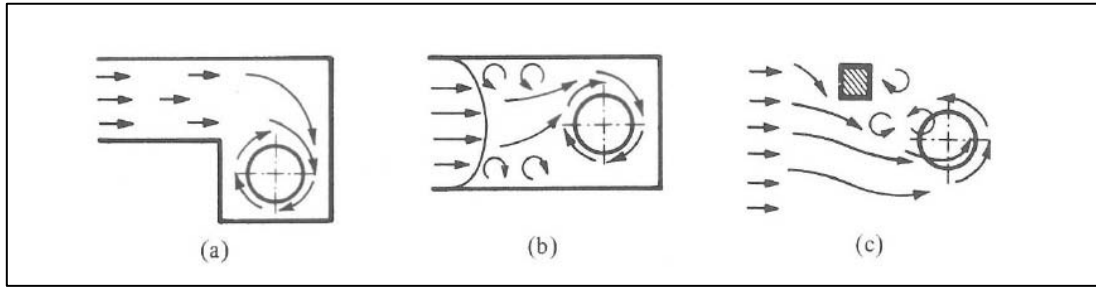
2- GENEL BİLGİLER

2.1 Kritik Batıklık Konsepti

Su alma yapısı ile serbest su yüzeyi arasındaki dikey mesafe “batıklık” olarak bilinmektedir. Buna ek olarak, literatürde, bazı araştırmacılar bu mesafeyi su alma yapısının merkezinden itibaren ölçerken, diğer araştırmacılar su alma yapısının tepe noktasından itibaren ölçmektedirler. Su seviyesinin, hava çeken girdap olduğu düzeye indiği andaki batıklık değeri “kritik batıklık” olarak adlandırılmaktadır. Efektif bir su alma yapısında, batıklık değeri, eldeki potansiyel su kullanılırken serbest yüzeyden su alma yapısı girişine kadar hava çeken girdabın olmayacağı kadar büyük olmalıdır.

2.2 Girdap Oluşmasının Nedenleri

Literatürde, farklı geometrik akım koşullarında girdapların nasıl oluştuğu tanımlanmıştır. Bu araştırmacılara göre, su alma yapısına göre gelen yaklaşım akımının ayrıksılığı ve geometrik koşullar nedeniyle oluşan asimetrik yaklaşım akımı, girdap oluşumunu tetikleyen en önemli iki etkidir. Buna ek olarak, Durgin ve Hecker (1978), Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi girdap oluşmasına neden olan üç farklı kaynağı tanımlamışlardır. Bunlar; su alma yapısına akımın asimetrik olarak yaklaşımı, su alma yapısına yaklaşan akımın üniform olmaması ve akım alanında akım önleyici engellerin bulunmasıdır.



Şekil 2.1 Girdap oluşmasının nedenleri (a) asimetrik akım, (b) üniform olmayan hız dağılımı, (c) akım alanında engel (Durgin ve Hecker, 1978)

2.3 Girdap Oluşumundan Kaynaklanan Problemler

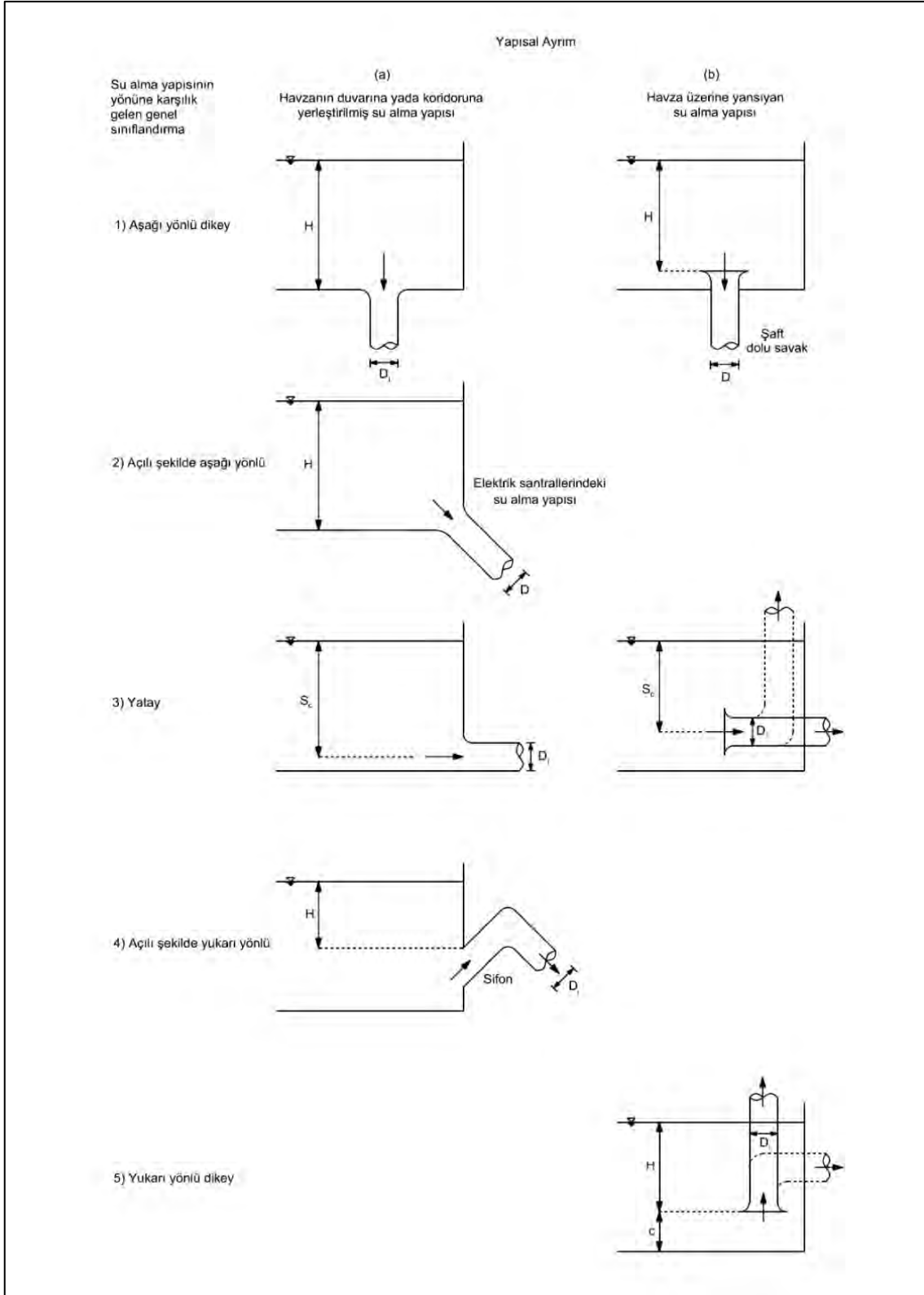
Knauss (1987) hava çeken girdapların su alma yapılarında iki temel hidrolik soruna yol açtığını belirtmiştir: hidrolik makinelerde istenmeyen titreşimler ve hava emişi kaynaklı kapalı kanal sistemindeki ciddi problemler. Başka bir deyişle, bu zorluklar aşağıdaki alt başlıklardaki gibi listelenebilir:

- Hidrolik yük kaybında artış,
- Su alma yapısı debisinde azalma,
- Düşük debi kaynaklı hidrolik makinalarda verimlilikte azalma,
- Bozuk akım koşulları kaynaklı hidrolik makinelerdeki operasyonel problemler,
- Hava emişi kaynaklı hidrolik makinelerdeki titreşimler ve kavitasyon problemleri.

2.4 Su Alma Yapılarının Yönel ve Yapısal Ayrımları

Hava çeken girdapların serbest su yüzeyinden başlayıp, su alma yapısının içine kadar uzanmasından dolayı, su alma yapısının sınıflandırılması girdap oluşumu üzerinde önemli bir

etkiye sahip olmaktadır. Literatürde, su alma yapıları yönsel ayırım ve yapısal ayırım olarak iki şekilde sınıflandırılmıştır. Yapısal ayırmda, su alma yapısının yeri, koridora, duvara ya da rezervuara ya da hazneye yansıtılması olarak düşünölmektedir. Şekil 2.2, bu sınıflandırmayı yönsel ve yapısal farklılık bazında göstermektedir.

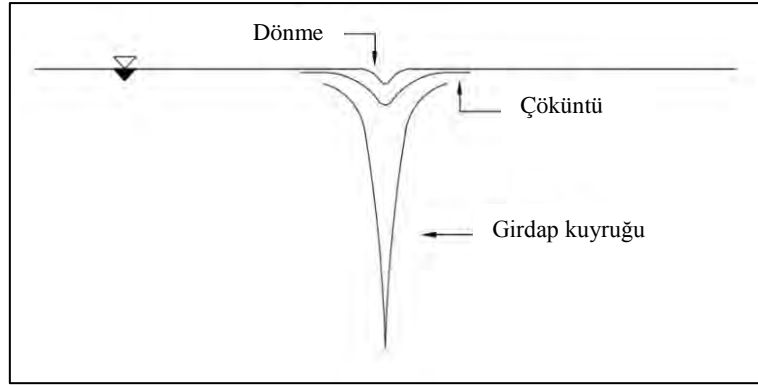


Şekil 2.2 Su alma yapılarının sınıflandırılması (Knauss, 1987)

2.5 Girdapların Sınıflandırılması

Girdaplar buldukları bölgeye göre, yüzey ve yüzey altı girdaplar olarak sınıflandırılabilirler. Yüzey girdapları serbest yüzeyde oluşmakta olup akımın dönmesinden ve hava çekiminden sorumludurlar. Yüzey altı girdaplar ise su alma yapısının memba kısmının tabanından ve/veya yan duvarlarından başlarlar ve akımın yapıya dönerek girmesine sebep olurlar. Ancak, iyi bir girdap sınıflandırılması, girdapların kuvvetleri ile ilişkilendirilebilir. Bunu yapmak için, görsel teknikler kullanılmaktadır ve girdap tiplerine bağlı bazı nicelikler direkt veya direkt olmayan şekillerde ölçülmektedir. Alden Araştırma Laboratuvarı, AAL, girdapları oluşumlarına göre görsel olarak sınıflandırmıştır (Knauss, 1987). Girdap oluşum evrelerini incelemeyen önce, dönme, çöküntü ve girdap kuyruğu gibi görsel kavramların açıklanması gerekmektedir.

Dönme, çöküntü ve girdap kuyruğu, Şekil 2.3’ de gösterildiği gibi, su yüzeyinin görünüşünü girdap tiplerine göre anlatmak için kullanılmaktadır. Girdap oluşumu sadece ışık yansıtılarak görülebilen dönmeler ile başlamaktadır ve güç kazandıkça önce çöküntüye dönüşmekte ve daha sonra su alma yapısının içine doğru olan girdap kuyruğu şeklini almaktadır.

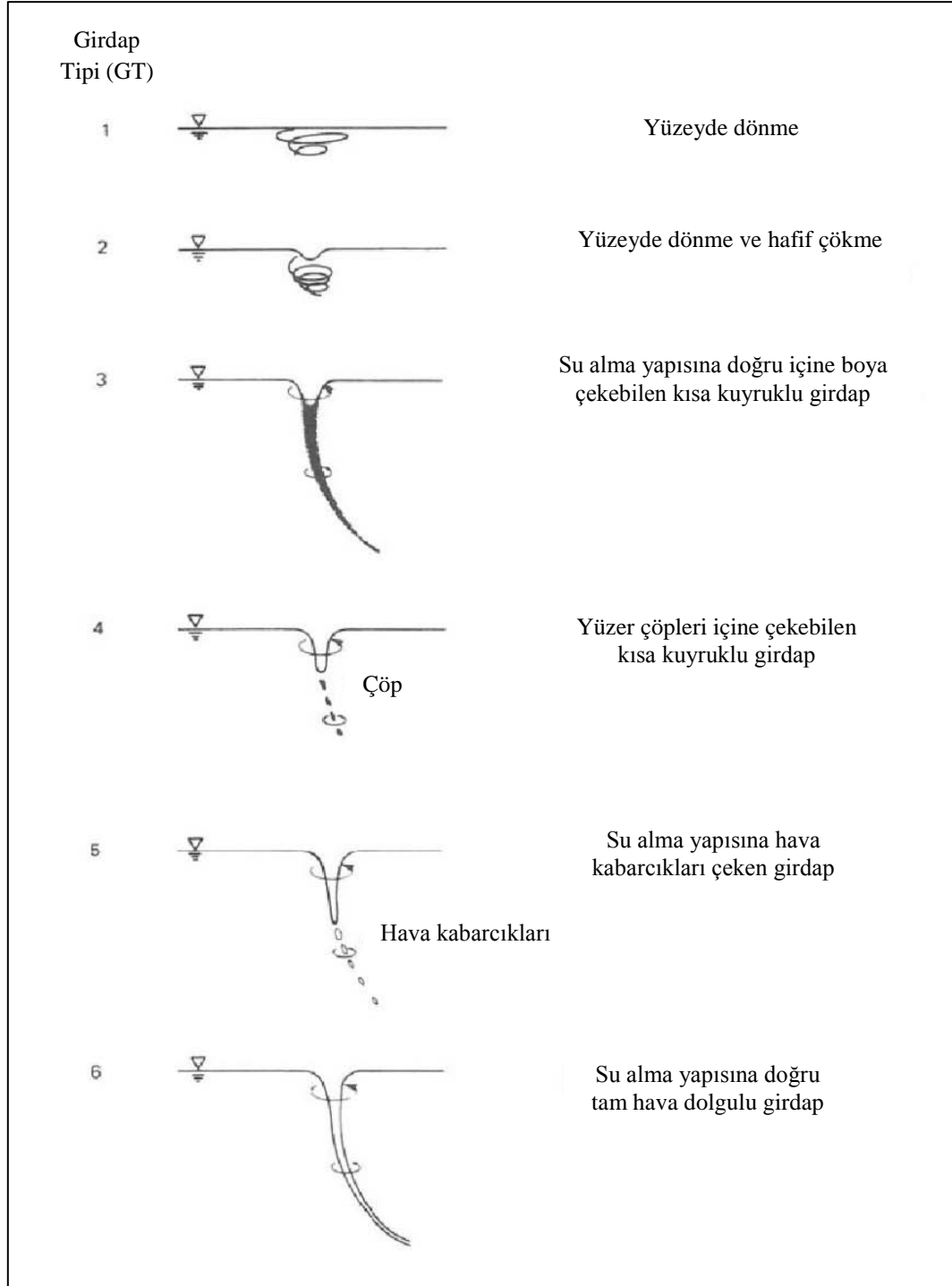


Şekil 2.3 Dönme, çöküntü ve girdap kuyruğunun genel görünüşleri

AAL’ na göre yapılan girdap sınıflandırılmasının safhaları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 2.4):

1. Sadece su yüzeyinde zayıf bir dönme gözlemlenmektedir.
2. Kuvvet kazanımı ve dönme hızının artması ile dönme merkezinde bir çöküntü oluşmaktadır.
3. Tip 3 girdapta, hava çekimi olmayan ancak içine belli bir derinliğe kadar boya çekebilen girdap kuyruğu görülmektedir.
4. Girdabın kuvveti o kadar artmıştır ki, suyun yüzeyindeki çöp (hava değil) gibi yüzer cisimleri su alma yapısının içine doğru çekme eğilimi görülür.
5. Girdabın kuyruğu neredeyse su alma yapısının ağzına ulaşmıştır ve hava baloncuklarını su yüzeyinden çekip su alma yapısının içine göndermeye başlamaya yetecek kadar güçlenmiştir.

6. Girdap nedeniyle, su yüzeyinden su alma yapısının içine doğru kesintisiz bir hava çekimi başlamıştır. Yüzeğe yakın yerde, girdap huni şeklini almıştır ve su alma yapısına doğru bir ip şeklinde uzanmaktadır.



Şekil 2.4 AAL girdap tipi sınıflandırması (Knauss, 1987)

2.6 Girdabın Engellenmesi

Daha önce de belirtildiği gibi, girdaplar genel olarak su alma yapısının eksantrik oryantasyonu ve geometri kaynaklı asimetrik yaklaşım akımı koşulları nedeniyle tetiklenmektedir. Su alma yapılarının dizaynının, girdabın engellenmesi düşünülerek yapılmasına karşın bazı durumlarda, girdap oluşumu; yaklaşım akım koşulları, batıklık gereklilikleri veya ekonomik gerekliliklerin karşılanmaması nedeniyle engellenmemektedir. Buna bağlı olarak, su alma yapısındaki girdap oluşumunu engellemek için bazı yapısal değişiklikler yapılabilir. Rutschmann ve diğerleri (1987) hava emişinin engellenmesi veya dönmelerin etkisinin azaltılması için şu önerileri getirmişlerdir: girdap oluşabilecek su yüzeyi ile su alma yapısı girişi arasındaki akım çizgilerinin boylarının artırılması, asimetrik akım koşullarının yok edilmesi için su alma yapısına gelen akım koşullarının iyileştirilmesi ve bazı girdap önleyici aygıtların uygulanması (Knauss, 1987).

2.7 Teorik Analiz

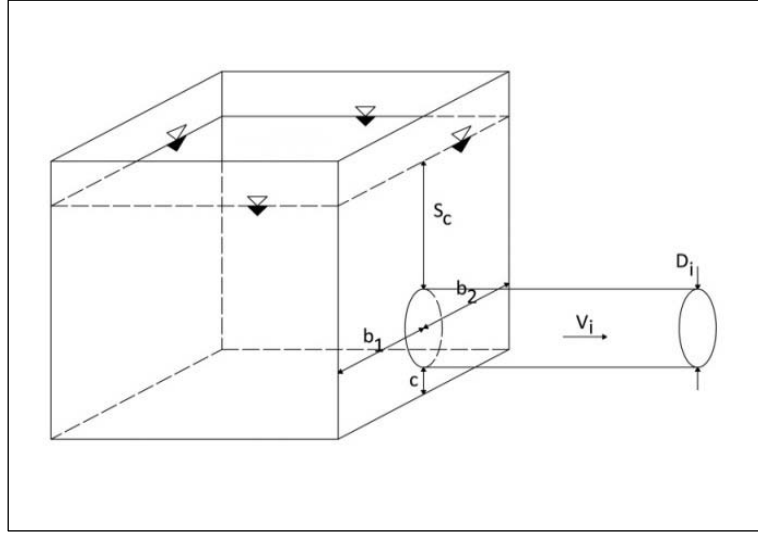
2.7.1 Giriş

Hava dolgulu girdap oluşumu, su alma yapısı çevresinin geometrisi ile yaklaşım kanalının, akım hızı ve yüzey gerilmesi ve viskozite gibi likit özelliklerinin karmaşık ilişkisinin sonucudur. Su alma yapısı yakınındaki akım son derece karmaşık olup bu nedenle teorik olarak çözülmeye uygun değildir. İstenmeyen hava dolgulu girdaplardan bağımsız olmak için yapılan su alma yapısı dizaynları, bu nedenle fiziksel model çalışmalarına dayanmaktadır.

2.7.2 Boyutsuz Parametreler

Boyut analizi teorisine bağlı olarak, girdap oluşumunu etkileyen bütün parametreler üç ana modelleme elemanının bir başlık altında toplanmasıyla listelenebilir (Şekil 2.5). Bu parametreler şunlardır:

- Akışkan özellikleri: Akışkanın yoğunluğu (ρ), akışkanın viskozitesi (μ), akışkanın serbest yüzey gerilmesi (σ).
- Akım özellikleri: Su alma yapısı borusundaki hız (V_i), akımı teşvik eden sirkülasyon (Γ), ve yerçekimi ivmesi (g).
- Akım çevresinin geometrik özellikleri: Su alma yapısı borusunun çapı (D_i), su alma yapısı merkezi ile rezervuar tabanı arasındaki mesafe (c), su alma yapısı merkezinin sağ yan duvara olan uzaklığı (b_1) ve su alma yapısı merkezinin sol yan duvara olan uzaklığı (b_2).



Şekil 2.5 Teorik analizde kullanılan su alma yapısı ve bazı parametreler

Şekil 2.5’ deki su alma yapısı tipi düşünülerek, kritik batıklık S_c (hava dolgulı girdabı önlemeye yeterli su derinliği) şu şekilde ifade edilebilir.

$$S_c = f_1 (\rho, \mu, \sigma, g, V_i, V_\infty, \Gamma, D_i, c, b_1, b_2) \quad (2.1)$$

Boyut analizi prosedürü yürütülerek, aşağıdaki boyutsuz değişkenler elde edilmiştir.

$$\frac{S_c}{D_i} = f_1 \left(\frac{b_1}{D_i}, \frac{b_2}{D_i}, \frac{c}{D_i}, \frac{V_i}{V_\infty}, Re, Fr, We, K_o \right) \quad (2.2)$$

burada

$$Re = \text{Su alma yapısı Reynolds sayısı} = \frac{V_i D_i \rho}{\mu}$$

$$Fr = \text{Su alma yapısı Froude sayısı} = \frac{V_i}{\sqrt{g D_i}}$$

$$We = \text{Su alma yapısı Weber sayısı} = \frac{\rho V_i^2 D_i}{\sigma}$$

$$K_o = \text{Su alma yapısı Kolf sayısı} = \frac{\Gamma}{V_i D_i}$$

Deney düzeneğinde, taban açıklığı, c , her zaman sıfır olacak şekilde ayarlanmıştır; bu nedenle c/D_i oranı yukarıdaki eşitlikten çıkarılmıştır. Buna ek olarak, su alma yapısı borusu b_1 ve b_2 birbirine eşit olacak şekilde tam ortaya konulmuş buna bağlı olarak da boyutsuz geometrik parametre $2b/D_i$ olarak revize edilmiştir. Yapılan bu değişikliklerden sonra eşitlik şu hali almıştır:

$$\frac{S_c}{D_i} = f_2 \left(\frac{2b}{D_i}, Re, Fr, We, K_o \right) \quad (2.3)$$

Prototip ile model arasında tam bir benzerliğin olabilmesi için, (2.3) ifadesinde belirtilen boyutsuz parametrelerin her iki sistemde de aynı olması gerekir. S_c/D_i oranının model ve

prototipteki eşitliği genel olarak, Froude, Reynolds, Weber ve Kolf sayılarının eşitliğini gerektirmektedir, ancak bunun temini imkânsızdır. Bu nedenle, bu dört parametrenin önemini belirleyici bir analizin yapılması gerekir. Bu parametreler, konu ile ilgili literatür çalışmaları göz önüne alınarak küçükten büyüğe önem sırasına göre aşağıda irdelenmiştir.

2.7.2.1 Kolf Sayısının Etkisi

Sirkülasyon, yaklaşım kanalının özelliklerine, su alma yapısı bölmesinin geometrisine ve debiye bağlıdır. Bu çalışma kapsamındaki deneylerde empoze edilmiş sirkülasyon olmadığından dolayı, Γ parametresi (2.1) numaralı eşitlikten silinebilir. Bu nedenle, boyutsuz parametre olan Kolf sayısının etkisi hava dolgulu girdap oluşumunda ihmal edilebilir. Buna göre (2.3) numaralı eşitlik şu hale gelmektedir.

$$\frac{S_c}{D_i} = f_2 \left(\frac{2b}{D_i}, Re, Fr, We \right) \quad (2.4)$$

2.7.2.2 Weber Sayısının Etkisi

Weber sayısı temel olarak sığ – çukurcuk tipi girdaplarda etkilidir. Anwar ve arkadaşları (1978), Jain ve arkadaşları (1978) ve Padmanabhan ve Hecker (1984) gibi bazı araştırmacılar Weber sayısı sırasıyla 10^4 , 120 ve 600’ den büyük olduğu durumlarda, serbest yüzey gerilmesi etkisinin hava çeken girdapların uygulamasında ihmal edilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca birçok araştırmacı da herhangi bir limit değeri vermeden de yüzey geriliminin etkisini ihmal etmiştir. Ancak verilen örneklerden de görüldüğü üzere, bu limit değerleri deneyden deneye değişmektedir ve genellikle deneyler dikey su alma yapılarında yapılmışlardır. Bu etkenlerden dolayı, bu çalışmada Weber sayısının etkisinin de dahil edilmesi kararlaştırılmıştır.

2.7.2.3 Reynolds Sayısının Etkisi

Literatürde, neredeyse bütün araştırmacılar viskozitenin girdap oluşumu üzerindeki etkisini düşünmüşlerdir. Zielinski ve Villemonte (1968), Daggett ve Keulegan (1974), Anwar ve arkadaşları (1978), Jain ve arkadaşları (1978) ve Padmanabhan ve Hecker (1984) girdap oluşumu üzerinde çalışmışlar ve Reynolds sayısının sırasıyla 1×10^4 , 5×10^4 , 3×10^4 , 5×10^3 ve 7.7×10^4 olduğu durumlarda, Reynolds sayısının ihmal edilebileceğini belirtmişlerdir. Literatürde daha birçok limit değer bulunmuş ancak bu çalışmada belirtilmemiştir. Reynolds sayısının hava çeken girdap oluşumu üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bu parametre de çalışmaya dahil edilmiştir.

2.7.2.4 Froude Sayısının Etkisi

Pratik olarak şu ana kadar yapılan bütün çalışmalarda, Froude sayısının kritik batıklığı etkileyen önemli bir parametre olduğunu belirtilmiştir. Bu durum anlaşılabilir çünkü bu olay bir serbest yüzey olayıdır ve yerçekiminden etkilenmektedir. Bu nedenle, Froude sayısı hava çeken girdap oluşumunu etkileyen en önemli parametre olarak kullanılacaktır.

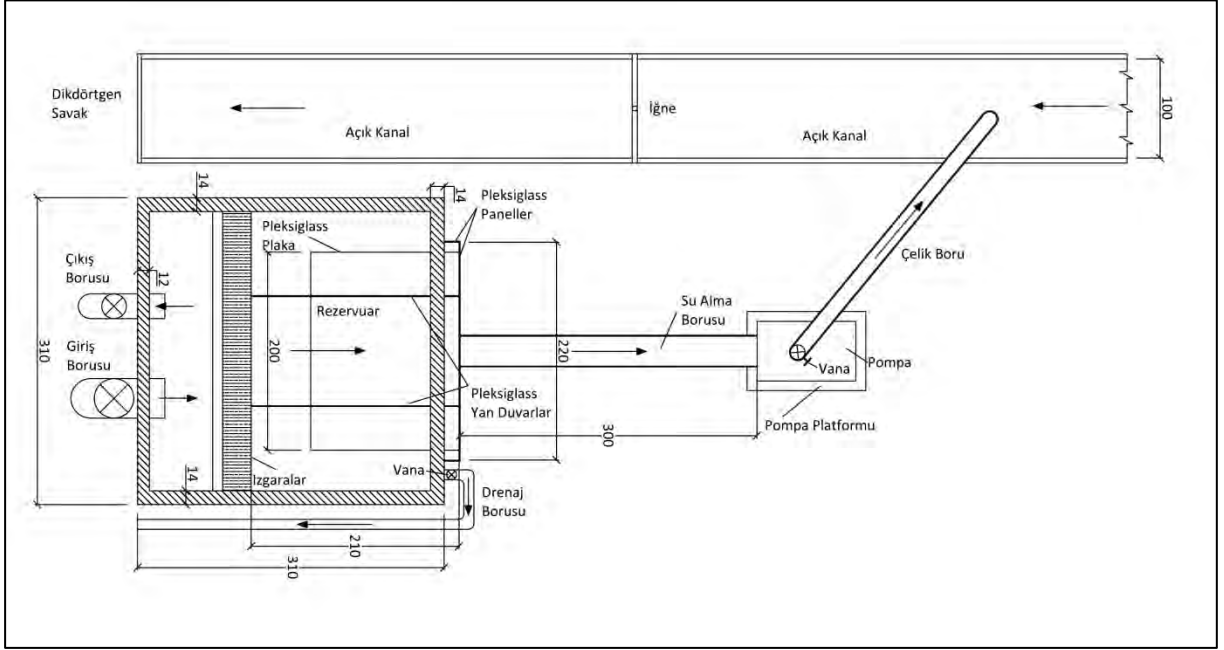
Tüm bu boyutsuz parametrelerin yukarıdaki gibi gözden geçirilmesinden sonra, kritik batıklık oranı, Eşitlik 2.4’ deki parametrelerin fonksiyonu olarak değerlendirilecektir.

3- GEREÇ VE YÖNTEM

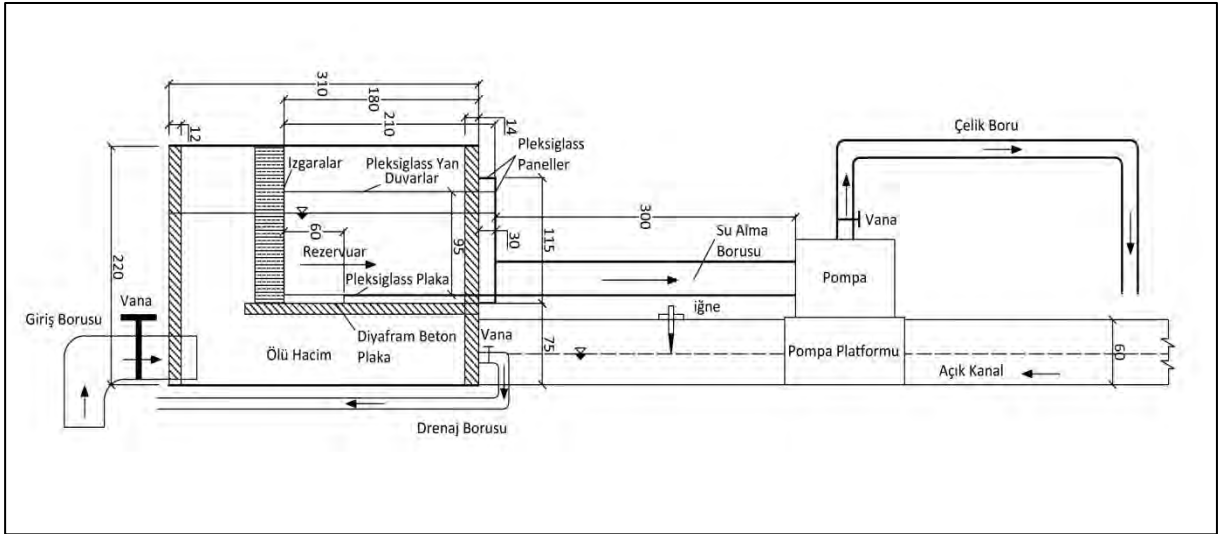
3.1 Gereç

Hidrolik parametrelerin yatay su alma yapılarındaki hava çeken girdap oluşumuna etkisini incelemek için betonarme bir rezervuar inşa edilmiştir. Şekil 3.1 – 3.8’ de görülen rezervuar, 3.10 m eninde ve genişliğinde, 2.20 m boyunda olup ölü hacim, aktif rezervuar ve su alma yapısı kısımlarından oluşmaktadır. Aktif rezervuar ile ölü hacimi birbirinden ayırmak için bir diyafram döşeme inşa edilmiş ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Arka duvar ile diyafram döşeme arasında 90 cm’ lik bir açıklık bırakılarak, suyun ilk önce ölü hacime dolması, sonra da bu açıklıktan aktif rezervuar kısmına geçmesi amaçlanmıştır. Diyafram döşemenin arka ucuna ızgaralar yerleştirilerek suyun enerjisinin kırılması ve suyun dalgasız ve sirkülasyonsuz düzgün bir şekilde akması sağlanmıştır. Rezervuarın ön kısmı, 2.20 m genişliğinde, 0.30 m eninde ve 1.20 m boyunda olacak şekilde genişletilmiş, ve bu genişletilmiş kısım su alma yapısı üzerindeki girdap oluşumunu gözlemlemek amacıyla pleksiglastan yapılmıştır. Bu uzatılmış kısmın sağlamlığını artırmak için dış kısma çelik bir kafes sistemi yerleştirilmiştir. Rezervuar içine, uzatılmış ön panel ile ızgaralar arasına dik açı olacak şekilde, pleksiglas yan duvarlar konulmuştur ve bu duvarların yeri istenildiği gibi değiştirilebilmektedir. Böylece yan duvar açıklığının girdap oluşumu üzerindeki etkisi araştırılabilecektir. Uzatılmış ön panele sırasıyla, 30.0 cm, 25.0 cm, 19.4 cm, 14.4 cm, 10.0 cm ve 5.0 cm çapında pleksiglas yatay su alma yapıları monte edilmiştir. Su alma yapıları 10.0 kW’ lık pompaya bağlanarak suyun su alma yapısından 16.5 cm çapında çelik bir boruya iletilmesi ve bu boru ile suyun açık kanala iletilmesi sağlanmıştır. Açık kanalın genişliği 1 m olup sonunda 17 cm yüksekliğinde dikdörtgen kesitli keskin kenarlı bir savak bulunmaktadır. Kanala yerleştirilen bir noktasal ölçek ile savak üzerindeki su yükseklikleri deneyler sırasında ölçülmüş ve akımın debi değerleri hesaplanmıştır. Deneyler başlamadan önce akustik debi ölçer ile kanalın debi kalibrasyonu yapılmıştır. Deneyler için gereken su modele laboratuvarın sabit yükseklikteki büyük su deposundan 80 cm çapında bir boru ile taşınmıştır. Bu boru rezervuarın ölü hacmine su verecek şekilde monte edilmiştir. Böylece aktif kısımdaki suyun daha sakin yapıda olması sağlanmıştır. Buna ek olarak, suyun giriş ve çıkışını daha kolay kontrol etmek için bir drenaj borusu da rezervuarın ön ve ölü hacim olan kısmına monte edilmiştir. Drenaj ve açık kanaldan akan su, laboratuvarın büyük yer altı su deposuna yönlendirilmiştir.

a) Plan görünümü



b) Yandan görünüm



Şekil 3.1 Fiziksel modelin üstten (plan) ve yandan görünüşü (boyutlar cm cinsindedir)



Şekil 3.2 Deneý düzeneđinin genel görünümü



Şekil 3.3 30 cm çapındaki borunun bađlı olduđu deneý düzeneđi



Şekil 3.4 25 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği



Şekil 3.5 19.4 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği



Şekil 3.6 14.4 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği



Şekil 3.7 10 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği

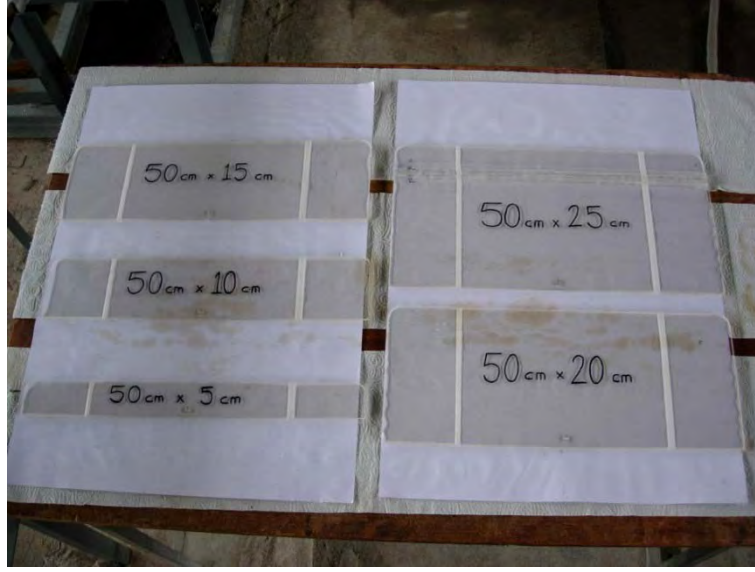


Şekil 3.8 5 cm çapındaki borunun bağlı olduğu deney düzeneği

Rezervuarda, girdap önleyici aygıtları denemek için, 10 adet pleksiglas plaka, Şekil 3.9 ve 3.10' da gösterildiği gibi, hazırlanmıştır. Bu plakaların 5 tanesi 40 cm boyunda ve 5, 10, 15, 20 ve 25 cm genişliğindedir, geri kalan plakalar ise 50 cm boyunda olup, yine 5, 10, 15, 20 ve 25 cm genişliğindedirler. Bu plakaları deneyler sırasında düzeneğe yerleştirip kaldırmak için bir çelik çubuk plakaların arka sonuna yakın bir yerin tam ortasına bağlanmıştır ve karşı taraftaki köşeler girdap önleyici aygıt etrafında yumuşak bir akım olması için traşlanmıştır. Deneyler sırasında, plakalar hemen su alma yapısı girişine yerleştirilen 2 mm kalınlığında bir tel kafes üstüne konulmuş, çelik çubuk yardımıyla bütün plakalar sıra ile test edilmiştir.



Şekil 3.9 40 cm boyundaki girdap önleyici plakalar



Şekil 3.10 50 cm boyundaki girdap önleyici plakalar

3.2 Yöntem

Her bir su alma borusu takıldıktan, pleksiglas yan duvarlar ve zemin gerekli olan açıklıkta ayarlandıktan sonra deney düzeneği, deneyleri gerçekleştirmek için hazır hale gelmektedir. Bu çalışmada 6 farklı çapta boru ve 6 farklı yan duvar açıklığında ($2b = 40, 60, 80, 100, 120$ ve 140 cm), farklı debiler için çok sayıda deney yapılmıştır. Her bir deneyde, hava çeken girdapların ilk oluştuğu andaki debi ve su yüksekliği ölçülmüştür. Buna ek olarak, her bir yan duvar açıklığında maksimum, bir orta ve bir düşük debide, hava çeken girdap elde edildiği takdirde, girdap önleyici plakalar test edilmiştir. Kritik batıklığa ve buna bağlı parametrelere ilişkin deney sonuçları Ek A' da ve girdap önleyici plakaların kullanımına ilişkin sonuçlar ise Ek B' de verilmiştir.

Deneye başlamadan önce, laboratuvarın büyük yer altı su deposundan su çekilerek laboratuvarın sabit yükseklikteki büyük su deposuna pompalanmıştır. Deneye başlamak için rezervuara su veren giriş borusu açılmış ve rezervuarın kritik batıklığın çok üzerinde olacak şekilde dolması sağlanmıştır. Daha sonra pompa çalıştırılarak ve pompa üzerindeki vana belli miktarda açılarak suyun rezervuardan su alma borusu yardımı ile açık kanala iletilmesi sağlanmıştır. Açık kanaldaki su yüksekliği ölçülerek ve dikdörtgen savak formülü (Rehbock formülü) kullanılarak debi hesaplanmıştır. İstenilen debi pompa üzerindeki vana kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra rezervuara su veren giriş borusu ve drenaj borusu rezervuara gelen ve giden su eşit olacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece model içinde olası girdap aşamalarını gözlemlemek için gerekli olan sabit ve durgun bir su yüzeyi elde edilmiştir. Bir sonraki aşamada, drenaj borusu çok küçük bir miktar daha açılarak hava çeken girdap oluşuna dek su seviyesi düşürülmüştür (bu aşama 30 dakika ila 2 saat arasında bir zaman almaktadır). Tam bu noktada, hava çeken girdabın yeri ve su seviyesi ve debi not edilmiştir. Pompa üzerindeki vana ve diğer vanalar kullanılarak, her bir yan duvar açıklığı ve su alma borusu için, bir çok debi ve bunlara ait kritik batıklık derinlikleri tespit edilmiştir. Bu prosedür pompanın izin verdiği ölçüde en yüksek debiden başlayıp, belli aralıklarla, hava çeken girdabın olmadığı debiye düşüne değin tekrarlanmıştır. Ancak, güvenlik sebebiyle 10 cm' lik ve 5 cm' lik borular daha düşük debilerde test edilmişlerdir çünkü bu borularda büyük debilerde su hızının çok yüksek olması sebebiyle kaviteasyon ve negatif basınçlar gözlemlenmiştir.

Her bir deney setinde, maksimum, bir orta debi ve bir düşük debide, hava çeken girdap olduğu durumlarda girdap önleyici plakalar test edilmiştir. Yan duvar açıklığının 40 cm olduğu durumlarda, yeterli miktarda alan olmaması nedeniyle 50 cm boyundaki plakalar test edilememiştir. Girdap önleyici plakaları test etmek için ilk önce hava çeken girdabın olduğu bölge, su seviyesi ve debi belirlenmiştir. Daha sonra girdap önleyici plakalar teker teker yerleştirilmiş, performansları ve eğer hala girdap oluşuyorsa bu oluşan girdapların yerleri de not edilmiştir (bu işlem her bir plaka için ortalama 10 dakika sürmüştür).

3.3 Gözlemler

Deneylerde elde edilen bütün girdaplar kısa zamanda oluşup kaybolmuşlardır. Bu nedenle, oluşan girdaplar, aralıklarla meydana gelen kısa süreli girdaplardır. $2b = 40$ cm olduğu durumlar dışında, bütün girdaplar su alma yapısı üzerinde oluşmuştur. Sadece $2b = 40$ cm olduğu durumlarda girdaplar yan duvar sınırlarına yakın yerlerde gözlemlenmiştir. Girdap oluşum evreleri AAL' nin tanımladığı altı girdap tipine uygun şekilde sırası ile olduğu gözlemlenmiştir. Rezervuardaki su seviyesi küçük miktarlarda azaltılırken, su yüzeyindeki olası girdap oluşumları çıplak gözle gözlemlenmiştir. İlk olarak zayıf bir dönme oluşmuş ve gözden kaybolmuştur. Daha sonra, dönme hızının artması ile girdabın merkezinde bir çöküntü meydana gelmiştir. Daha sonra, girdap kuyruğu oluşmuş ve sırasıyla çöp ve hava kabarcığı çekimi gerçekleşmiştir. Su seviyesi kritik batıklık seviyesine geldiği anda ise su alma yapısı içine doğru hava çeken girdap gözlemlenmiştir. Ancak hiçbir hava çeken girdap sürekli olmamıştır. Saniyeler içinde belirip sonra kaybolmuşlardır. Su seviyesi daha da azaltıldığı takdirde daha güçlü ve daha sık girdaplar görülmüştür .

Maksimum, bir orta ve bir düşük debide su alma yapısı üzerinde hava çeken girdap görüldükten sonra girdabın olduğu bölge not edilmiştir. Daha sonra, girdap önleyici plaka su alma yapısı girişinin üst kısmına yerleştirilmiş ve olası girdaplar için su yüzeyi gözlenmiştir. Bu gözlemler şu üç durum için gerçekleştirilmiştir: tamamiyle hava çeken girdap, hava kabarcığı çeken girdap ve sadece girdap kuyruğu olan durum. Buna ek olarak, girdap önleyici plakalara rağmen girdap olduğu durumda da yeni girdabın olduğu bölge not edilmiş ve plakasız durumdaki yeri ile karşılaştırılmıştır. Bu prosedür her bir plaka için tekrarlanmıştır.

Deneyler sırasında çekilen bazı fotoğraflar Şekil 3.11 – 3.13' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Girdap önleyici playa rağmen oluşmuş bir hava çeken girdap fotoğrafı



Şekil 3.12 Yüksek bir kritik batıklığa sahip girdabın görüntüsü



Şekil 3.13 25 cm çapındaki boru üzerinde yapılan deneyler sırasında çekilmiş bir girdabın görüntüsü

4- BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Giriş

Bu bölümde, mevcut çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak, Eşitlik 2.4' de verilen boyutsuz parametrelere bağlı olarak, her bir boru için S_c/D_i ' ye karşılık Fr, Re ve We sayılarının grafikleri $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak çizilmiştir. Daha sonra bu grafikler incelenerek daha önce belirtilen boyutsuz parametrelerin değişimi ve yan duvar açıklığının kritik batıklık üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Akabinde değişik parametrelere bağlı ampirik kritik batıklık formülleri elde etmek için, elde edilen deney sonuçlarına regresyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar olası ölçek etkisi için kontrol edilmiş ve türetilen ampirik kritik batıklık denklemleri, literatürde var olan benzer denklemlerle karşılaştırılmıştır. En sonunda ise, girdap önleyici plakaların kullanımı değerlendirilmiştir. Yukarıda özetlenen çalışmalarda kullanılan önemli boyutlu ve boyutsuz parametreler Tablo 4.1 ve 4.2' de verilmiştir. Önce de belirtildiği gibi daha detaylı sonuçlar Ek A ve B' de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Kritik batıklık için yapılan deneyler sonucunda elde edilen önemli parametrelerin özeti

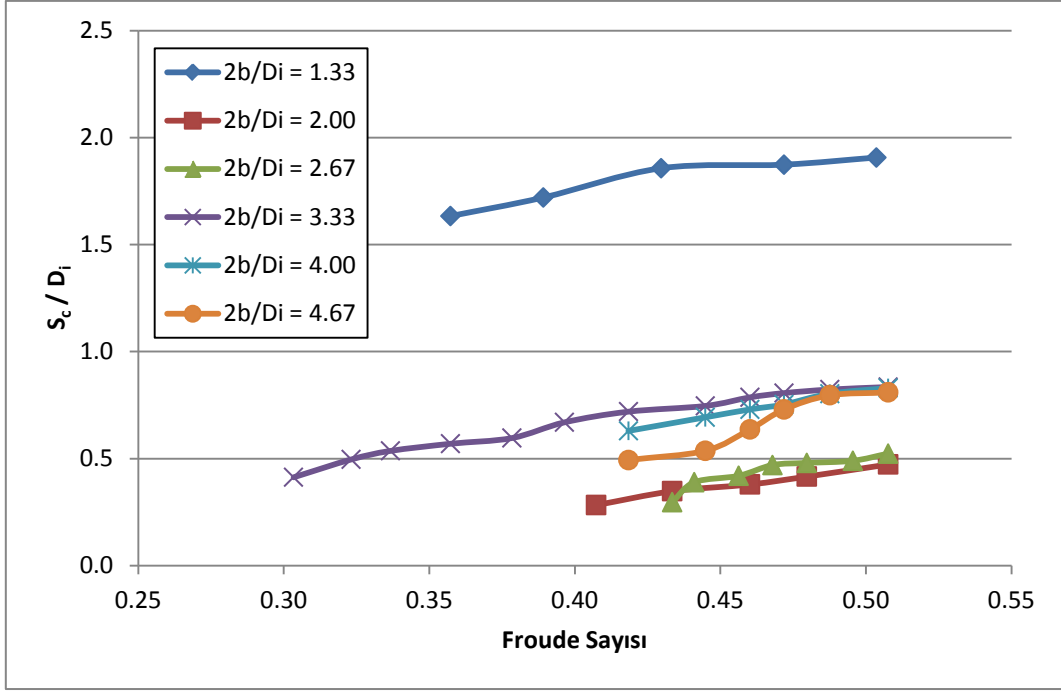
D_i (cm)	Q_i (lt/s)	Parametrelerinin Aralığı					Gözlem Sayısı
		S_c/D_i	Fr	Re	We	$2b/D_i$	
30.0	61.57	1.907	0.508	260165	3118	4.667	41
	~	~	~	~	~	~	
25.0	36.79	0.283	0.303	155457	1113	1.333	65
	62.55	2.428	0.814	317168	5561	5.600	
19.4	~	~	~	~	~	~	73
	24.34	0.436	0.317	123419	842	1.600	
14.4	62.55	3.325	1.534	408721	11902	7.216	67
	~	~	~	~	~	~	
10.0	21.69	0.644	0.532	141729	1431	2.062	50
	51.65	6.650	6.638	654745	59251	12.000	
5.0	~	~	~	~	~	~	12
	21.37	1.880	2.747	270898	10143	4.000	
	14.69	4.420	10.680	372438	38343	16.000	
	~	~	~	~	~	~	
	6.66	1.900	4.842	168852	7881	8.000	

Tablo 4.2 Girdap önleyici aygıtlar için yapılan deneyler sonucunda elde edilen önemli parametrelerin özeti

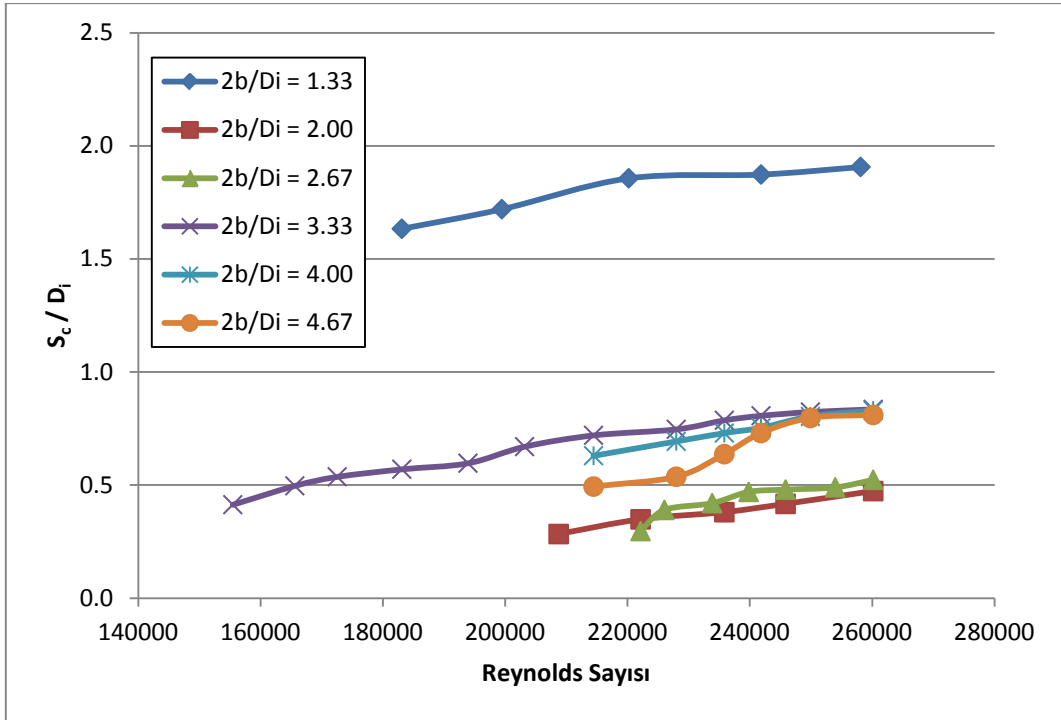
D _i (cm)	Parametrelerin Aralığı					Gözlem Sayısı
	Fr	S _c /D _i	2b/D _i	L _p /D _i	W _p /D _i	
25.0	0.814	1.192	5.600	2.000	1.000	150
	~ 0.357	~ 0.436	~ 2.400	~ 1.600	~ 0.200	
19.4	1.534	3.325	7.216	2.577	1.289	160
	~ 0.743	~ 0.871	~ 2.062	~ 2.062	~ 0.258	
14.4	3.231	5.243	9.722	3.472	1.736	145
	~ 1.566	~ 1.250	~ 2.778	~ 2.778	~ 0.347	
10.0	6.638	6.650	12.000	5.000	2.500	115
	~ 3.085	~ 2.010	~ 4.000	~ 4.000	~ 0.500	
5.0	10.680	4.420	16.000	10.000	5.000	25
		~ 3.620	~ 8.000	~ 8.000	~ 1.000	

4.2 Boyutsuz Kritik Batıklık ve Buna Bağlı Diğer Boyutsuz Parametreler

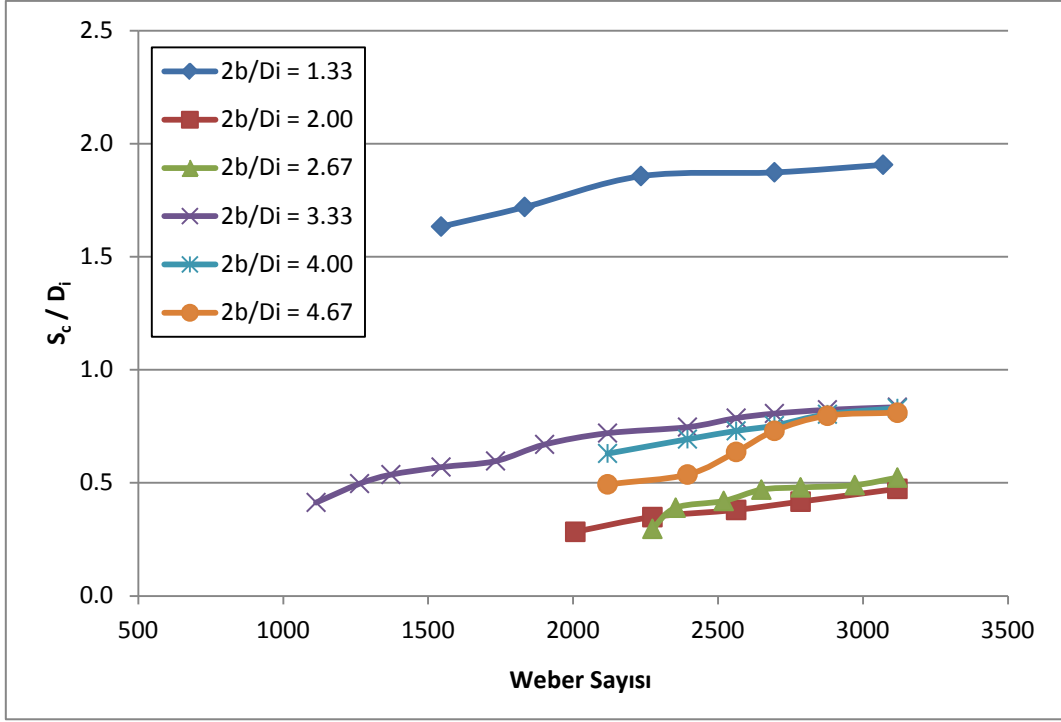
Deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar kullanılarak, S_c/D_i' nin ilgili boyutsuz parametrelerle, Fr, Re ve We, değişimi 2b/D_i' nin fonksiyonu olarak 30, 25, 19.4, 14.4, 10 ve 5 cm' lik çaplara sahip boruların her biri için çizilen grafikler Şekil 4.1 – 4.18' de gösterilmiştir.



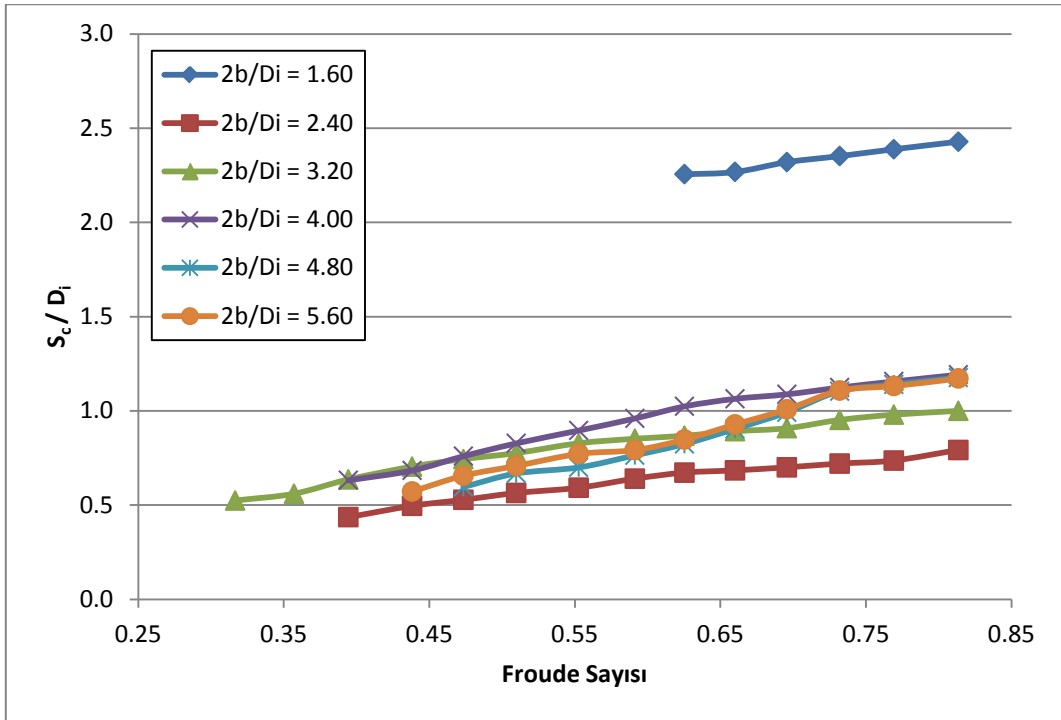
Şekil 4.1 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



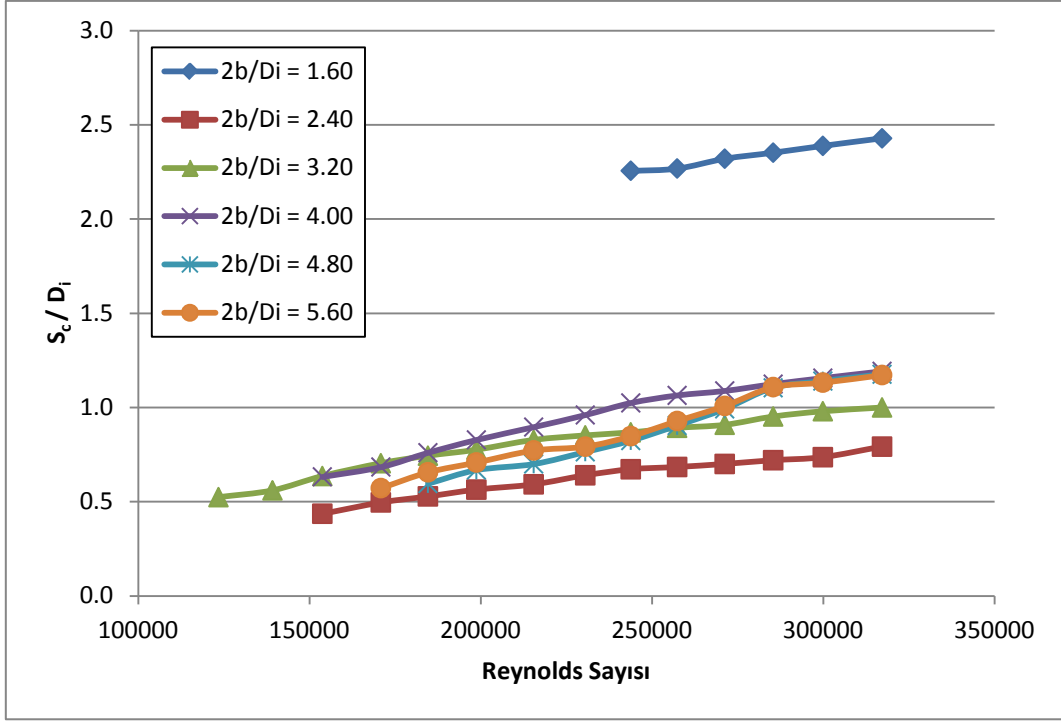
Şekil 4.2 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



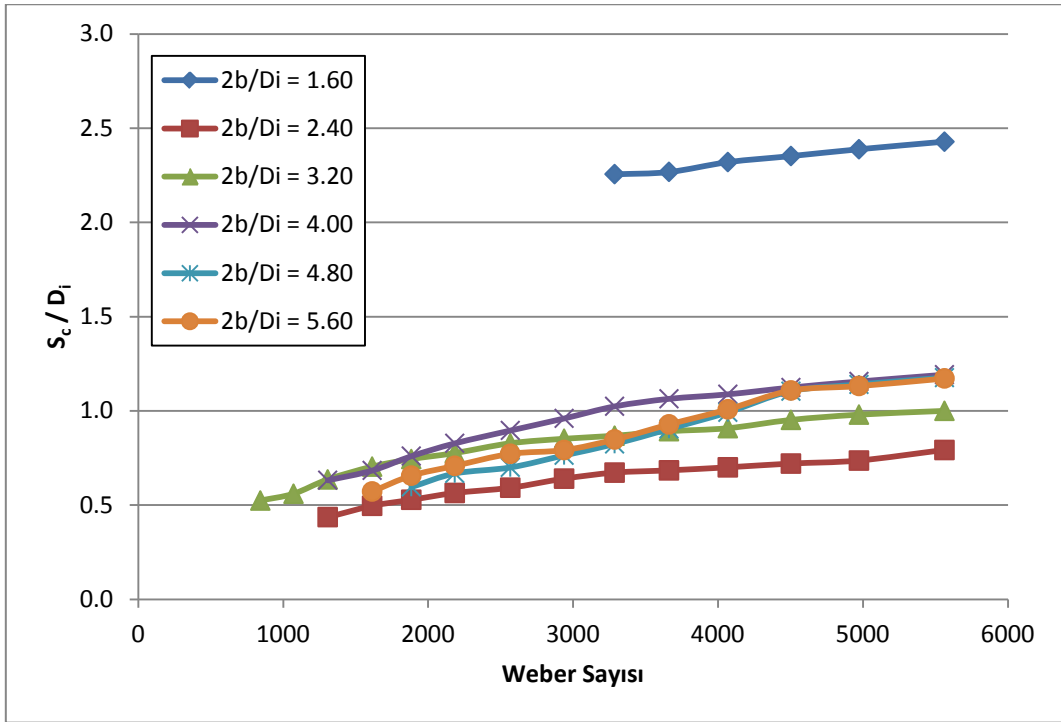
Şekil 4.3 30 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi



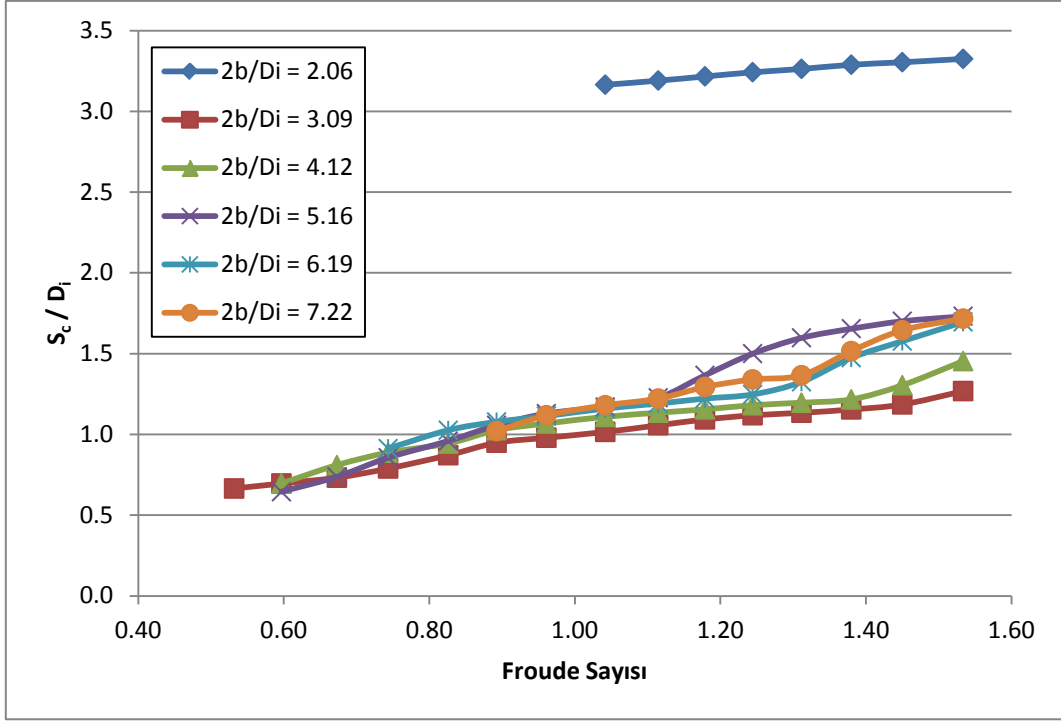
Şekil 4.4 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



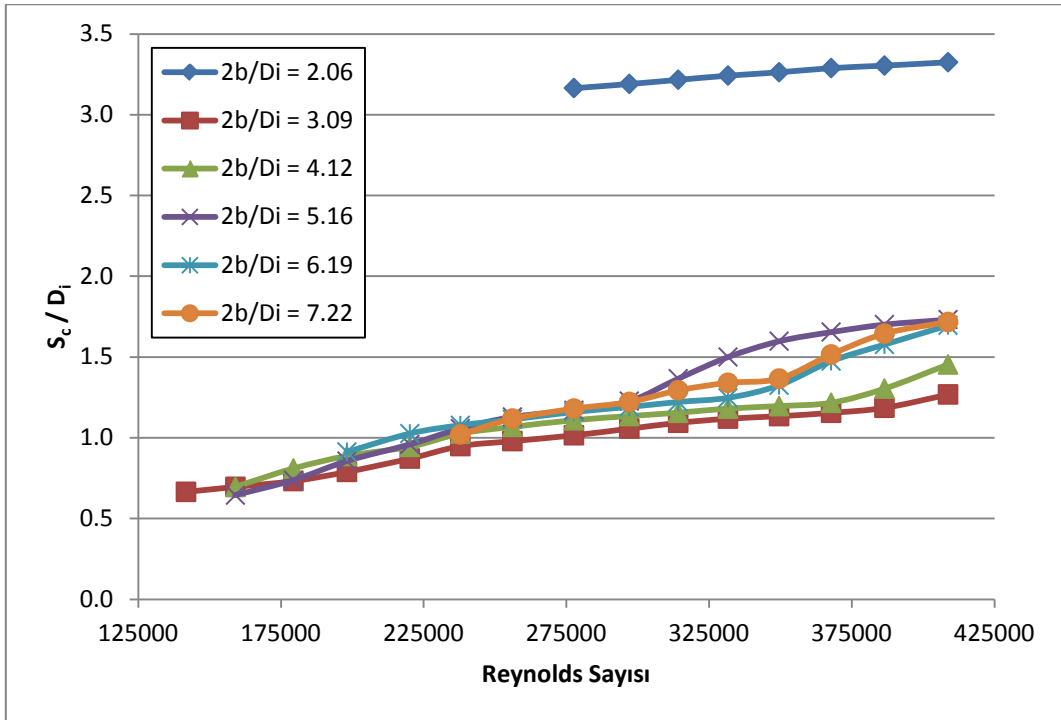
Şekil 4.5 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



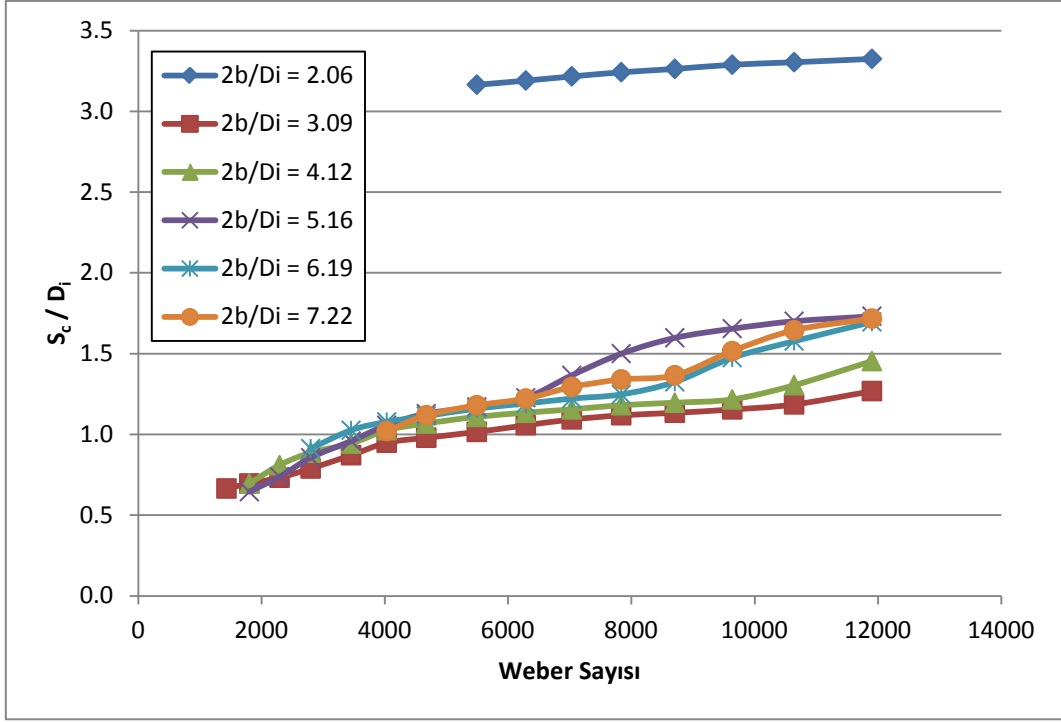
Şekil 4.6 25 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi



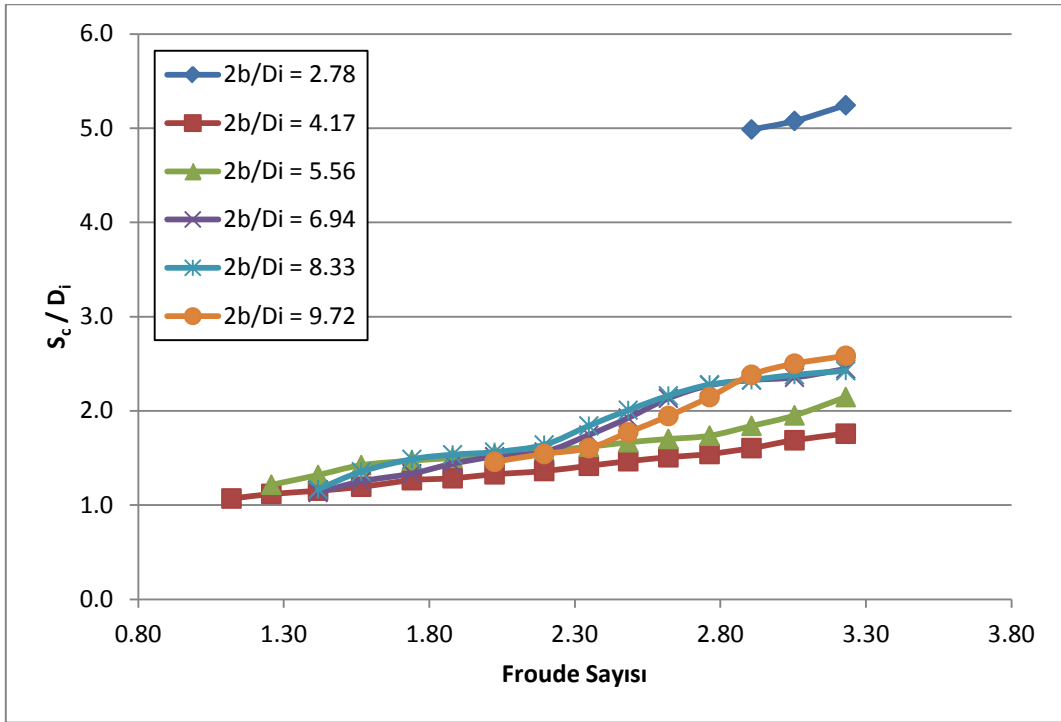
Şekil 4.7 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



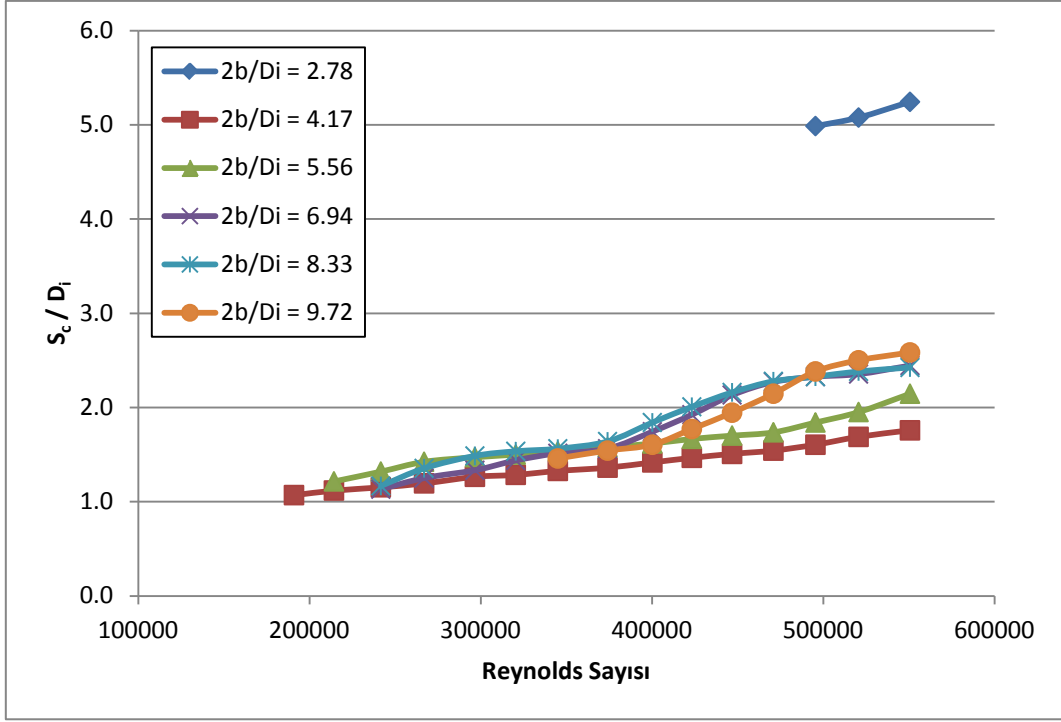
Şekil 4.8 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



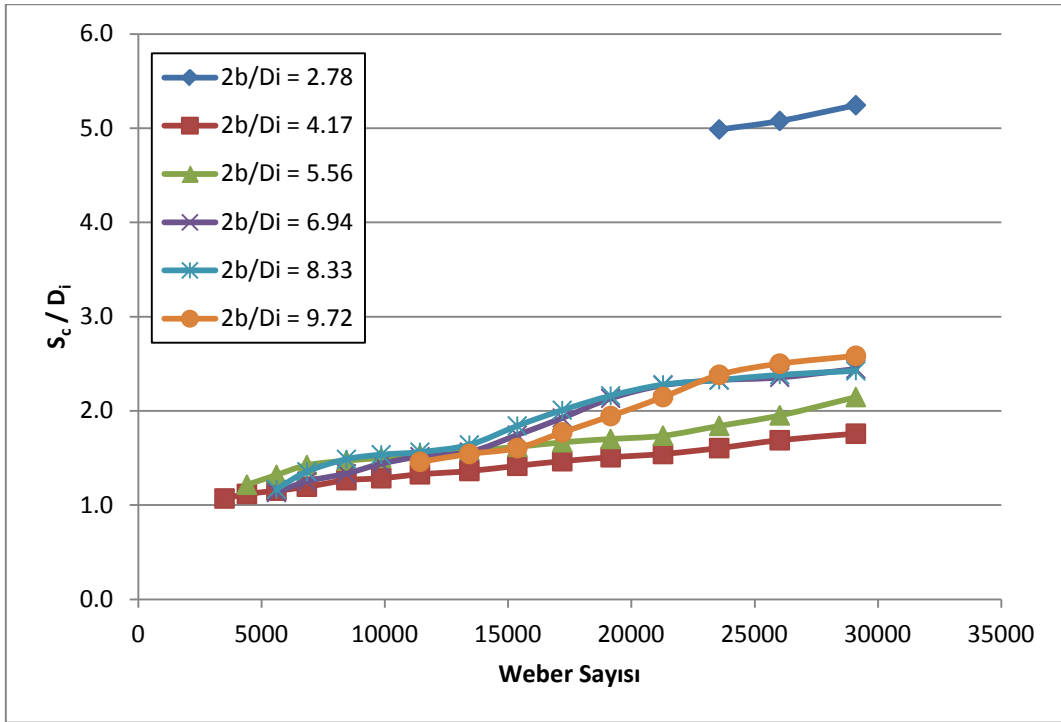
Şekil 4.9 19.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi



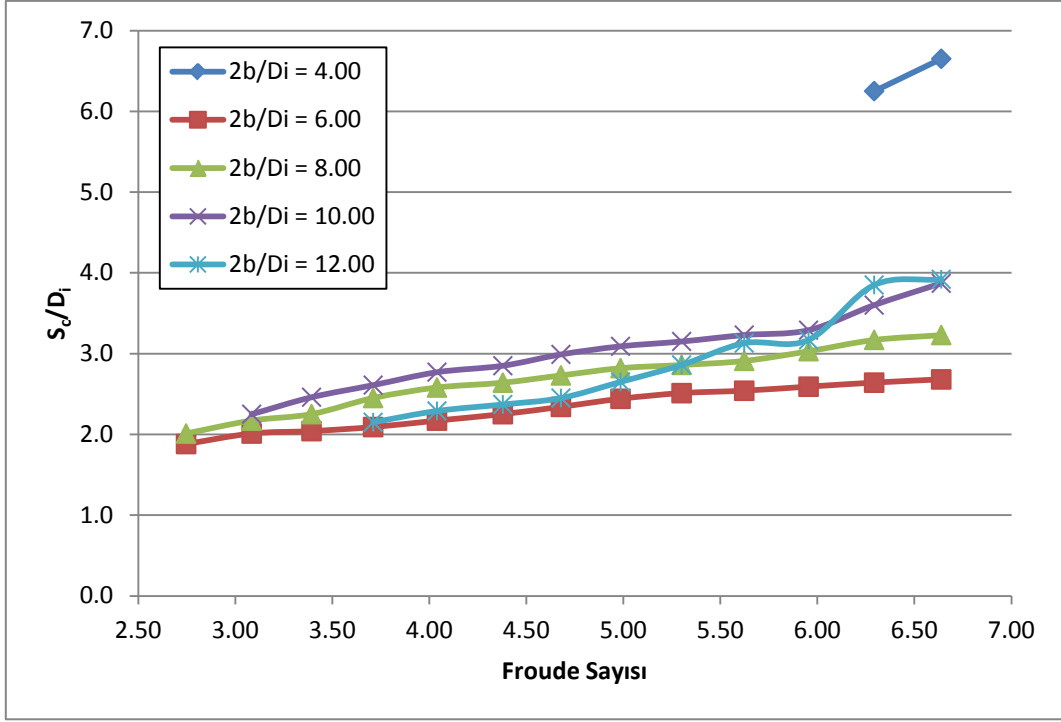
Şekil 4.10 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



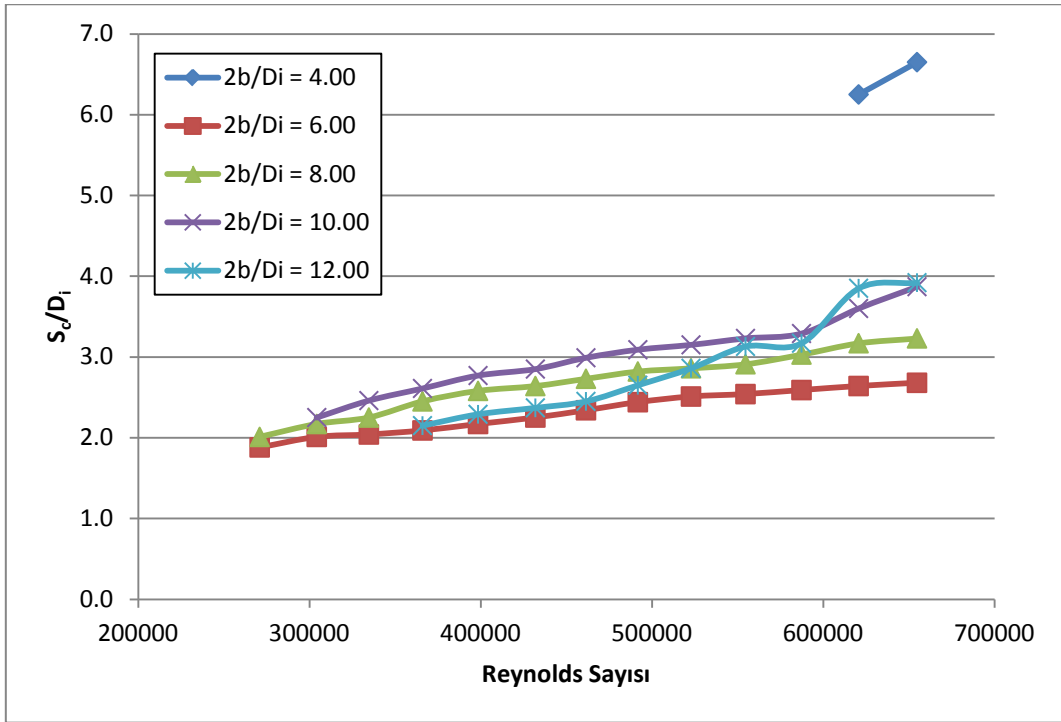
Şekil 4.11 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



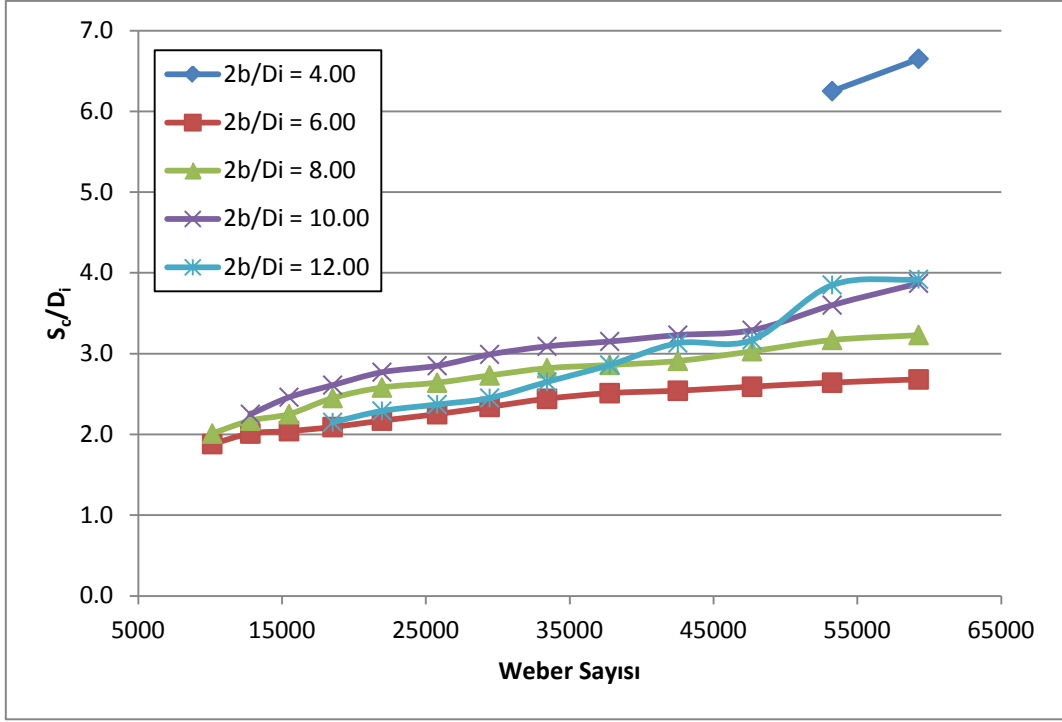
Şekil 4.12 14.4 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi



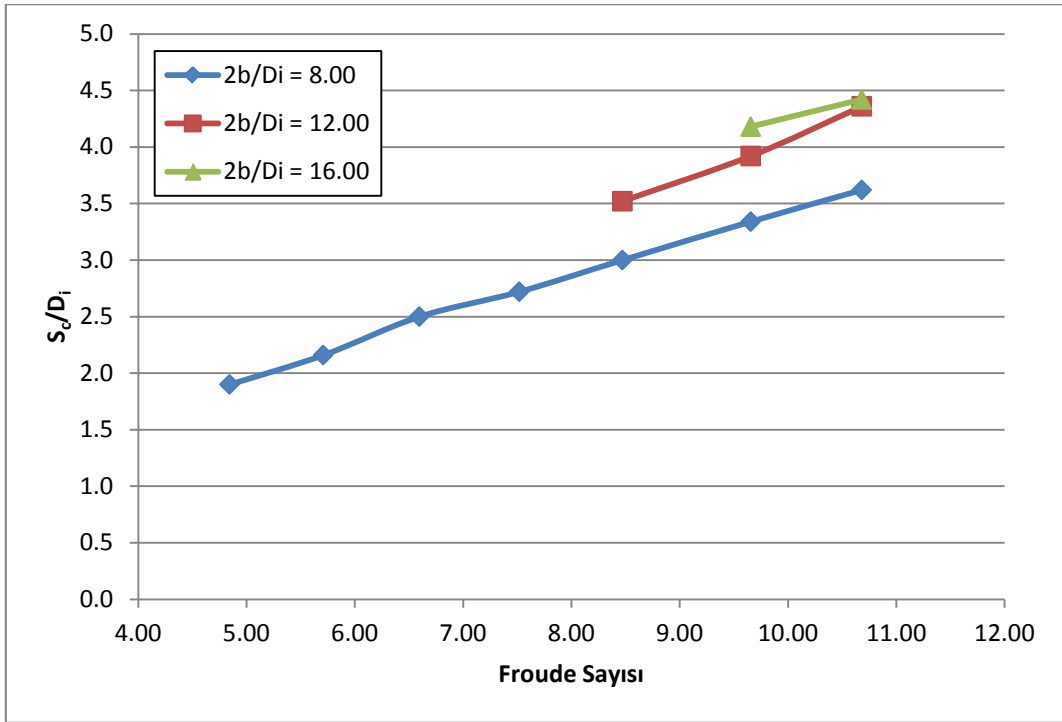
Şekil 4.13 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



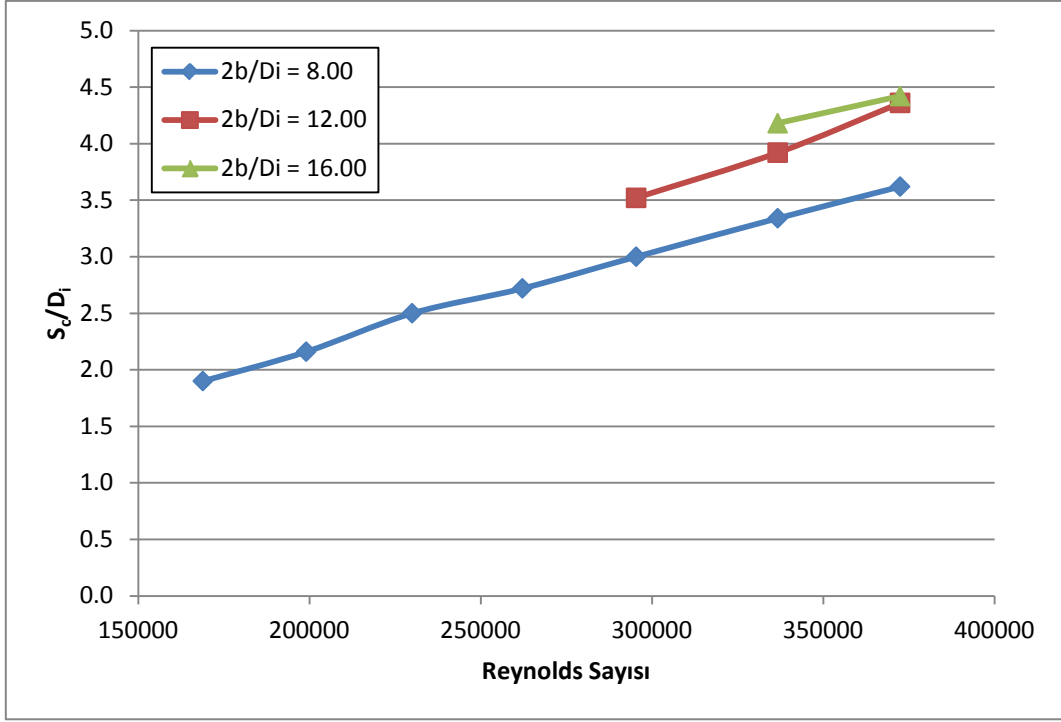
Şekil 4.14 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



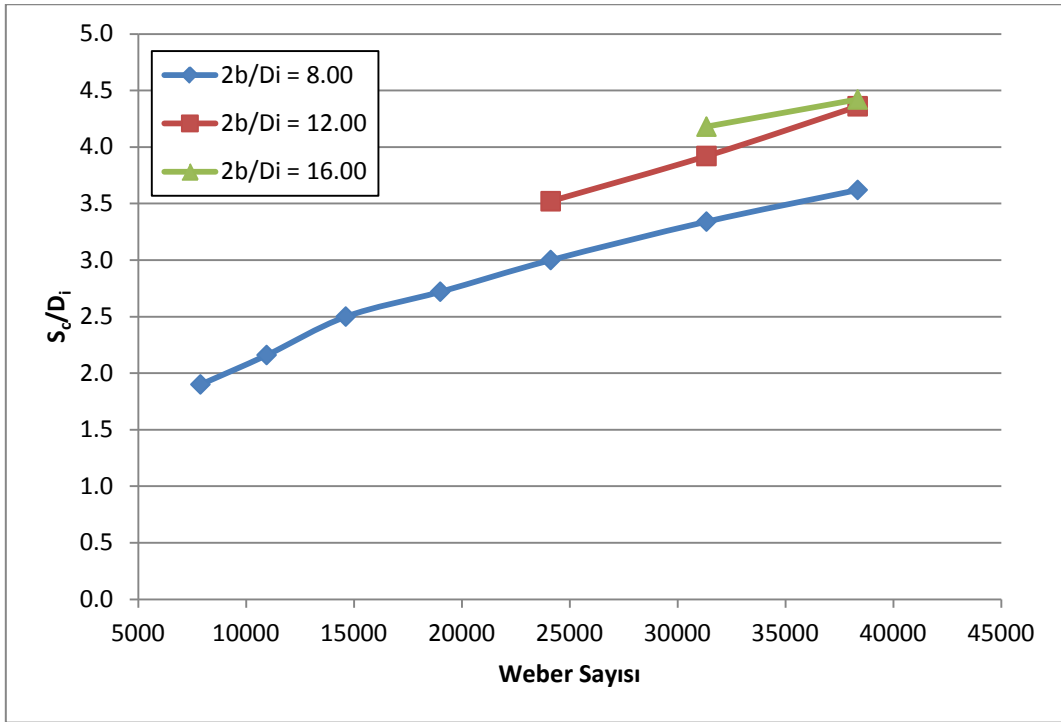
Şekil 4.15 10 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi



Şekil 4.16 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Froude sayısı ile değişimi



Şekil 4.17 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Reynolds sayısı ile değişimi



Şekil 4.18 5 cm çapındaki boru için S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Weber sayısı ile değişimi

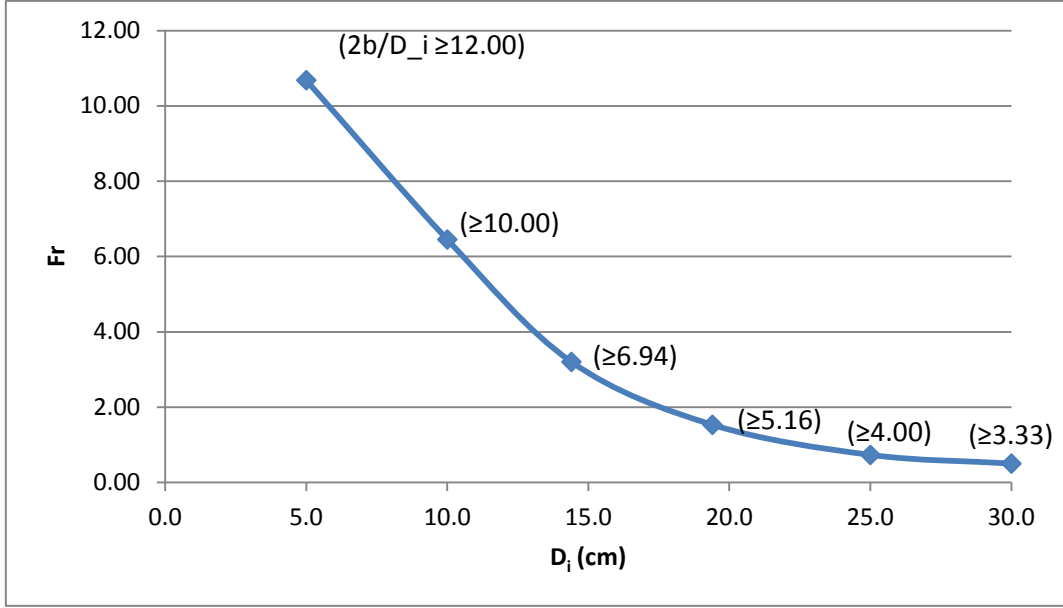
Bu şekiller incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

Bilinen bir su alma yapısı çapında $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak S_c/D_i , artan Fr , Re ve We değerleri ile kademeli olarak artmaktadır. $D_i = 5$ cm olan boru dışında, bütün borularda $2b/D_i$ ' nin en küçük olduğu değerde ($2b = 40$ cm), S_c/D_i ' nin maksimum değerleri elde edilmiştir. $D_i = 5$ cm olan boru dışında, bir sonraki daha büyük $2b/D_i$ değerlerinde ($2b = 60$ cm ve 80 cm), S_c/D_i ' nin minimum değerleri ölçülmüştür.

Geriye kalan $2b/D_i$ değerlerinde elde edilen S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olarak Fr , Re ve We ile değişimi çok önemli olmamakta ve Fr , Re ve We arttıkça neredeyse ihmal edilebilecek duruma gelmektedir. Fr , Re ve We ' nin maksimum değerlerinde, S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin ara seviye değerlerindeki deneysel sonuçları çakışmaktadır. Fr , Re ve We ' nin maksimum değerleri ve $2b/D_i$ ' nin S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olup D_i ' ye bağlı olduğu limit değerleri Şekil 4.1 – 4.18' in incelenmesiyle bulunmuştur ve Tablo 4.3' de listelenmiştir. Tablo 4.3' den, $2b/D_i$ ' nin limit değerlerini gösteren Şekil 4.19 hazırlanmış ve çizilmiştir. Şekil 4.19' a göre, verilen bir çaptaki su alma yapısı borusunda, Fr ve $2b/D_i$ şekilde belirtilen değerlerden yüksek olduğunda, S_c/D_i , $2b/D_i$ ' nin etkisinden bağımsız olmakta ve sadece Fr , Re ve We ' in bir fonksiyonu haline gelmektedir (şekilde Re ve We ' nin limit değerleri gösterilmemiştir). Şekil 4.19' da, eğrinin altında kalan alanda S_c/D_i , $2b/D_i$ ve Fr ' in bir fonksiyonudur, buna karşılık eğrinin üzerinde ve belirtilen $2b/D_i$ değerlerinin üzerinde kalan bir boru çapı içinse S_c/D_i , $2b/D_i$ ' nin etkisinden bağımsızdır ve sadece Fr ' in bir fonksiyonudur. Bu şekil aynı zamanda test edilmeyen daha büyük çaptaki borular için de önemli bilgiler vermektedir. Eğrinin genel gidişatından, su alma borusu 30 cm' in üzerine çıktıkça, Fr ' in D_i ile değişim miktarı azalmakta, belki daha büyük çaptaki borularda sıfır bile olabileceği sonucu çıkarılmaktadır. Aynı zamanda, D_i ' nin büyük değerlerinde, S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olduğu Fr ve $2b/D_i$ ' nin limit değerleri $D_i = 30$ cm' in limit değerlerinden daha küçük olacaktır.

Tablo 4.3 S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olduğu ve sadece Fr , Re ve We ' nin fonksiyonu olduğu $2b/D_i$ ' nin limit değerleri tablosu

D_i (cm)	5.0	10.0	14.4	19.4	25.0	30.0
$2b/D_i \geq$	12.00	10.00	6.94	5.16	4.00	3.33
$Fr \geq$	10.68	6.45	3.20	1.53	0.73	0.50
$Re \geq$	373000	635000	545000	409000	284000	258000
$We \geq$	38400	56000	28500	11900	4460	3000



Şekil 4.19 S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' den bağımsız olduğu ve sadece Fr, Re ve We' ye bağlı olduğu $2b/D_i$ ' nin limit değerleri grafiği

Tablo 4.4, maksimum, minimum ve ara değerlerde S_c/D_i sonuçları veren durumlardaki $2b/D_i$ değerlerini, D_i ve $2b$ ' nin fonksiyonu şeklinde göstermektedir.

Tablo 4.4 Maksimum, minimum ve ara değerlerde S_c/D_i sonuçları alınan $2b/D_i$ değerleri

D_i (cm) \ $2b$ (cm)	5	10	14.4	19.4	25	30
40	8.00	4.00	2.78	2.06	1.60	1.33
60	12.00	6.00	4.17	3.09	2.40	2.00
80	16.00	8.00	5.56	4.12	3.20	2.67
100		10.00	6.94	5.16	4.00	3.33
120		12.00	8.33	6.19	4.80	4.00
140			9.72	7.13	5.60	4.67
Ara seviyede S_c/D_i sonuçları veren $2b/D_i$ değerleri						
Minimum S_c/D_i sonuçları veren $2b/D_i$ değerleri						
Maksimum S_c/D_i sonuçları veren $2b/D_i$ değerleri						

4.3 Boyutsuz Kritik Batıklık için Türetilen Ampirik Formüller

Tablo 4.4' de bilinen çaptaki bir borunun boyutsuz kritik batıklık oranının, S_c/D_i , maksimum, minimum ve ara seviyedeki değerlerini gösteren $2b/D_i$ değerleri verilmişti. Bu bölümde, bu üç farklı durum ayrı ayrı değerlendirilerek, ampirik denklemler çıkarılmıştır.

4.3.1 Uç Değerlerin Olduğu Durum

4.3.1.1 Ölçülen Maksimum S_c/D_i Değerlerine Bağlı İlişki

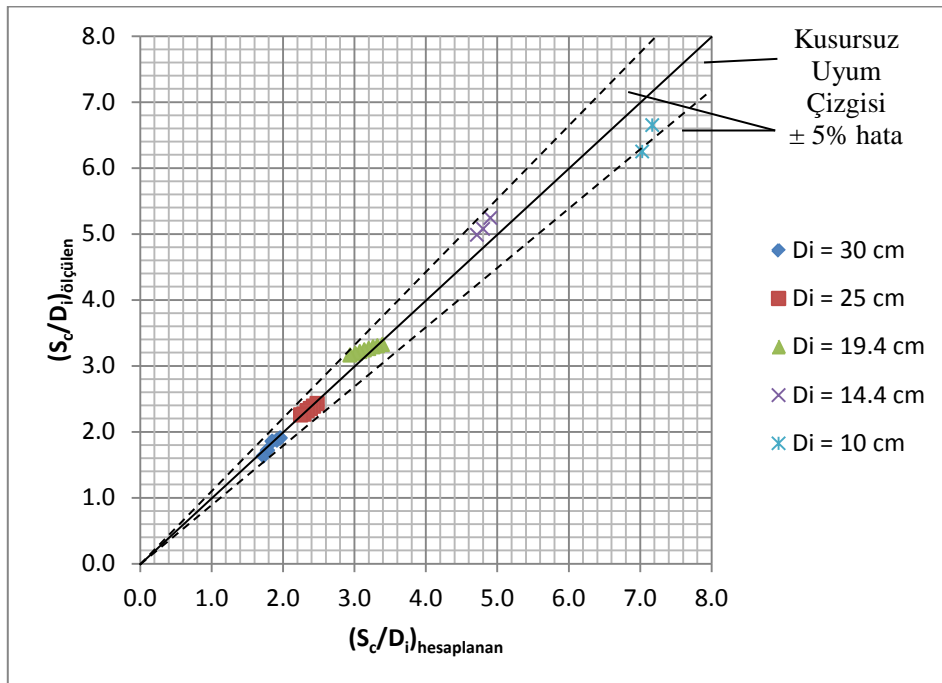
Eşitlik 2.4' de verilen boyutsuz kritik batıklık oranının, S_c/D_i , Fr, Re, We ve $2b/D_i$ parametrelerine bağlı fonksiyonel ilişki şu şekilde de yazılabilir

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{c_1} Re^{c_2} We^{c_3} \left(\frac{2b}{D_i}\right)^{c_4} \quad (4.1)$$

$D_i = 30$ cm olan borudaki $2b/D_i = 1.33$, $D_i = 25$ cm olan borudaki $2b/D_i = 1.60$, $D_i = 19.4$ cm olan borudaki $2b/D_i = 2.06$, $D_i = 14.4$ cm olan borudaki $2b/D_i = 2.78$, ve $D_i = 10$ cm olan borudaki $2b/D_i = 4.00$ olduğu durumlarda elde edilen S_c/D_i ' nin maksimum değerlerine yukarıda belirtilen eşitlikteki bilinmeyen katsayıları bulmak amacıyla DataFit (Oakdale, 2012) adlı bir bilgisayar programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Bu işlem sonucunda katsayılar, $R^2 = 0.977$ korelasyon katsayısı ile şu değerlerde bulunmuştur ve formül bu katsayılar eklenerek Eşitlik 4.2' de gösterilmiştir; $c_1 = 5.792$, $c_2 = 3.246$, $c_3 = -4.333$ and $c_4 = -3.489$.

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{5.792} Re^{3.246} We^{-4.333} \left(\frac{2b}{D_i}\right)^{-3.489} \quad (4.2)$$

Ölçülen ve yukarıdaki formül yardımıyla hesaplanan S_c/D_i değerleri birbirlerine karşı gelecek şekilde Şekil 4.20' deki gibi çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, bütün sonuçlar $\pm 5\%$ hata payı çizgileri arasında kalmaktadır. Bu bölümde yan duvar aralığının S_c/D_i değerleri üzerinde kesin bir etkisi olduğu görülmektedir. Eğer yan duvar aralıkları daha da azaltılırsa, daha yüksek değerlerde kritik batıklık değerleri beklenmektedir.



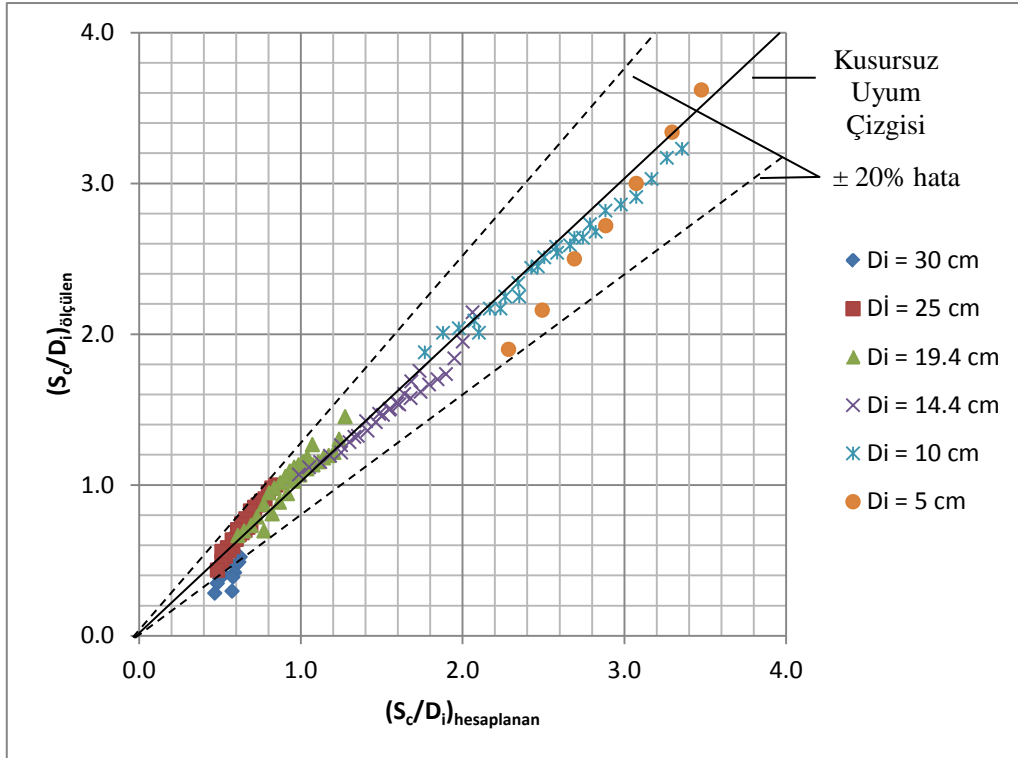
Şekil 4.20 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan maksimum S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

4.3.1.2 Ölçülen Minimum S_c/D_i Değerlerine Bağlı İlişki

$D_i = 30$ cm olan borudaki $2b/D_i = 2.00$ ve 2.67 , $D_i = 25$ cm olan borudaki $2b/D_i = 2.40$ ve 3.20 , $D_i = 19.4$ cm olan borudaki $2b/D_i = 3.09$ ve 4.12 , $D_i = 14.4$ cm olan borudaki $2b/D_i = 4.17$ ve 5.56 , $D_i = 10$ cm olan borudaki $2b/D_i = 6.00$ ve 8.00 ve $D_i = 5$ cm olan borudaki $2b/D_i = 8.00$ olduğu durumlarda elde edilen S_c/D_i ' nin minimum değerlerine yukarıda belirtilen eşitlikteki bilinmeyen katsayıları bulmak amacıyla DataFit (Oakdale, 2012) adlı bir bilgisayar programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır ve Eşitlik 4.1' deki gerekli katsayılar bulunmuştur. Sonuç olarak aşağıdaki Eşitlik 4.3 aşağıdaki şekilde $R^2 = 0.984$ korelasyon katsayısı ile elde edilmiştir.

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.039} Re^{-0.357} We^{0.425} \left(\frac{2b}{D_i}\right)^{-0.602} \quad (4.3)$$

Ölçülen ve Eşitlik 4.3 formülü yardımıyla hesaplanan S_c/D_i değerleri birbirlerine karşı gelecek şekilde Şekil 4.21' deki gibi çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, bütün sonuçlar $\pm 20\%$ hata payı çizgileri arasında kalmaktadır.



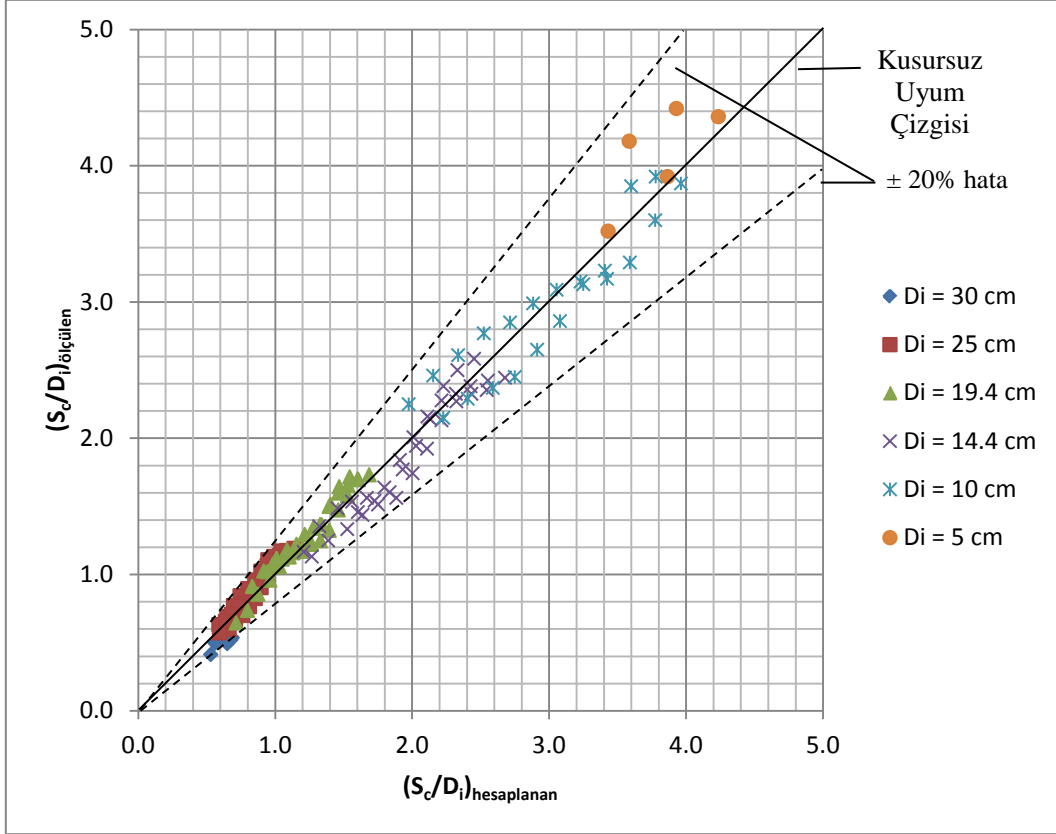
Şekil 4.21 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan minimum S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

4.3.2 S_c/D_i ' nin Ara Seviye Değerleri için

Tablo 4.4' deki geriye kalan veriye, $D_i = 30$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 3.33$, $D_i = 25$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 4.00$, $D_i = 19.4$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 5.16$, $D_i = 14.4$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 6.94$, $D_i = 10$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 10.00$ ve $D_i = 5$ cm olan borudaki $2b/D_i \geq 12.00$, regresyon analizi yapıldığında, Eşitlik 4.1 aşağıdaki şekilde $R^2 = 0.978$ korelasyon katsayısı ile elde edilmiştir.

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.336} Re^{-0.229} We^{0.401} \left(\frac{2b}{D_i}\right)^{-0.261} \quad (4.4)$$

Ölçülen ve Eşitlik 4.4 formülü yardımıyla hesaplanan S_c/D_i değerleri birbirlerine karşı gelecek şekilde Şekil 4.22' deki gibi çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, bütün sonuçlar $\pm 20\%$ hata payı çizgileri arasında kalmaktadır. Eşitlik 4.4, Şekil 4.19' da gösterilen eğrinin altında kalan alan için geçerlidir.



Şekil 4.22 Test edilen borularda ölçülen ve hesaplanan orta seviyedeki S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

$2b/D_i$, Re ve We ' nin S_c/D_i üzerindeki etkisini görmek amacıyla, bu parametreler teker teker Eşitlik 4.4' den çıkarılmış ve S_c/D_i 'nin ara seviyedeki değerlerine tekrar regresyon analizi uygulanmış ve aşağıdaki eşitlikler elde edilmiştir:

$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.113} Re^{-0.367} We^{0.550} \quad (4.5)$$

$R^2 = 0.972$ korelasyon katsayısı ile,

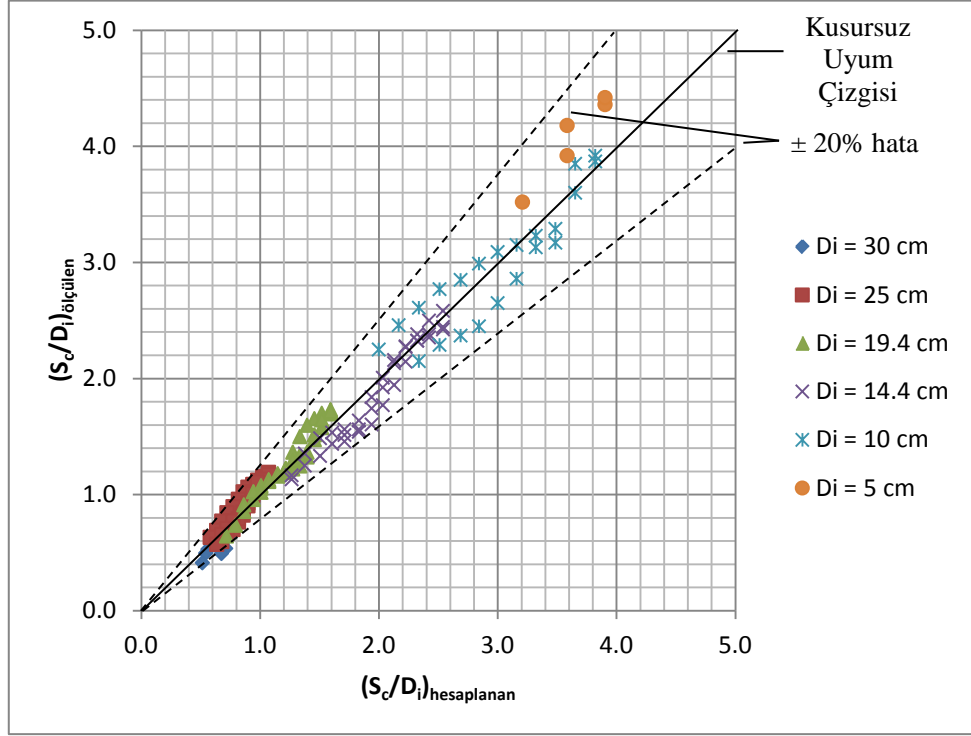
$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.596} Re^{0.010} \quad (4.6)$$

$R^2 = 0.967$ korelasyon katsayısı ile ve

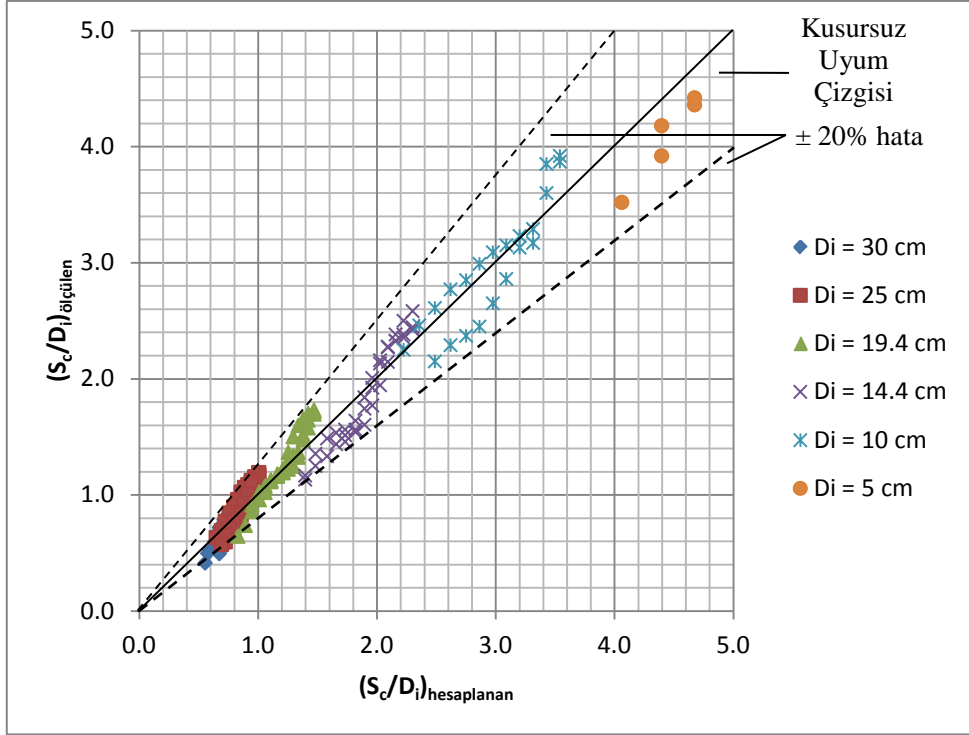
$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.639} \quad (4.7)$$

$R^2 = 0.964$ korelasyon katsayısı ile.

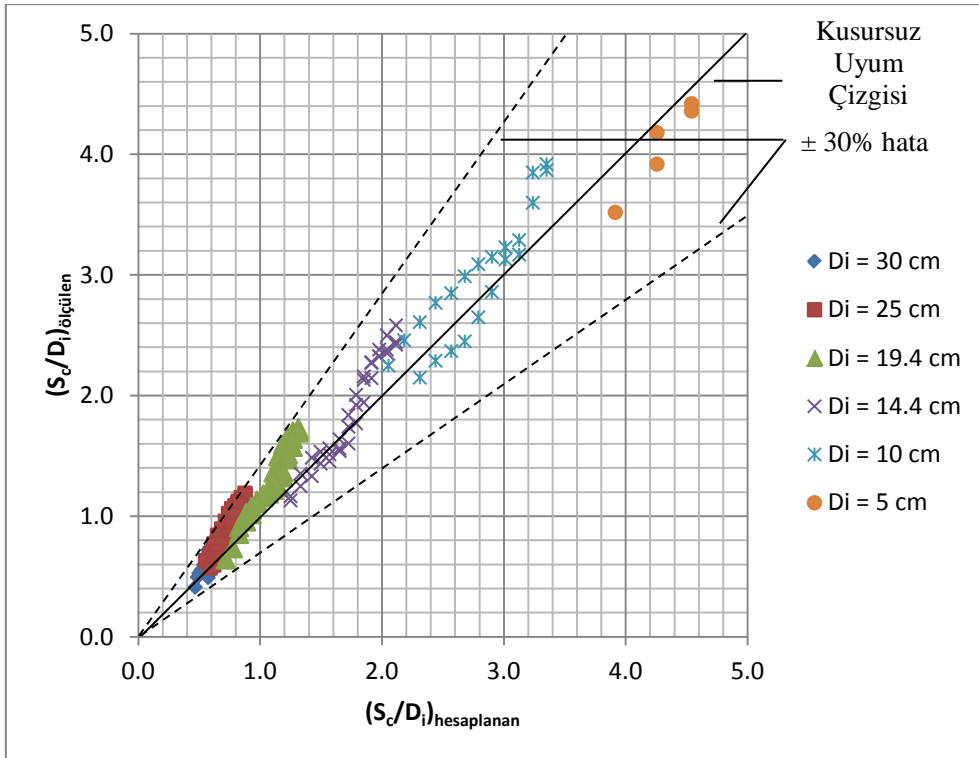
Ölçülen ve yukarıdaki formüllere bağlı olarak hesaplanan S_c/D_i değerlerinin dağılımı Şekil 4.23, 4.24 ve 4.25’ de gösterilmiştir. Bu şekillerden ve yukarıda verilen korelasyon katsayılarından, ilgili boyutsuz parametreler; $2b/D_i$, Re ve We ilk formülden düşürüldükçe, S_c/D_i ’ nin elde edilmesinde kullanılan formüllerin hata payının çok az derecede arttığı sonucu çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.23 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.5)’ in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.24 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.6)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.25 Mevcut ara seviyedeki S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.7)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

Son olarak, Şekil 4.19' da verilen eğriyi oluşturan S_c/D_i ' nin $2b/D_i$ ' nin etkisinden bağımsız olduğu verilere regresyon analizi yapıldığında, aşağıdaki eşitlikler türetilmiştir:

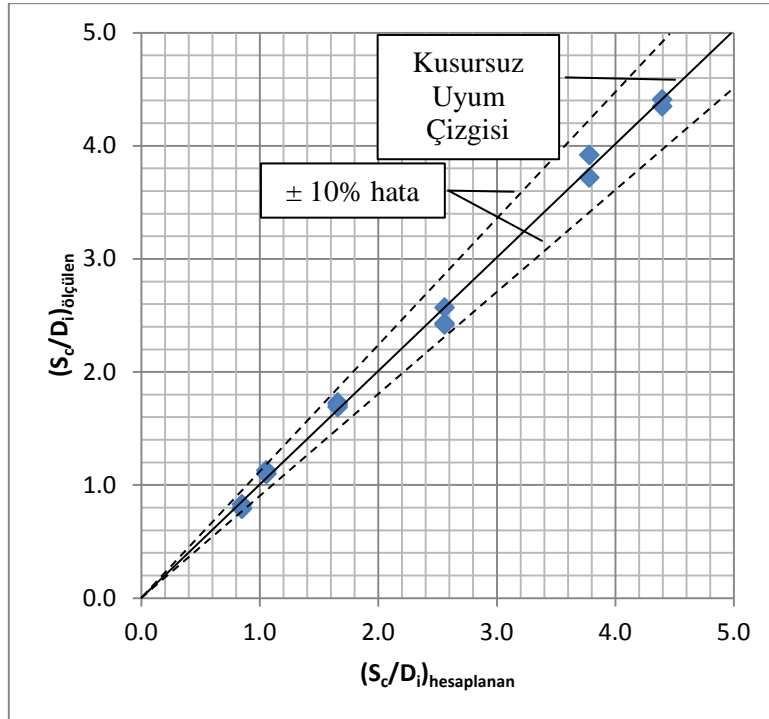
$$\frac{S_c}{D_i} = Fr^{0.324} Re^{-0.176} We^{0.282} \quad (4.8)$$

korelasyon katsayısı $R^2 = 0.997$. Re ve We düşürüldükten sonra ise

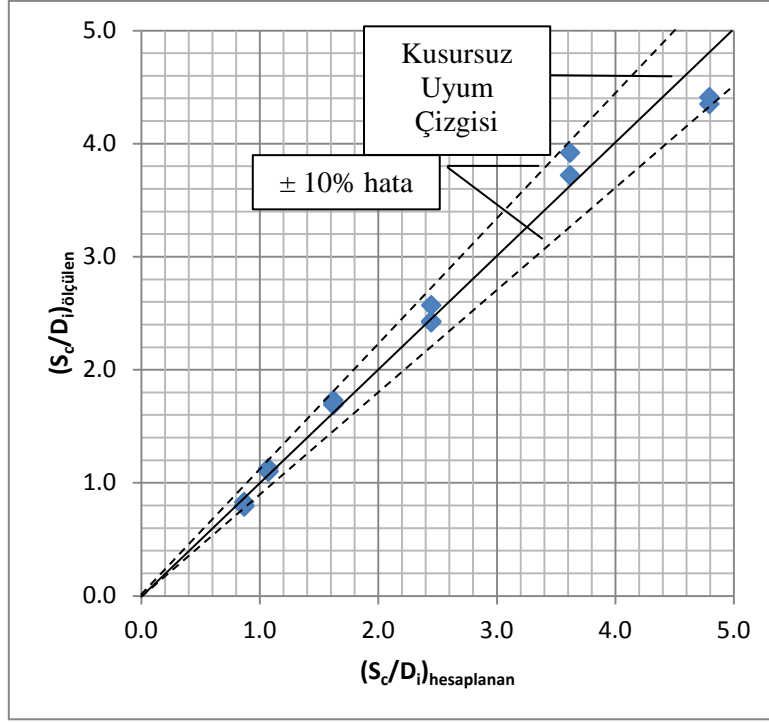
$$\frac{S_c}{D_i} = 1.278 Fr^{0.558} \quad (4.9)$$

sadece Fr' a (0.5 ila 10.68 aralığında) bağlı olarak $R^2 = 0.984$ korelasyon katsayısı ile.

Ölçülen ve Eşitlik 4.8 ve 4.9' a bağlı olarak hesaplanan S_c/D_i değerlerinin dağılımı Şekil 4.26 ve 4.27' de gösterilmiştir. S_c/D_i ' nin genel formülünden, Eşitlik 4.8, Re ve We' in çıkarılması ile yeni eşitliğin, Eşitlik 4.9, korelasyon katsayının biraz düştüğü görülmüştür.



Şekil 4.26 Şekil 4.19' daki eğri üzerinde belirtilen S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.8)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.27 Şekil 4.19' daki eğri üzerinde belirtilen S_c/D_i değerlerine bağlı deney sonuçlarına Eşitlik (4.9)' in uygulanmasıyla elde edilen ve deneylerde ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

4.4 Boyutsuz Kritik Batıklık Değeri Üzerindeki Ölçek Etkisi

Pratikte, karmaşık su alma yapılarında hangi derinlikte hava çeken girdapların olduğunu tespit etmek için ölçekli model testleri gerekmektedir. Daha güvenilir sonuçlar elde etmek için, bu modellerin uzunluk ölçekleri mümkün olduğunca büyük olmalıdır. Aksi takdirde, elde edilen veriler, model uzunluk ölçeği kullanılarak, direkt olarak prototipe çevrilemez. Girdap probleminin modellenmesi Froude model yasasına göre yapıldığı için, Re ve We gibi boyutsuz parametrelerin ihmal edilmesinden dolayı, test sonuçları üzerinde ölçek etkisi olacaktır.

S_c/D_i üzerindeki ölçek etkisini görmek amacıyla, eldeki deney sonuçları incelenmiş ve aynı Froude sayısı için boruya ve akıma ilişkin parametreler belirlenmiştir. Bu datalar arasından, aşağı yukarı aynı $2b/D_i$ ' ye sahip olanlar seçilmiş ve Tablo 4.5' de verilmiştir. Tablo 4.5' de verilen bilinen Froude sayısındaki her bir çift data iki farklı çaptaki boruya aittir. Daha büyük çapa sahip birinci boru ikinci borunun prototipi olarak düşünülmüştür. Bu boruların S_c/D_i ' lerine ilaveten, diğer parametreler; Re , We , model uzunluk ölçeği $L_r = D_m/D_p$, boyutsuz kritik batıklıkların prototip ve model olarak oranı, $(S_c/D_i)_r = (S_c/D_i)_m / (S_c/D_i)_p$, Reynolds sayılarının oranı, $(Re)_r = (Re)_m / (Re)_p$, ve Weber sayılarının oranı da, $(We)_r = (We)_m / (We)_p$, Tablo 4.5' de verilmiştir.

Tablo 4.5 Model ve prototip değerleri ve bunlara bağlı boyutsuz parametrelerin oranları

D _i = 30.0 cm (Prototip)' e karşılık D _i = 25.0 cm (Model)										
Fr	Boru	D _i (cm)	S _c /D _i	2b/D _i	Re	We	L _r	(S _c /D _i) _r	(Re) _r	(We) _r
0.35	1	30	0.560	3.333	178500	1450	0.833	0.982	0.762	0.707
	2	25	0.550	3.200	136000	1025				
0.40	1	30	0.675	3.333	204500	1925	0.833	0.956	0.763	0.701
	2	25	0.645	3.200	156000	1350				
0.45	1	30	0.710	4.000	230500	2450	0.833	0.993	0.764	0.704
	2	25	0.705	4.000	176000	1725				
	1	30	0.755	3.333	230500	2450	0.833	0.947	0.764	0.704
	2	25	0.715	3.200	176000	1725				
	1	30	0.410	2.667	230500	2450	0.833	1.244	0.764	0.704
	2	25	0.510	2.400	176000	1725				
0.50	1	30	0.805	4.667	256500	3020	0.833	0.807	0.764	0.695
	2	25	0.650	4.800	196000	2100				
	1	30	0.820	4.000	256500	3020	0.833	0.988	0.764	0.695
	2	25	0.810	4.000	196000	2100				
	1	30	0.830	3.333	256500	3020	0.833	0.922	0.764	0.695
	2	25	0.765	3.200	196000	2100				
	1	30	0.500	2.667	256500	3020	0.833	1.110	0.764	0.695
	2	25	0.555	2.400	196000	2100				
D _i = 25.0 cm (Prototip)' e karşılık D _i = 19.4 cm (Model)										
0.60	2	25	0.975	4.000	236000	3025	0.776	0.718	0.676	0.598
	3	19.4	0.700	4.124	159500	1810				
	2	25	0.855	3.200	236000	3025	0.776	0.813	0.676	0.598
	3	19.4	0.695	3.093	159500	1810				
0.70	2	25	1.090	4.000	276000	4125	0.776	0.775	0.678	0.596
	3	19.4	0.845	4.124	187000	2460				
	2	25	0.915	3.200	276000	4125	0.776	0.820	0.678	0.596
	3	19.4	0.750	3.093	187000	2460				
0.80	2	25	1.180	4.000	316000	5400	0.776	0.784	0.676	0.596
	3	19.4	0.925	4.124	213500	3220				
	2	25	0.995	3.200	316000	5400	0.776	0.849	0.676	0.596
	3	19.4	0.845	3.093	213500	3220				

Tablo 5.4 Devamı

D _i = 19.4 cm (Prototip)' e karşılık D _i = 14.4 cm (Model)										
Fr	Boru	D _i (cm)	S _c /D _i	2b/D _i	Re	We	L _r	(S _c /D _i) _r	(Re) _r	(We) _r
1.1	3	19.4	1.130	4.124	293000	6180	0.742	0.907	0.679	0.546
	4	14.4	1.025	4.167	199000	3375				
1.2	3	19.4	1.165	4.124	319500	7280	0.742	0.906	0.679	0.598
	4	14.4	1.055	4.167	217000	4350				
1.3	3	19.4	1.190	4.124	346500	8600	0.742	0.899	0.678	0.593
	4	14.4	1.070	4.167	235000	5100				
1.4	3	19.4	1.235	4.124	373000	9900	0.742	0.891	0.678	0.593
	4	14.4	1.100	4.167	253000	5875				
1.5	3	19.4	1.390	4.124	399500	11350	0.742	0.824	0.681	0.581
	4	14.4	1.145	4.167	272000	6600				
D _i = 10.0 cm (Prototip)' e karşılık D _i = 5.0 cm (Model)										
5.00	5	10.0	2.825	8.000	495000	33700	0.500	0.688	0.352	0.249
	6	5.0	1.945	8.000	174000	8400				
5.5	5	10.0	2.885	8.000	545000	40700	0.500	0.724	0.351	0.251
	6	5.0	2.090	8.000	191500	10200				
6.00	5	10.0	3.045	8.000	595000	48400	0.500	0.745	0.351	0.249
	6	5.0	2.270	8.000	209000	12050				
6.50	5	10.0	3.210	8.000	570000	56750	0.500	0.769	0.397	0.250
	6	5.0	2.47	8.000	226500	14200				

Fr, L_r, (Re)_r ve (We)_r' nin (S_c/D_i)_r üzerindeki etkisini göstermek için, Şekil 4.28 – 4.31 çizilmiştir. Şekil 4.28, (S_c/D_i)_r' in, mevcut verinin tamamını içine alarak kabaca çizilen alt ve üst kapsama eğrilerine sahip, Fr ile değişimini göstermektedir. Bu şekilde, Fr' in 1.8' e kadar olan küçük değerlerinde (S_c/D_i)_r 0.6 ile 1.0 arasında değişmektedir. Fr' in daha büyük değerlerinde, 1.0 ile 5.0 aralığında (S_c/D_i)_r verisi olmamasına rağmen (S_c/D_i)_r' nin 0.6 ile 0.8 arasında değiştiği söylenebilir. (S_c/D_i)_r' nin model uzunluk ölçeği, L_r, ile değişimi Şekil 4.29' da sunulmuştur. Datanın genel trendine bakarak, L_r = 1.0 ve (S_c/D_i)_r = 1.0 olduğu yerden başlayan kapsama eğrilerini takiben, L_r azaldıkça (S_c/D_i)_r de azalmaktadır. L_r' in yüksek değerlerinde (S_c/D_i)_r' nin azalma oranı daha küçük olmaktadır. Deneysel verinin olmadığı L_r' in daha küçük değerlerinde, (S_c/D_i)_r' nin 0.6 ila 0.8 arasında değiştiği belirtilebilir.

(S_c/D_i)_r için yeni bir bağıntı, (4.8) ifadesinden model – prototip ilişkisi göz önüne alınarak elde edilebilir. Eğer Eşitlik 4.8' in hem model hem de prototipe uygulandığı kabul edilirse, (S_c/D_i)_r' nin ilişkisi şu şekilde yazılabilir:

$$\left(\frac{S_c}{D_i}\right)_r = \frac{(S_c/D_i)_m}{(S_c/D_i)_p} = (Fr)_r^{0.324} (Re)_r^{-0.176} (We)_r^{0.282} \quad (4.10)$$

(Fr)_r = 1, (Re)_r = V_rD_r/v_r, (We)_r = ρ_rV_r²D_r/σ_r ve v_r = 1, ρ_r = 1, σ_r = 1, ve V_r = √D_r = √L_r olduğundan dolayı Eşitlik 4.10 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

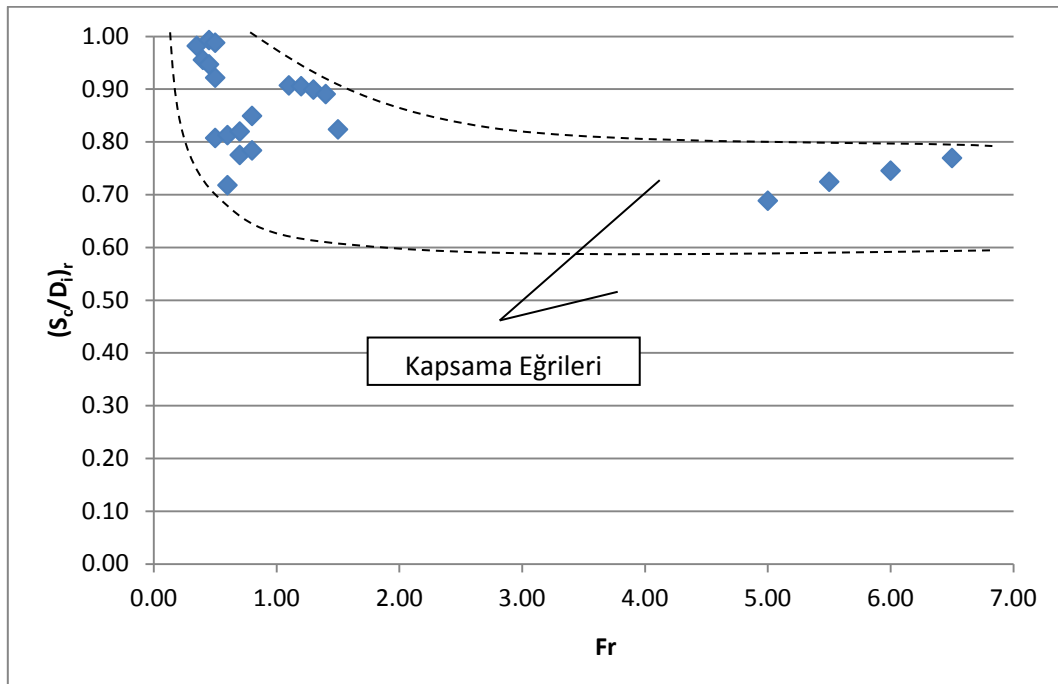
$$\left(\frac{S_c}{D_i}\right)_r = L_r^{0.3} \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.11' e bağlı bir eğri Şekil 4.29 üzerine L_r ' in test edilmiş verilerinin bulunduğu alana çizildiği takdirde, bu eğrinin kapsama eğrilerinin arasında kaldığı görülmektedir. $(S_c/D_i)_r$ ' nin yaklaşık olarak hesaplanması için, bu çalışmada test edilen L_r ' in kapsama alanında Eşitlik 4.11 kullanılabilir. 4.11 ifadesi ile verilen bağıntının, L_r ' in daha küçük değerlerinde de geçerli olup olmadığını gösterebilmek için, bu küçük L_r değerlerinde de testlerin yapılması gerekir.

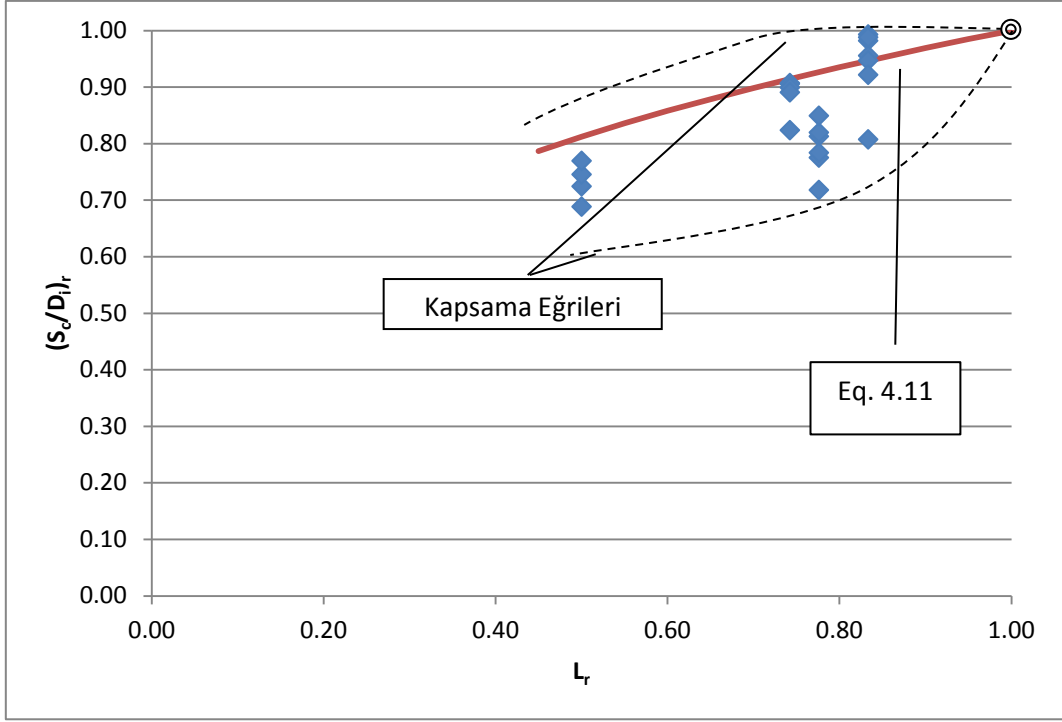
Örnek olarak; bir model çalışmasında L_r ' in değeri $\frac{1}{2}$ olarak seçilirse, Şekil 4.29' dan $(S_c/D_i)_r$ ' nin değeri yaklaşık olarak 0.70 bulunur. $(S_c/D_i)_p$ ' nin değerini bulmak için $(S_c/D_i)_m$, 1.43 düzeltme katsayısı ile çarpılmalıdır. Bu katsayı Eşitlik 4.11 kullanıldığı takdirde 1.23 olmaktadır.

Şekil 4.29' a benzer şekilde, Şekil 4.30 ve 4.31' de $(S_c/D_i)_r$ ' nin sırasıyla $(Re)_r$ ve $(We)_r$ ile değişimini göstermektedir. Bu şekillerdeki dataların genel trendinden, $(Re)_r$ ve $(We)_r$ arttıkça $(S_c/D_i)_r$ ' de artmakta ve $(Re)_r = 1.0$ ve $(We)_r = 1.0$ olduğu yerde 1.0 değerine yaklaşmaktadır.

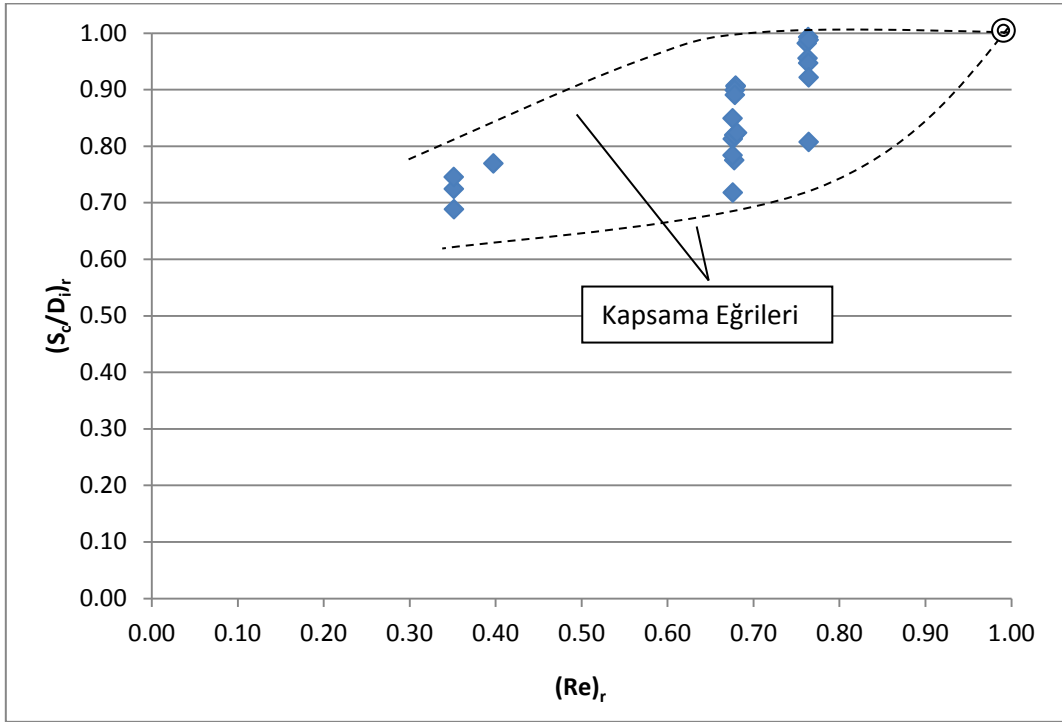
Sonuç olarak bütün bu şekillerin analizinden, model uzunluk ölçeği, L_r , küçüldükçe, $(S_c/D_i)_r$ üzerindeki ölçek etkisinin daha belirgin hale geldiği ifade edilebilir.



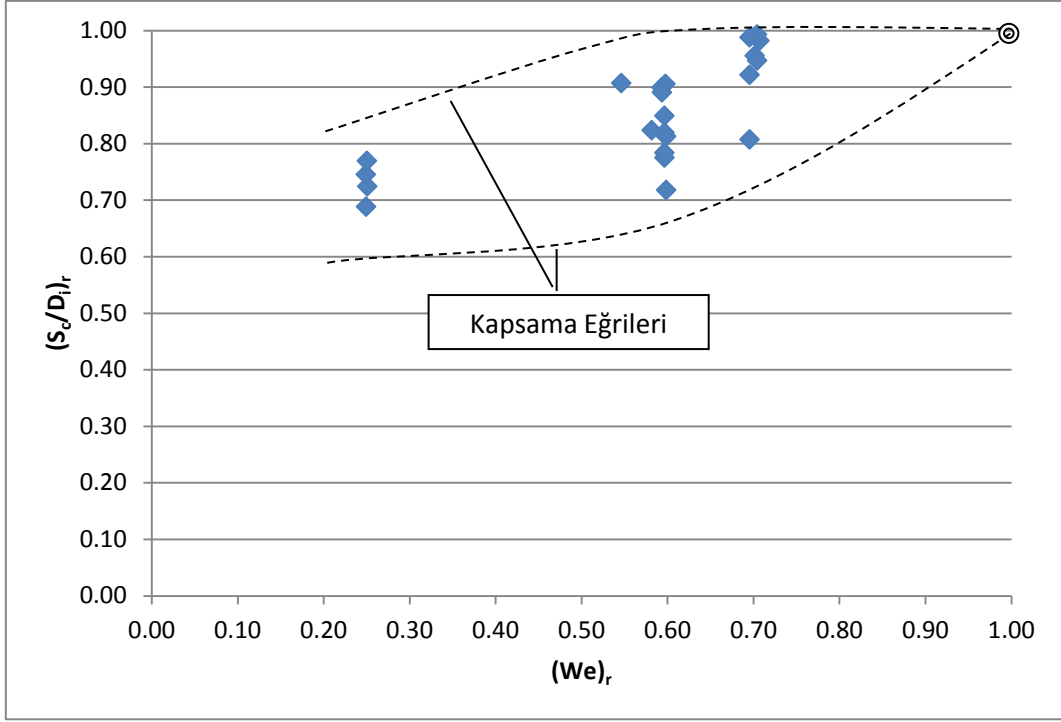
Şekil 4.28 $(S_c/D_i)_r$ ' nin Froude sayısı ile değişimi



Şekil 4.29 $(S_c/D_i)_r$ ' nin L_r ile değişimi



Şekil 4.30 $(S_c/D_i)_r$ ' nin $(Re)_r$ ile değişimi

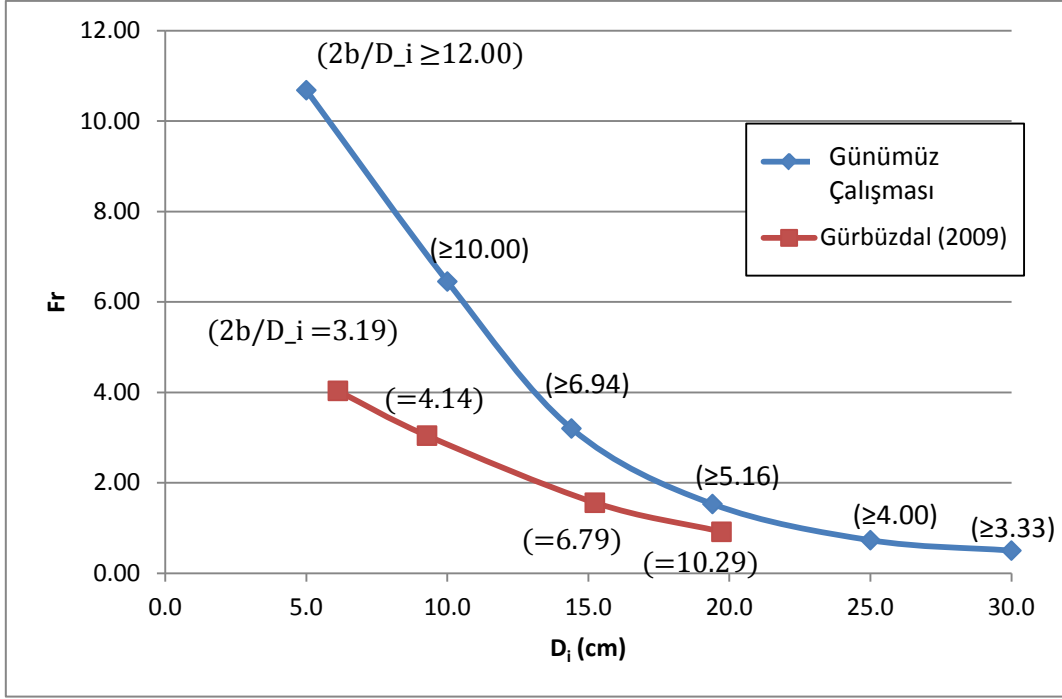


Şekil 4.31 $(S_c/D_i)_r$ 'nin $(We)_r$ ile değişimi

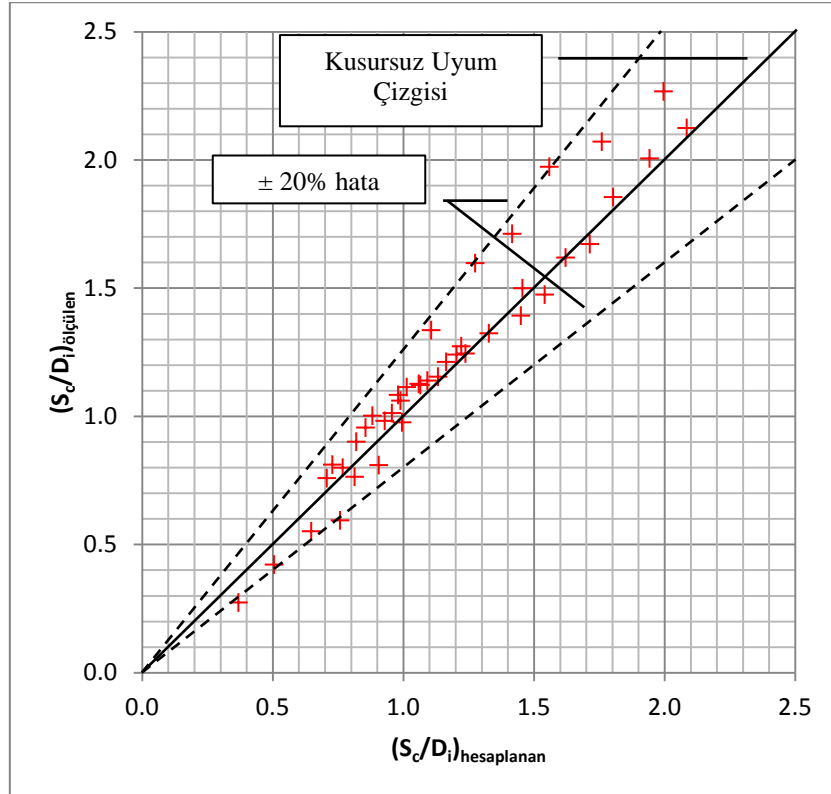
4.5 Önerilen Ampirik Eşitliklerin Literatürde Verilen İlişkiler ile Karşılaştırılması

4.5.1 Gürbüzdal'ın Çalışması (2009)

Literatür taramasında da belirtildiği üzere, Gürbüzdal dört farklı boru çapı kullanarak bu çalışmaya benzer bir çalışma yürütmüştür. Deneyler, sabit duvar aralığında ($2b = 63$ cm) ve değişik debilerde yapılmıştır. Şekil 4.19' da verilen verilerin üzerine Gürbüzdal'ın her bir boru ile yaptığı deneylerden elde edilen $2b/D_i$ ve maksimum Froude sayıları da işlenerek Şekil 4.32 oluşturulmuştur. Şekil 4.32' den, Gürbüzdal'ın deney sonuçlarının "ara seviye" olarak tanımlanan S_c/D_i değerlerinin $2b/D_i$, Fr , Re ve We 'ye bağlı olduğu bölgeye düştüğü görülmektedir. Eşitlik 4.4'ün ne kadar doğru sonuçlar verdiğini test etmek amacıyla, Gürbüzdal'ın deney sonuçları bu eşitliğe konulmuş ve Şekil 4.33 çizilmiştir. Bu şekilde, Gürbüzdal'ın deney sonuçlarından elde edilen $2b/D_i$, Fr , Re ve We parametreleri eşitliğe uygulanarak S_c/D_i değerleri hesaplanmış ve Gürbüzdal'ın deneyler sırasında ölçtüğü S_c/D_i değerleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.33 Gürbüzdal'ın datası ile eşitlikten gelen sonuçlar arasındaki uyumun iyi olduğunu göstermektedir. Şekilde gösterildiği gibi, hata payı $\pm 20\%$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.32 Günümüz ve Gürbüzdal (2009) çalışması için S_c/D_i 'nin $2b/D_i$ 'den bağımsız olduğu ve sadece Fr , Re ve We 'ye bağlı olduğu $2b/D_i$ 'nin limit değerleri grafiği

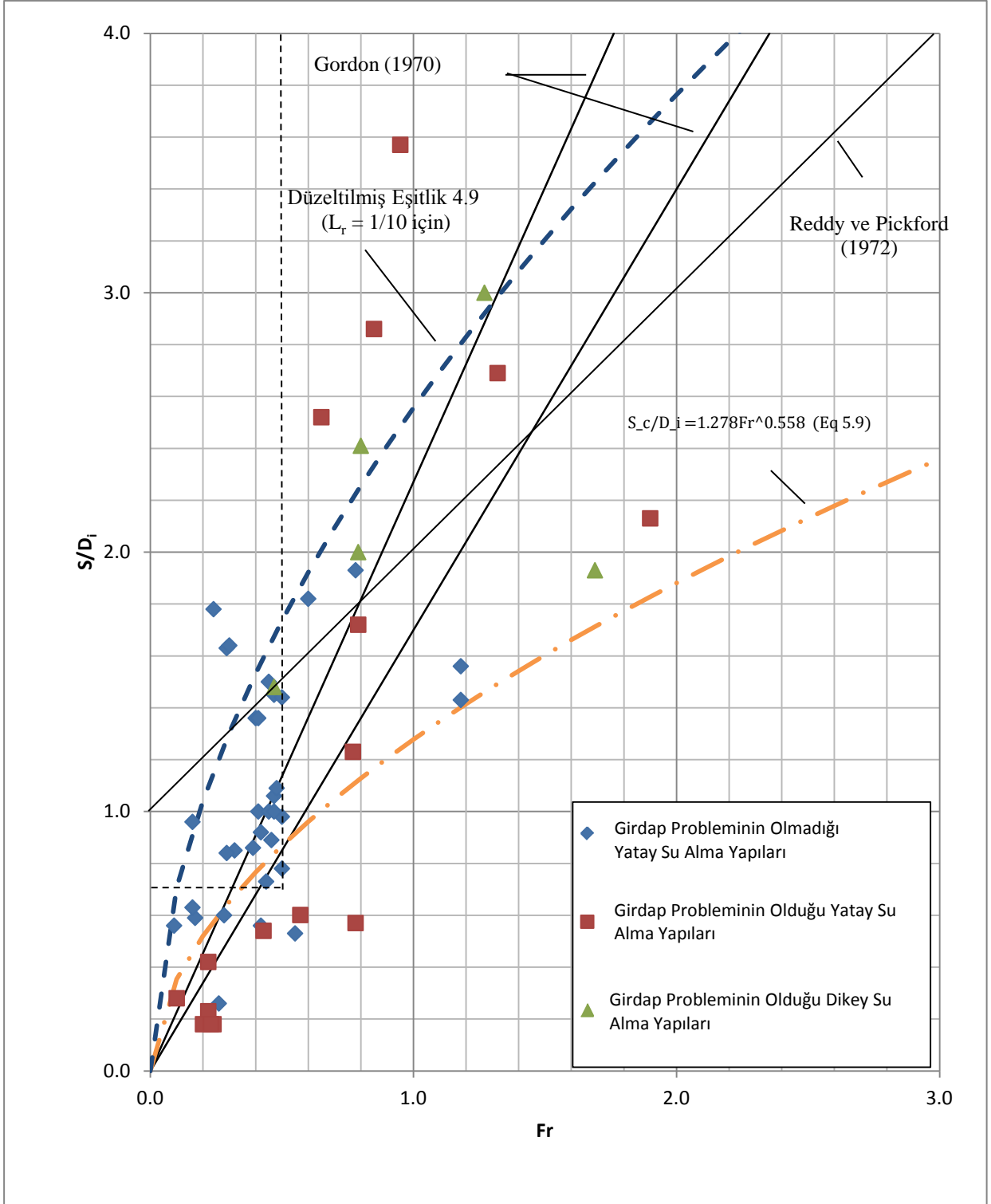


Şekil 4.33 Gürbüzdal'ın hesaplanan (Eşitlik 4.4 ile) ve ölçülen S_c/D_i değerlerinin karşılaştırılması

4.5.2 Gordon (1970), Reddy ve Pickford (1972) ve Rindels ve Gulliver (1983)' in Çalışmaları

Literatür taraması kısmında belirtildiği gibi, Rindels ve Gulliver (1983) var olan bütün kurulumların verilerini derlemişler ve bu derleme Şekil 1.1' de gösterilmiştir. Eşitlik 4.9' un geçerliliğini literatürdeki S_c/D_i değerleri ile karşılaştırmak için Eşitlik 4.9' un eğrisi Şekil 1.1 üzerine çizilerek Şekil 4.34 oluşturulmuştur. Eşitlik 4.9' a ait eğrinin diğer eğrilerin altında kaldığı görülmektedir. Eşitlik 4.9' un eğrisi ile Gordon' un ilişkisi arasındaki uyum Froude sayısının 0.6 olduğu yere kadar iyi gözükmemektedir. Ancak yüksek Froude değerleri için, Eşitlik 4.9 diğer eğrilerin verdiği değerlerin çok daha altında S_c/D_i değerleri vermektedir. Froude sayısının büyük değerleri, bu çalışmada, genel olarak küçük çaptaki borulardan elde edilmiştir. Bunun tersine, Şekil 4.34' deki veriler var olan kurulumlardan elde edilmiştir. Yani, deneylerde kullanılan küçük çaplı borulardan elde edilen veriler, model verilerinden direk prototiplere çevrilemeyecek küçük ölçekli modellerin verilerini temsil etmektedir. Re, We benzerliklerini ve muhtemelen duvar etkisini ihmal etmekten kaynaklanan ölçek etkileri, model ve prototip verilerinin arasındaki uyumun iyi olmamasının ana nedenleridir.

Kabaca tahmin etmek gerekirse, bu çalışmadaki model ile prototip arasındaki uzunluk ölçeği, L_r , 1/10 olduğu düşünüldüğünde, Eşitlik 4.11' den $(S_c/D_i)_r$ 0.5 hesaplanmaktadır. Bu durumda, $(S_c/D_i)_p = 2(S_c/D_i)_m$ olmaktadır. Başka bir deyişle, $L_r = 1/10$ olduğu durumda, Eşitlik 4.11' in geçerliliği düşünüldüğünde prototipin kritik batıklığı ona karşılık gelen modelinkinin iki katı olmalıdır. Bu bilgiler ışığında, Şekil 4.34' de verilen Eşitlik 4.9' a ait eğrinin S_c/D_i değerleri iki ile çarpılmış ve prototipin beklenen yeni değerleri olarak, sadece bu özel durum için, "Düzeltilmiş Eşitlik 4.9" olarak gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, "Düzeltilmiş Eşitlik 4.9" eğrisi girdap probleminin olduğu birçok verinin daha üzerinde bir seyir izlemektedir.



Şekil 4.34 Var olan su alma yapılarından, tertibatlardan ve model çalışmalarından elde edilen verilerin boyutsuz olarak çizimi (Rindels ve Gulliver, 1983) ile Gordon (1970), Reddy ve Pickford (1972), Eşitlik 4.9 ve $L_r = 1/10$ olduğu durumdaki Düzeltmiş Eşitlik 4.9 ilişkileri

4.6 Girdapların Engellenmesinde Yatay Plakaların Etkisi

Su alma yapısı önünde oluşan hava çeken girdapların önlenmesi amacıyla, daha önce de açıklandığı gibi değişik boyutlarda yatay plakalar deneyler esnasında test edilmiş, buna bağlı veriler ve gözlemler Ek B kısmında Tablo B.1 – B.62’ de verilmiştir. Bu tablolarda, çapı bilinen bir su alma yapısı için, yatay plakanın boyutları, L_p boyu ve W_p eni olmak üzere, oluşan girdapların oluştuğu bölgeler ve diğer bazı parametreler listelenmiştir. Bazı deneyler esnasında, “DV” kısaltması ile gösteril duble girdaplar gözlemlenmiş ancak bu girdapların oluşumunun sistematik olmadığı tespit edilmiştir. “Sonuçlar” başlığı altında bu plakaların performansları “B” ve “BZ” sembolleri ile değerlendirilmiştir. Burada, “B” ve “BZ” hava çeken girdapların önlenmesinde plakanın sırasıyla başarılı veya başarısız olduğunu gösteren sembollerdir. Bazı durumlarda plakalar girdapların önlenmesinde tamamen başarılı olurken bazı durumlarda sadece girdap kuvvetinin azalmasına ve tip 2 – 3 ile belirtilen sadece girdap kuyruğunun görülmesine yaramışlardır. Düşük seviyedeki girdap türleri de bu çalışmada başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Ek B’ de verilen her tabloda, bilinen bir Fr ve L_p/D_i için, D_i sabitken ve L_p 40 cm veya 50 cm iken, eni değişen 5 farklı plakanın deney sonuçları gösterilmiştir. Bu deneylerden tatmin edici bir sonuç veren ve en küçük eni sahip olan plakanın optimum değerlere sahip olduğu kabul edilmiş ve Tablo 4.6’ da listelenmiştir. Daha büyük enlerdeki plakalar da hava çeken girdapların oluşumunu engellemesi nedeniyle, Tablo 4.6’ da, “ W_p/D_i ” sembolü altında 7. sütunda verilen değerler W_p/D_i ’ nin limit değerleridir. Bu nedenle, Tablo B.1 – B.61’ in değerlendirilmesi, aynı Froude sayısı ve $L_p = 40$ cm ve 50 cm durumları olmak üzere iki set veri için yapılmış ve Tablo 4.6’ da listelenmiştir.

Her bir test edilen borudaki $2b/D_i$ ’ nin küçük değerlerinde, yapılan deneylerin çoğunda, yatay plakalar tatmin edici sonuçlar vermemiştir. Bunun nedeni ise ana olarak daha önce de bahsedildiği gibi girdap oluşumu üzerindeki sınır blokajıdır. Bundan dolayı, çapı verilen bir su alma yapısı için, $2b/D_i$ ’ nin küçük değerlerde olduğu veriler ihmal edilmiş ve “Bölüm 4.2” de anlatıldığı gibi S_c/D_i ’ nin ara seviyedeki değerlerini veren $2b/D_i$ ’ nin olduğu durumlar göz önünde bulundurulmuş ve bu durumlardaki deneysel sonuçlar Froude sayıları boyunca ve ona karşılık gelen $(L_p/D_i)_{1,2}$ ve S_c/D_i ile Tablo 4.7’ de verilmiştir (Tablo 4.7’ nin hazırlanmasında kullanılan veriler Tablo 4.6’ da daha koyu renkle gösterilmiştir). Tablo 4.7’ de, verilen bir D_i , $2b/D_i$ ve L_p/D_i için, $(W_p/D_i) \geq$ nin 2 veya 3 değeri vardır. Bu değerlerden en büyük olanı seçildiği takdirde, verilen bir D_i , $2b/D_i$ ve L_p/D_i için, bütün W_p/D_i ve L_p/D_i değerlerindeki girdap oluşumunu önleyeceğinden, bu plaka girdap önleyici aygıt olarak kullanılabilir. Tablo 4.7’ deki her iki L_p/D_i durumu için, bütün $2b/D_i$ değerlerine bu işlem uygulanarak Tablo 4.8 oluşturulmuştur. Bu tablodan, W_p/D_i için bir seçim daha yapılmış ve bu parametrenin en büyük değeri seçildiğinde verilen bir boru çapı için, bütün $2b/D_i$ değerlerinde işe yarayacağı kabul edilmiştir. Seçilen W_p/D_i ler Tablo 4.8’ de bu değerlere karşılık gelen L_p/W_p değerleri ile birlikte verilmiştir.

Şekil 4.35 ve 4.36, test edilen L_p/W_p değerleri için, W_p/D_i ’ nin Fr ile değişimini göstermektedir. Pratikte pek karşılaşılacak olan, en büyük Froude sayısına karşılık gelen W_p/D_i ’ 3 ve 4 olduğu durumlar dışında, test edilen Froude sayısı aralığı için, $W_p/D_i = 2$ ve $L_p/W_p = 2.5$ girdap önleyici aygıt olarak kullanılabilir.

Tablo 4.6 Tablo B.1 – B.62’ de sunulan verilerin özeti ve değerlendirilmesi

Gözlem No	D_i (cm)	$2b/D_i$	Fr	S_c/D_i	L_p/D_i	W_p/D_i	L_p/W_p	Tablo
1	25.0	2.40	0.814	0.792	1.60	1.00	1.60	B.1
2	25.0	2.40	0.814	0.792	2.00	None	-	
3	25.0	2.40	0.591	0.640	1.60	0.80	2.00	B.2
4	25.0	2.40	0.591	0.640	2.00	0.60	3.33	
5	25.0	2.40	0.394	0.436	1.60	0.60	2.67	B.3
6	25.0	2.40	0.394	0.436	2.00	0.60	3.33	
7	25.0	3.20	0.814	1.000	1.60	0.20	8.00	B.4
8	25.0	3.20	0.814	1.000	2.00	0.20	10.00	
9	25.0	3.20	0.660	0.892	1.60	0.20	8.00	B.5
10	25.0	3.20	0.660	0.892	2.00	0.20	10.00	
11	25.0	3.20	0.357	0.584	1.60	0.60	2.67	B.6
12	25.0	3.20	0.357	0.584	2.00	0.60	3.33	
13	25.0	4.00	0.814	1.192	1.60	0.20	8.00	B.7
14	25.0	4.00	0.814	1.192	2.00	0.20	10.00	
15	25.0	4.00	0.625	1.024	1.60	0.20	8.00	B.8
16	25.0	4.00	0.625	1.024	2.00	0.20	10.00	
17	25.0	4.00	0.473	0.772	1.60	0.60	2.67	B.9
18	25.0	4.00	0.473	0.772	2.00	0.80	2.50	
19	25.0	4.80	0.814	1.176	1.60	0.20	8.00	B.10
20	25.0	4.80	0.814	1.176	2.00	0.20	10.00	
21	25.0	4.80	0.625	0.824	1.60	0.80	2.00	B.11
22	25.0	4.80	0.625	0.824	2.00	0.80	2.50	
23	25.0	4.80	0.473	0.596	1.60	0.60	2.67	B.12
24	25.0	4.80	0.473	0.596	2.00	0.60	3.33	
25	25.0	5.60	0.814	1.172	1.60	0.20	8.00	B.13
26	25.0	5.60	0.814	1.172	2.00	0.20	10.00	
27	25.0	5.60	0.625	0.848	1.60	0.20	8.00	B.14
28	25.0	5.60	0.625	0.848	2.00	0.20	10.00	
29	25.0	5.60	0.473	0.656	1.60	0.80	2.00	B.15
30	25.0	5.60	0.473	0.656	2.00	0.80	2.50	
31	19.4	2.06	1.534	3.325	2.06	None	-	B.16
32	19.4	2.06	1.179	3.216	2.06	0.26	7.99	B.17
33	19.4	3.09	1.534	1.268	2.06	0.26	7.99	B.18
34	19.4	3.09	1.534	1.268	2.58	1.29	2.00	
35	19.4	3.09	1.179	1.093	2.06	0.26	7.99	B.19
36	19.4	3.09	1.179	1.093	2.58	0.26	9.99	
37	19.4	3.09	0.826	0.871	2.06	0.77	2.67	B.20
38	19.4	3.09	0.826	0.871	2.58	0.77	3.33	

Tablo 4.6 Devami

39	19.4	4.12	1.534	1.454	2.06	0.26	7.99	B.21
40	19.4	4.12	1.534	1.454	2.58	0.26	9.99	
41	19.4	4.12	1.179	1.155	2.06	1.03	2.00	B.22
42	19.4	4.12	1.179	1.155	2.58	0.26	9.99	
43	19.4	4.12	0.743	0.887	2.06	1.03	2.00	B.23
44	19.4	4.12	0.743	0.887	2.58	0.26	9.99	
45	19.4	5.16	1.534	1.732	2.06	0.26	7.99	B.24
46	19.4	5.16	1.534	1.732	2.58	0.26	9.99	
47	19.4	5.16	1.179	1.366	2.06	0.26	7.99	B.25
48	19.4	5.16	1.179	1.366	2.58	0.26	9.99	
49	19.4	5.16	0.826	0.959	2.06	1.03	2.00	B.26
50	19.4	5.16	0.826	0.959	2.58	1.03	2.50	
51	19.4	6.19	1.534	1.696	2.06	0.26	7.99	B.27
52	19.4	6.19	1.534	1.696	2.58	0.26	9.99	
53	19.4	6.19	1.179	1.222	2.06	0.52	4.00	B.28
54	19.4	6.19	1.179	1.222	2.58	0.26	9.99	
55	19.4	6.19	0.826	1.026	2.06	0.77	2.67	B.29
56	19.4	6.19	0.826	1.026	2.58	1.03	2.50	
57	19.4	7.22	1.534	1.716	2.06	0.26	7.99	B.30
58	19.4	7.22	1.534	1.716	2.58	0.26	9.99	
59	19.4	7.22	1.179	1.294	2.06	0.26	7.99	B.31
60	19.4	7.22	1.179	1.294	2.58	0.26	9.99	
61	19.4	7.22	0.892	1.021	2.06	0.77	2.67	B.32
62	19.4	7.22	0.892	1.021	2.58	1.03	2.50	
63	14.4	2.78	3.231	5.243	2.78	None	-	B.33
64	14.4	4.17	3.231	1.757	2.78	0.69	4.00	B.34
65	14.4	4.17	3.231	1.757	3.47	0.69	5.03	
66	14.4	4.17	2.483	1.465	2.78	1.39	2.00	B.35
67	14.4	4.17	2.483	1.465	3.47	0.35	10.01	
68	14.4	4.17	1.740	1.264	2.78	1.04	2.67	B.36
69	14.4	4.17	1.740	1.264	3.47	1.39	2.50	
70	14.4	5.56	3.231	2.146	2.78	0.69	4.00	B.37
71	14.4	5.56	3.231	2.146	3.47	0.35	10.01	
72	14.4	5.56	2.483	1.667	2.78	1.39	2.00	B.38
73	14.4	5.56	2.483	1.667	3.47	0.35	10.01	
74	14.4	5.56	1.740	1.472	2.78	1.04	2.67	B.39
75	14.4	5.56	1.740	1.472	3.47	1.39	2.50	
76	14.4	6.94	3.231	2.444	2.78	0.35	8.01	B.40
77	14.4	6.94	3.231	2.444	3.47	0.35	10.01	

Tablo 4.6 Devami

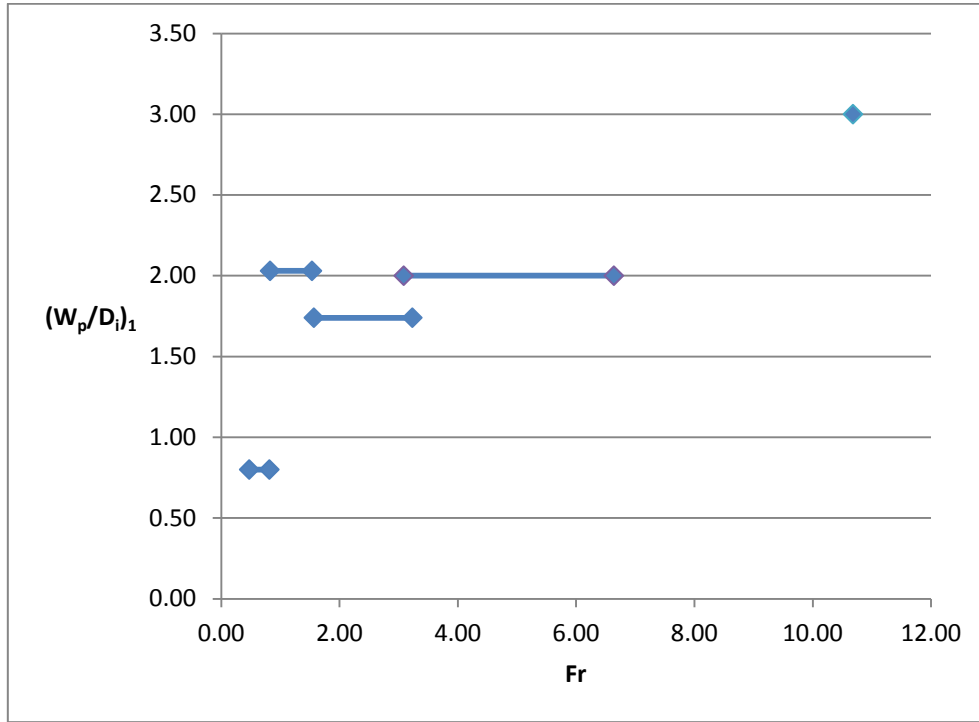
78	14.4	6.94	2.483	1.924	2.78	0.35	8.01	B.41
79	14.4	6.94	2.483	1.924	3.47	0.35	10.01	
80	14.4	6.94	1.566	1.250	2.78	1.39	2.00	B.42
81	14.4	6.94	1.566	1.250	3.47	1.39	2.50	
82	14.4	8.33	3.231	2.424	2.78	0.69	4.00	B.43
83	14.4	8.33	3.231	2.424	3.47	0.35	10.01	
84	14.4	8.33	2.483	2.007	2.78	0.35	8.01	B.44
85	14.4	8.33	2.483	2.007	3.47	0.35	10.01	
86	14.4	8.33	1.566	1.354	2.78	1.39	2.00	B.45
87	14.4	8.33	1.566	1.354	3.47	1.04	3.33	
88	14.4	9.72	3.231	2.583	2.78	1.74	1.60	B.46
89	14.4	9.72	3.231	2.583	3.47	1.04	3.33	
90	14.4	9.72	2.483	1.771	2.78	0.69	4.00	B.47
91	14.4	9.72	2.483	1.771	3.47	0.35	10.01	
92	10.0	4.00	6.638	6.650	4.00	None	-	B.48
93	10.0	6.00	6.638	2.680	4.00	0.50	8.00	B.49
94	10.0	6.00	6.638	2.680	5.00	0.50	10.00	
95	10.0	6.00	4.986	2.440	4.00	0.50	8.00	B.50
96	10.0	6.00	4.986	2.440	5.00	0.50	10.00	
97	10.0	6.00	3.085	2.010	4.00	2.00	2.00	B.51
98	10.0	6.00	3.085	2.010	5.00	1.50	3.33	
99	10.0	8.00	6.638	3.230	4.00	0.50	8.00	B.52
100	10.0	8.00	6.638	3.230	5.00	0.50	10.00	
101	10.0	8.00	4.986	2.820	4.00	1.50	2.67	B.53
102	10.0	8.00	4.986	2.820	5.00	0.50	10.00	
103	10.0	0.80	3.085	2.170	4.00	0.50	8.00	B.54
104	10.0	0.80	3.085	2.170	5.00	2.00	2.50	
105	10.0	1.00	6.638	3.870	4.00	1.00	4.00	B.55
106	10.0	1.00	6.638	3.870	5.00	1.00	5.00	
107	10.0	1.00	4.986	3.090	4.00	1.50	2.67	B.56
108	10.0	1.00	4.986	3.090	5.00	1.50	3.33	
109	10.0	1.00	3.085	2.250	4.00	2.00	2.00	B.57
110	10.0	1.00	3.085	2.250	5.00	2.00	2.50	
111	10.0	1.20	6.638	3.920	4.00	1.00	4.00	B.58
112	10.0	1.20	6.638	3.920	5.00	1.00	5.00	
113	10.0	1.20	4.986	2.650	4.00	1.50	2.67	B.59
114	10.0	1.20	4.986	2.650	5.00	1.50	3.33	
115	5.0	8.00	10.680	3.620	8.00	3.00	2.67	B.60
116	5.0	12.00	10.680	4.360	8.00	3.00	2.67	B.61
117	5.0	12.00	10.680	4.360	10.00	4.00	2.50	
118	5.0	16.00	10.680	4.420	8.00	3.00	2.67	B.62
119	5.0	16.00	10.680	4.420	10.00	3.00	3.33	

Tablo 4.7 S_c/D_i ' nin ara seviyedeki değerleri için Tablo 5.6' nın değerlendirilmesi

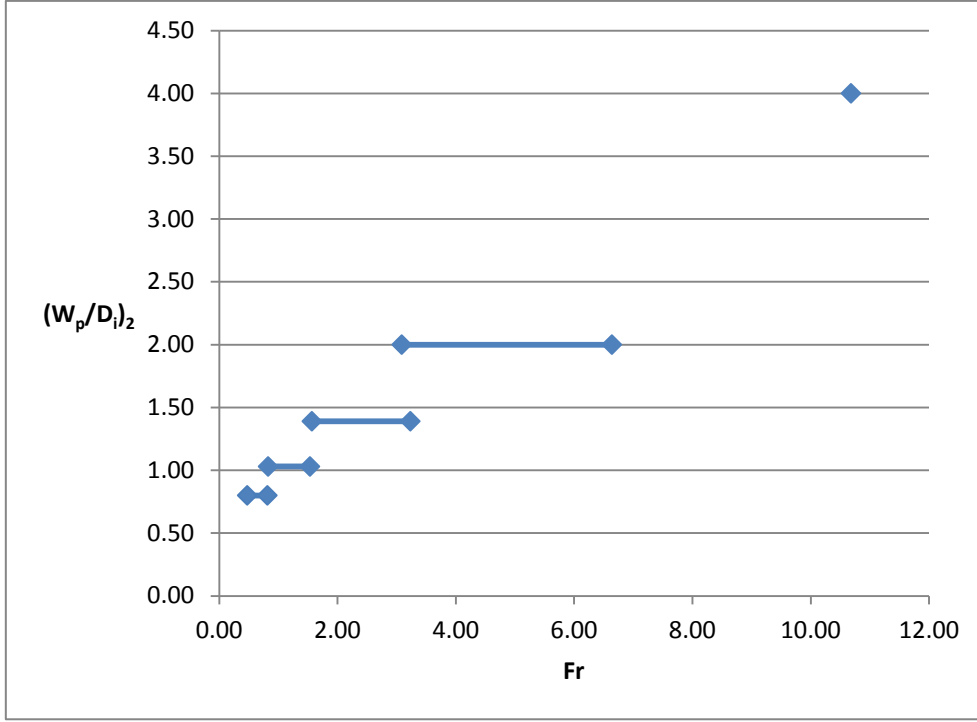
D_i (cm)	$2b/D_i$	Fr	S_c/D_i	$(L_p/D_i)_1$	$(W_p/D_i)_1 \geq$	$(L_p/D_i)_2$	$(W_p/D_i)_2 \geq$
25.0	4.00	0.814	1.192	1.60	0.200	2.00	0.200
		0.625	1.024		0.200		0.200
		0.473	0.772		0.600		0.800
	4.80	0.814	1.176	1.60	0.200	2.00	0.200
		0.625	0.824		0.800		0.800
		0.473	0.596		0.600		0.600
	5.60	0.814	1.172	1.60	0.200	2.00	0.200
		0.625	0.848		0.200		0.200
		0.473	0.656		0.800		0.800
19.4	5.16	1.534	1.732	2.06	0.258	2.58	0.258
		1.179	1.366		0.258		0.258
		0.826	0.959		1.031		1.031
	6.19	1.534	1.696	2.06	0.258	2.58	0.258
		1.179	1.222		0.515		0.258
		0.826	1.026		0.773		1.031
	7.22	1.534	1.716	2.06	0.258	2.58	0.258
		1.179	1.294		0.258		0.258
		0.892	1.021		0.773		1.031
14.4	6.94	3.231	2.444	2.78	0.347	3.47	0.347
		2.483	1.924		0.347		0.347
		1.566	1.250		1.389		1.389
	8.33	3.231	2.424	2.78	0.694	3.47	0.347
		2.483	2.007		0.470		0.347
		1.566	1.354		1.389		1.042
	9.72	3.231	2.583	2.78	1.736	3.47	1.042
		2.483	1.771		0.694		0.347
	10.0	10.00	6.638	3.870	4.00	1.000	5.00
4.986			3.090	1.500		1.500	
3.085			2.250	2.000		2.000	
12.00		6.638	3.920	4.00	1.000	5.00	1.000
		4.986	2.650		1.500		1.500
5.0		12.00	10.680	4.360	8.00	3.000	10.00
	16.00	10.680	4.420	8.00	3.000	10.00	3.000

Tablo 4.8 Girdap önleyici aygıt olarak seçilen en etkili plakaların verileri

D _i (cm)	2b/D _i	≤ Fr ≤	(L _p /D _i) ₁	(W _p /D _i) ₁ ≥	Seçilen		(L _p /D _i) ₂	(W _p /D _i) ₂ ≥	Seçilen	
					(W _p /D _i) ₁	(L _p /W _p) ₁			(W _p /D _i) ₂	(L _p /W _p) ₂
25	4.00	0.473 - 0.814	1.60	0.600	0.80	2.00	2.00	0.800	0.80	2.50
	4.80			0.800				0.800		
	5.60			0.800				0.800		
19.4	5.16	0.826 - 1.534	2.06	1.031	2.03	2.00	2.58	1.031	1.03	2.50
	6.19			0.773				1.031		
	7.22			0.773				1.031		
14.4	6.94	1.566 - 3.231	2.78	1.389	1.74	2.00	3.47	1.389	1.39	2.50
	8.33			1.389				1.042		
	9.72			1.736				1.042		
10	10.00	3.085 - 6.638	4.00	2.000	2.00	4.00	5.00	2.000	2.00	2.50
	12.00			1.500				1.500		
5	12.00	10.68	8.00	3.000	3.00	8.00	10.00	4.000	4.00	2.50
	16.00			3.000				3.000		



Şekil 4.35 (W_p/D_i)₁' nin 2.00 ≤ L_p/W_p ≤ 8.00 için Froude sayısı ile değişimi



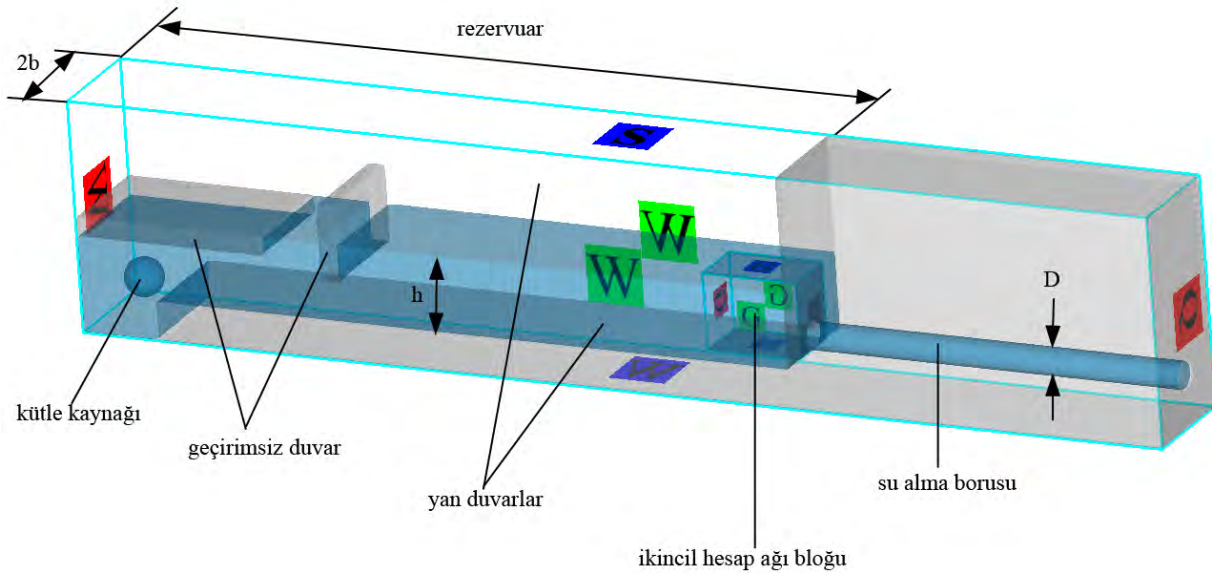
Şekil 4.36 $(W_p/D_i)_2$ ' nin $L_p/W_p = 2.5$ için Froude sayısı ile değişimi

4.7 Sayısal Benzetim

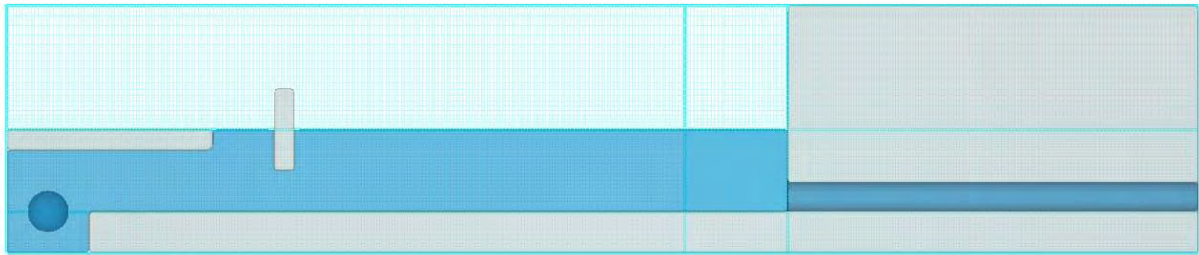
4.7.1 Sayısal Model ve Hesap Ağı

Tekil su alma yapısı etrafında oluşan akımı incelemek ve deneylerde gözlemlenen girdap oluşumunun üç boyutlu sayısal benzetimle de elde edilip edilemeyeceğini araştırmak için Flow-3D yazılımıyla bazı deney konfigürasyonlarının sayısal benzetimi yapılmıştır. Bu amaçla ilk olarak deney düzeneğinin sayısal modeli oluşturulmuştur. Bu model oluşturulurken deney düzeneğinde kullanılan boyutlar, debiler ve su yükseklikleri aynen korunmuştur. Deney düzeneğinden farklı olarak ise sayısal modeldeki hazne boyu biraz daha uzun tutulmuştur (Şekil 4.37). Bunun sebebi sayısal modelde yüzeyde oluşan dalgalanmayı en aza indirmek ve deney koşullarıyla özdeş bir ortam oluşturmaktır. Modelin boru çıkışında sistemden çekilecek olan debi miktarı tanımlanmıştır. Sayısal modelde su girişi küresel bir kütle kaynağı ile sağlanmış ve tıpkı deney düzeneğindeki gibi su alma yapısından en uzak noktaya konuşlandırılmış ve buradan sisteme borudan çekilen debiye eşit değerde debi girişi sağlanmıştır. Rezervuara yüksek hız ile giren akımın, su serbest yüzeyinde çalkantıya sebep olmasını engellemek için sayısal modelde tıpkı deney düzeneğinde beton duvar ve tuğlalarla sağlanana benzer bir enerji kırıcı düzenek, yüzer bir duvar ve su girişinin hemen üzerine yerleştirilen bir geçirimsiz duvar ile tesis edilmiştir. Bu şekilde sistemden istenilen debi çekilmiş ve durgun bir rezervuar yüzeyi oluşturulmuştur. Sayısal modelde kullanılacak olan su derinliği ise, çözüm başlamadan önce haznenin hangi seviyeye kadar su ile doldurulacağı tanımlanarak belirlenmiştir. Girdapların oluşması beklenen rezervuarın boru girişine yakın kısmında, birincil hesap ağı bloğunun içine daha rafine ikincil bir hesap ağı bloğu daha

yerleştirilmiştir. Bunun sebebi girdabın oluşacağı bölgede daha yoğun bir hesap ağı çözünürlüğü elde ederek oluşacak olan girdabı daha iyi bir şekilde çözümlemektir. Model ölçeğinde yapılan benzetimler için oluşturulan hesap ağlarının boyutları yaklaşık olarak 1 milyon, prototip ölçeğinde yapılan benzetimlerde kullanılan hesap ağı boyutları ise yaklaşık olarak 3 milyondur (Şekil 4.38). Model ölçeğinde yapılan benzetimler yaklaşık olarak 50 sn kadar koşulmuş ve her bir benzetim 30-40 saatte tamamlanmıştır. Prototip ölçeğinde yapılan benzetimlerden her biri ise Froude benzeşimi göz önüne alınarak 200 sn kadar koşulmuş ve tamamlanması ise yaklaşık olarak 250 saat sürmüştür. Benzetimler yüksek su seviyelerinden başlatılarak 5cm'lik aralıklarla düşürülmüş (model ölçeği) ve hava emen girdabın olduğu ilk derinlik bu şekilde tespit edilmiştir. Model ölçeğinde yapılan benzetimlerde 0.144 m'lik boru çapı ve 66.3 lt/s'lik debi seçilmiştir. Prototip benzetimlerindeki boyutlar ve debiler ise model ölçeği 1/20 kabul edilerek Froude benzeşimine göre bulunmuştur. Proje kapsamında yapılan benzetimlerin tamamı Tablo 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.37 Sayısal Model



Şekil 4.38 Hesap ağı düşey kesit görünümü

Burada belirtilmesi gereken önemli bir husus, bu çalışma kapsamında Tablo 4.9'da verilenlerden çok daha fazla sayıda benzetimin yapıldığıdır. Yukarıda açıklandığı üzere her bir farklı konfigürasyon için benzetimler su seviyesi yavaş yavaş azaltılarak, havalı girdabın olduğu ilk nokta tespit edilmiştir. Bu tabloda verilen benzetim listesi sadece havalı girdabın olduğu ilk durumları özetlemektedir. Ayrıca bazı durumlarda, havalı girdabı daha iyi çözünürlükte elde edebilmek adına hesap ağı rafine edilmiş ve benzetimler tekrarlanmıştır. Her bir benzetimin 30-250 saatte tamamlandığı düşünüldüğünde iş programında sayısal modelleme için ayrılan 4 aylık süre zarfında oldukça yoğun bir çalışma yapıldığı anlaşılabilir.

Tablo 4.9 Yapılan Benzetimlerin Listesi

Benzetim #	Tanım	D (m)	Q (m ³ /s)	h (m)	Sc (m)	b (m)
1	Model-1	0.144	0.06255	0.397	0.253	0.30
2	vorteks önleyici plakalı model-1 (50cmx10cm)	0.144	0.06255	0.397	-	0.30
3	vorteks önleyici plakalı model-1 (50cmx20cm)	0.144	0.06255	0.397	-	0.30
4	Model-1'in prototipi (ölçek 1/20)	2.88	111.89620	7.940	5.060	6.00
5	Model-1'in prototipi (yüksek su derinliğinde) (ölçek 1/20)	2.88	111.89620	8.940	6.060	6.00
6	Model-2	0.144	0.06255	0.350	0.206	0.50
7	Model-3	0.144	0.06255	0.350	0.206	0.20

4.7.2 Benzetim Sonuçları

Model benzetimlerinin tamamı 0.144 metrelik boru çapı ve 0.06255 m³/s'lik debisinde farklı yan duvar mesafeleri için yapılmıştır. Benzetimler yüksek su derinliklerinden başlatılarak beşer santimetre azaltılmış ve havalı girdabın olduğu ilk derinlik raporlanmıştır. Yan duvar mesafesi b=0.30 m olan Model-1 benzetiminde havalı girdap oluşumu 0.253 metrelik kritik batıklık derinliğinde elde edilmiştir (Şekil 4.39). Bu değer deneyde elde edilen kritik batıklık derinliği ile aynıdır. Şekil 4.39'da üç boyutlu olarak çizilen akım çizgileri de girdabın su alma borusuna doğru emiş yaptığını göstermektedir. Su serbest yüzeyi hizasında, orta su derinliğinde ve boru merkezi hizasında yatay düzlemler üzerinde ve boru merkezi hizasındaki düşey bir düzlem üzerindeki düşey vortisite dağılımı ve hız vektörleri Şekil 4.40'ta

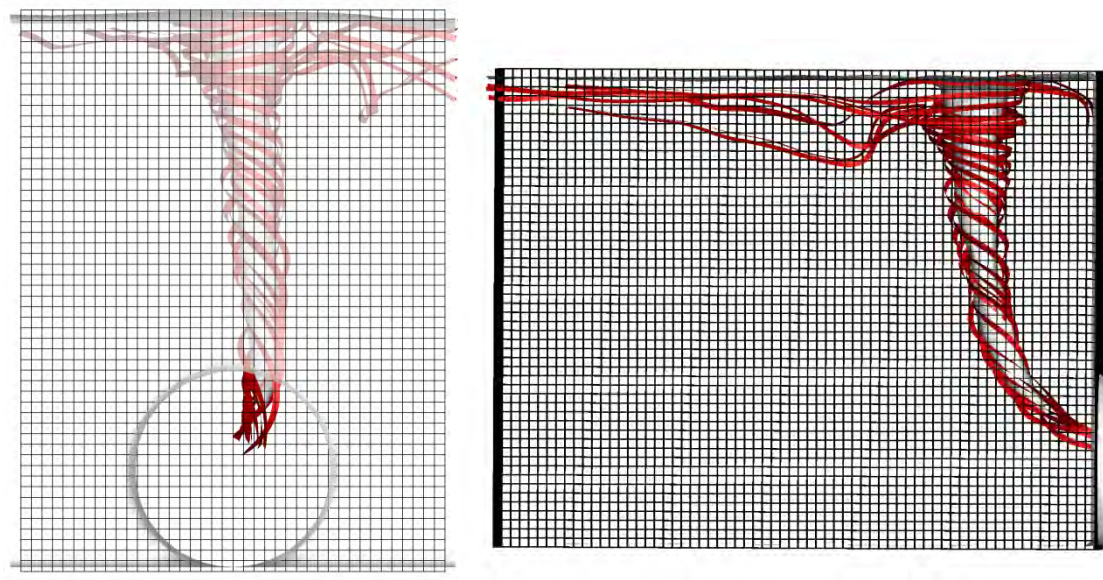
gösterilmiştir. Bu Şekilde beyaz okla gösterilen referans vektörü 1m/s'lik hızı temsil etmektedir. Şekilde hız vektörlerinin sıklığında görülen değişim bu bölgede kullanılan ikincil hesap ağı bloğu sebebiyledir. Şekilde havalı girdabın eksenini boyunca, su serbest yüzeyine yakın ve orta derinlikte düşey vortisite değerlerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.40a ve b'de siyah ok ile gösterilen bölge). Havalı girdabı boylu boyunca kesen boru merkezinden alınan düşey kesit boyunca da görülmektedir ki vortisite değerleri su serbest yüzeyinden boru girişine kadar önemli ölçüde artmaktadır (Şekil 4.40c).

Model-1 benzetimi 50cm x 10cm ve 50cm x 20cm'lik girdap önleyici plakalarla tekrarlanmıştır. Deney sonuçları ile paralel olarak her iki plakalı benzetimde de havalı girdap oluşumunun engellendiği gözlemlenmiştir. Her iki durum için de oluşan en güçlü girdaplar 3. derecedir ve Şekiller 4.41 ve 4.42'de gösterilmiştir. 20 cm genişliğindeki plakalı durumda oluşan girdap 10 cm genişliğindeki plakalı benzetimdekine göre daha kısadır. Ayrıca 20 santimetrelilik plaka kullanıldığında oluşan girdabın merkezden oldukça kaçık bir konumda ve yan duvara yakın bir yerde oluştuğu görülmektedir.

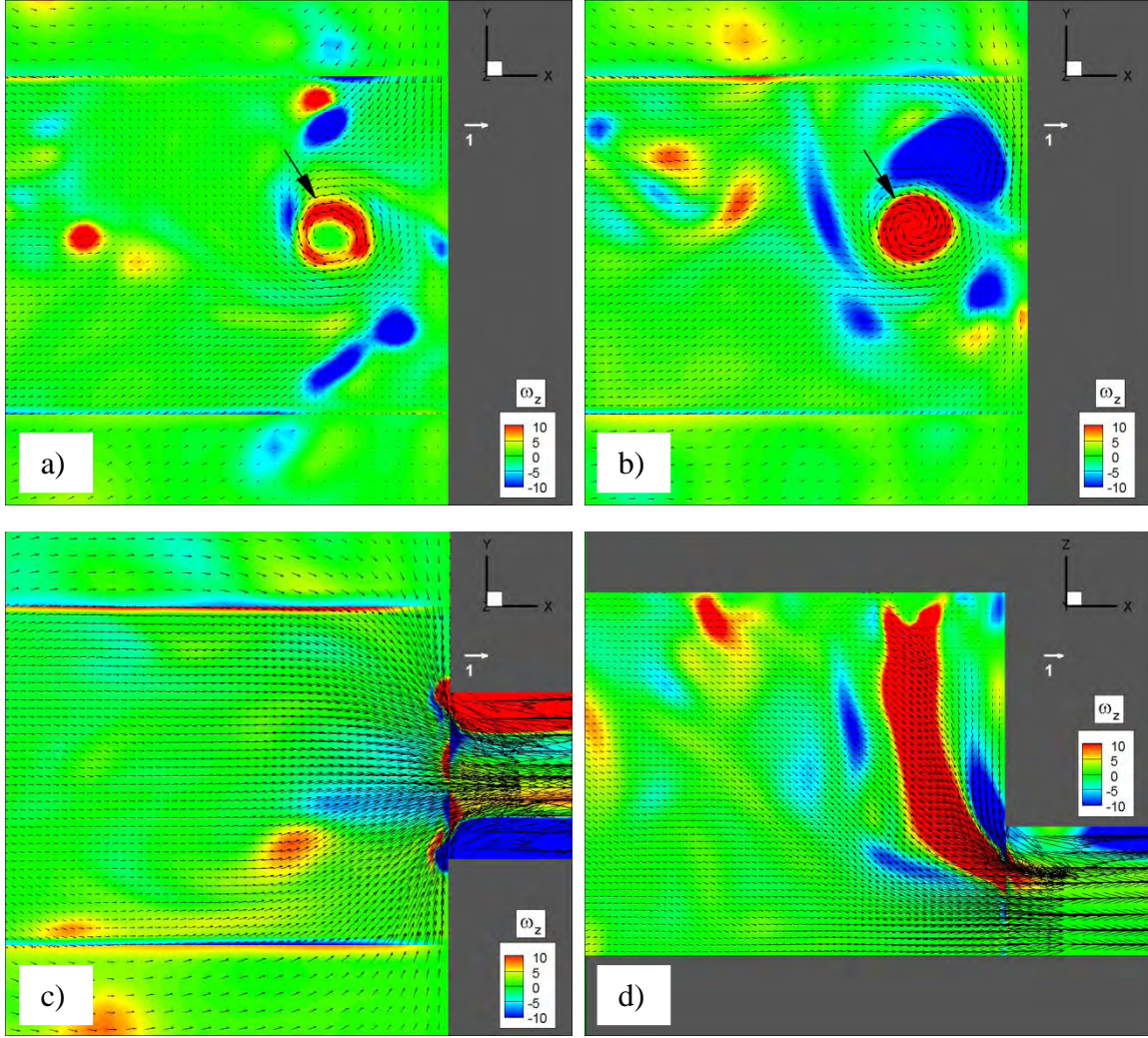
Model-1, 1/20 ölçekte yapılmış olan bir model olarak kabul edilerek bu modelin prototip benzetimi yapılmıştır. Prototip benzetimi için kullanılacak olan boyutlar ve debi, Froude benzeşimi kullanılarak Tablo 4.9'da gösterildiği şekilde elde edilmiştir. Prototip benzetiminde su yüzeyinde yoğun bir dalgalanma ile birlikte giriş borusu içerisine hava çeken bir girdabın oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.43). Deney sonuçlarından elde edilen bilgi prototip değerlerine geçildiğinde, havalı girdabın model ölçeğindeki göre daha yüksek su seviyelerinde oluştuğu şeklindedir. Bu bilginin benzetim sonuçları ile de desteklenip desteklenmediğini görmek için aynı prototip benzetimi su derinliği 1m kadar yükseltilecek şekilde tekrar yapılmıştır. Yüksek su derinliği ile yapılan prototip benzetiminde de su yüzeyinde yoğun çalkantı gözlemlenmiş; aynı zamanda hava emen girdap oluşumu da tespit edilmiştir (Şekil 4.44). Böylelikle deney sonuçlarından elde edilen ölçek etkisinin varlığı benzetim sonuçları ile de doğrulanmıştır.

Model-1'de kullanılan boru çapı ve debisi sabit tutularak duvar ara mesafeleri deneydeki ile aynı değerlerde değiştirilerek iki farklı benzetim daha yapılmıştır. Bu benzetimlerin ilkinde (Model-2) yan duvar mesafesi $b=50$ cm olarak seçilmiştir. Model-2 benzetiminde havalı girdap oluşumu 0.206 metrelik kritik batıklık derinliğinde elde edilmiştir (Şekil 4.45). Bu değer deneyde elde edilen kritik batıklık derinliği olan 0.352 metrenin oldukça altındadır. Model-2 için su serbest yüzeyi hizasında, orta su derinliğinde ve boru merkezi hizasında yatay düzlemler üzerinde ve boru merkezi hizasındaki düşey bir düzlem üzerindeki düşey vortisite dağılımı ve hız vektörleri Şekil 4.46'da gösterilmiştir. Su serbest yüzeyi ve orta derinlikte hava emen girdapla ilgili olan vortisite parçacığı siyah ok ile gösterilmiştir (Şekil 4.46a ve 4.46b). Düşey kesitte boru merkezinden alınan kesit hava emen girdabı kesmediği için bu kesitte (Şekil 4.46d) hava emen girdabın yarattığı etki görülmemektedir. Rezervuar yan duvar mesafesi $b=20$ cm alınarak yapılan benzetimde (Model-3) ise havalı girdap oluşumu deneylerde gözlemlenen kritik batıklık derinliği değeri olan 0.755 metrenin oldukça altında, Model-2 ile aynı değer olan 0.206 metrelik derinlikte elde edilmiştir. Model-3 için su serbest yüzeyi hizasında, orta su derinliğinde ve boru merkezi hizasında yatay düzlemler üzerinde ve

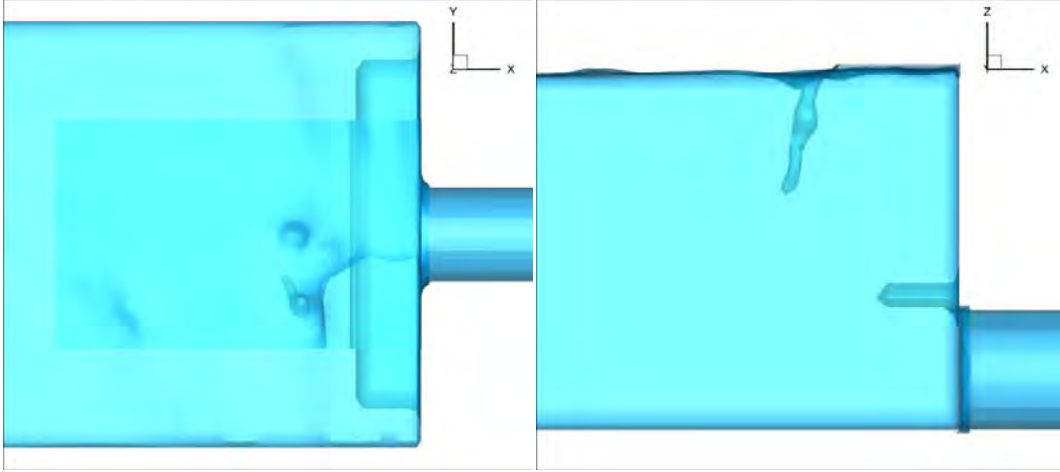
boru merkezi hizasındaki düşey bir düzlem üzerindeki düşey vortisite dağılımı ve hız vektörleri Şekil 4.48'de gösterilmiştir. Model-1 ve Model-2'den farklı olarak Model-3'te rezervuar genişliği boyunca farklı derinliklerde çeşitli vortisite parçacıkları görülmektedir. Bunun sebebi rezervuar genişliğinin çok daralmış olması ve yan duvarlardan oldukça fazla etkilenmesidir. Şekilde su serbest yüzeyi ve orta derinlikte hava emen girdapla ilgili olan vortisite parçacığı siyah ok ile gösterilmiştir (Şekil 4.48a ve 4.48b). Genel olarak Model-2 ve Model-3 benzetimlerinde deneylerde elde edilen kritik batıklık derinliğinden daha küçük değerler gözlemlenmiştir. Bunun en önemli sebebinin benzetim süresinin kısalığı olduğu düşünülmektedir. Şöyle ki deneylerde vorteks oluşumu için beklenen süre 10 dakika ile 1-2 saat arasında değişirken benzetimler model ölçeğinde sadece 50 saniye kadar koşulmuştur. Tahmin edilebileceği gibi kısa benzetim sürelerinin seçilmesinin en önemli sebebi benzetimlerin çok fazla zaman almasıdır. Farklılığın diğer bir sebebi ise deney ve benzetimlerde girdap oluşumunu tetikleyecek mekanizmanın farklı olması olasılığıdır.



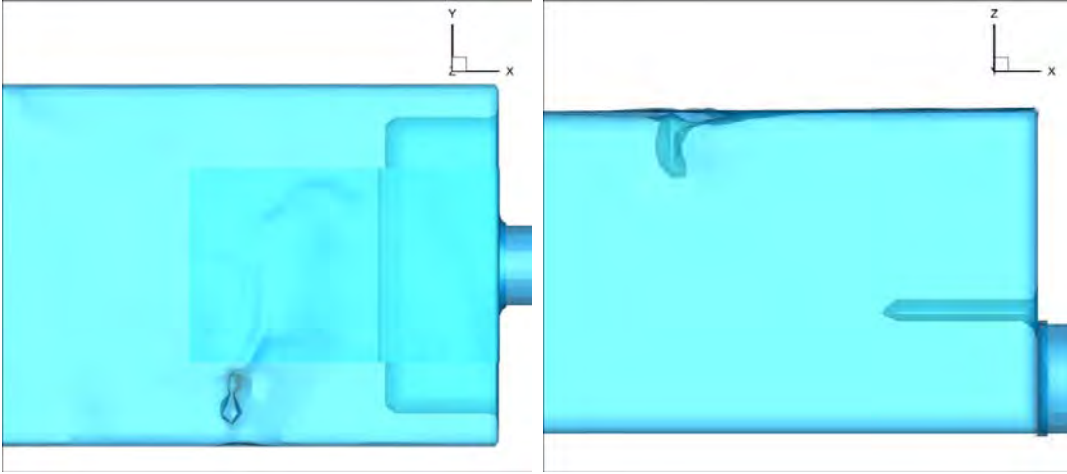
Şekil 4.39 Model-1'de oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir)



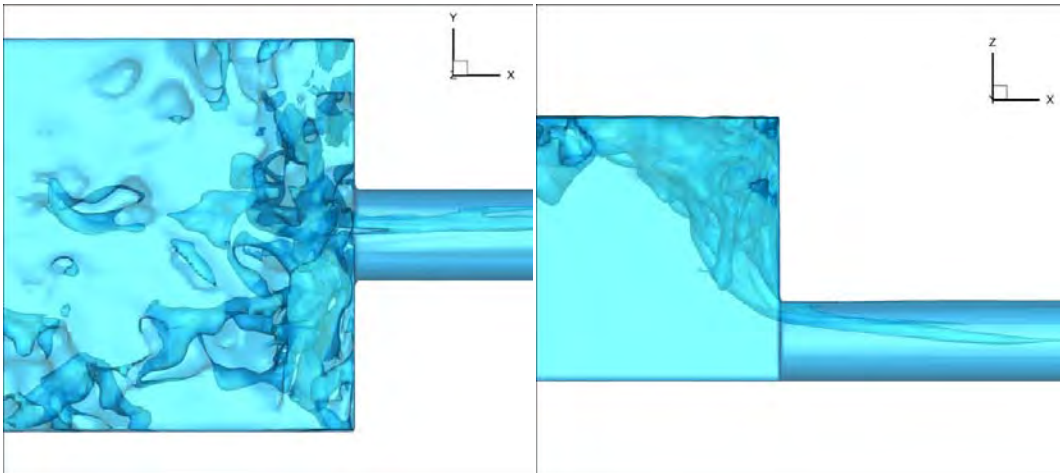
Şekil 4.40 Model-1'de havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hızındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde



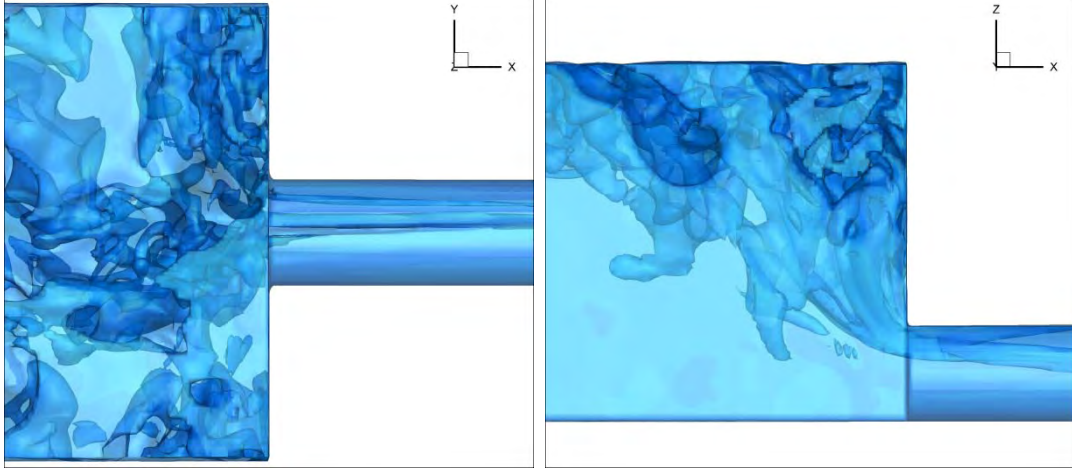
Şekil 4.41 Model-1 50cm x 10cm girdap önleyici plakalı benzetimde gözlemlenen en büyük girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü



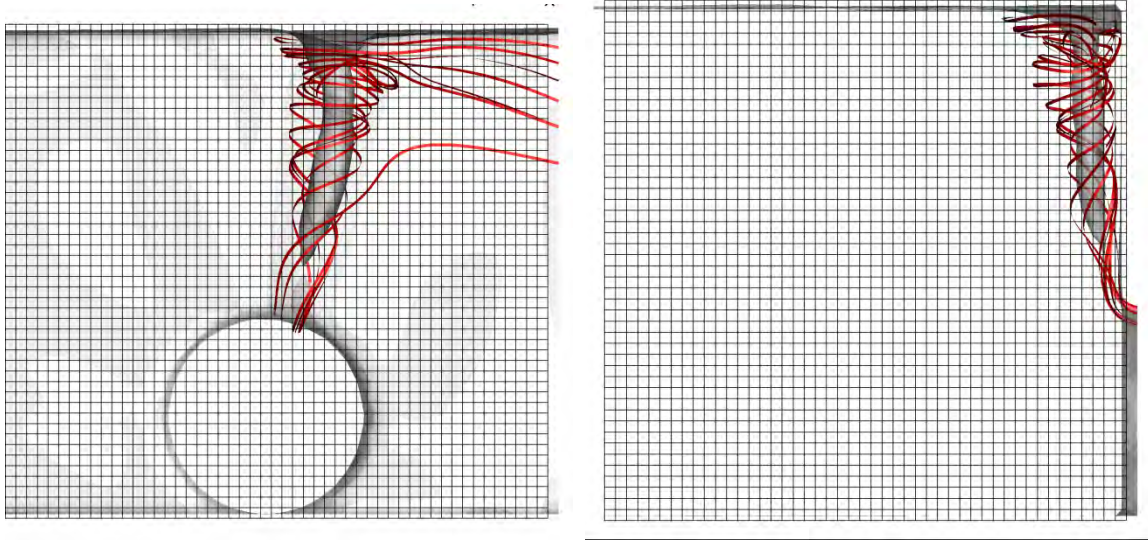
Şekil 4.42 Model-1 50cm x 20cm girdap önleyici plakalı benzetimde gözlemlenen en büyük girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü



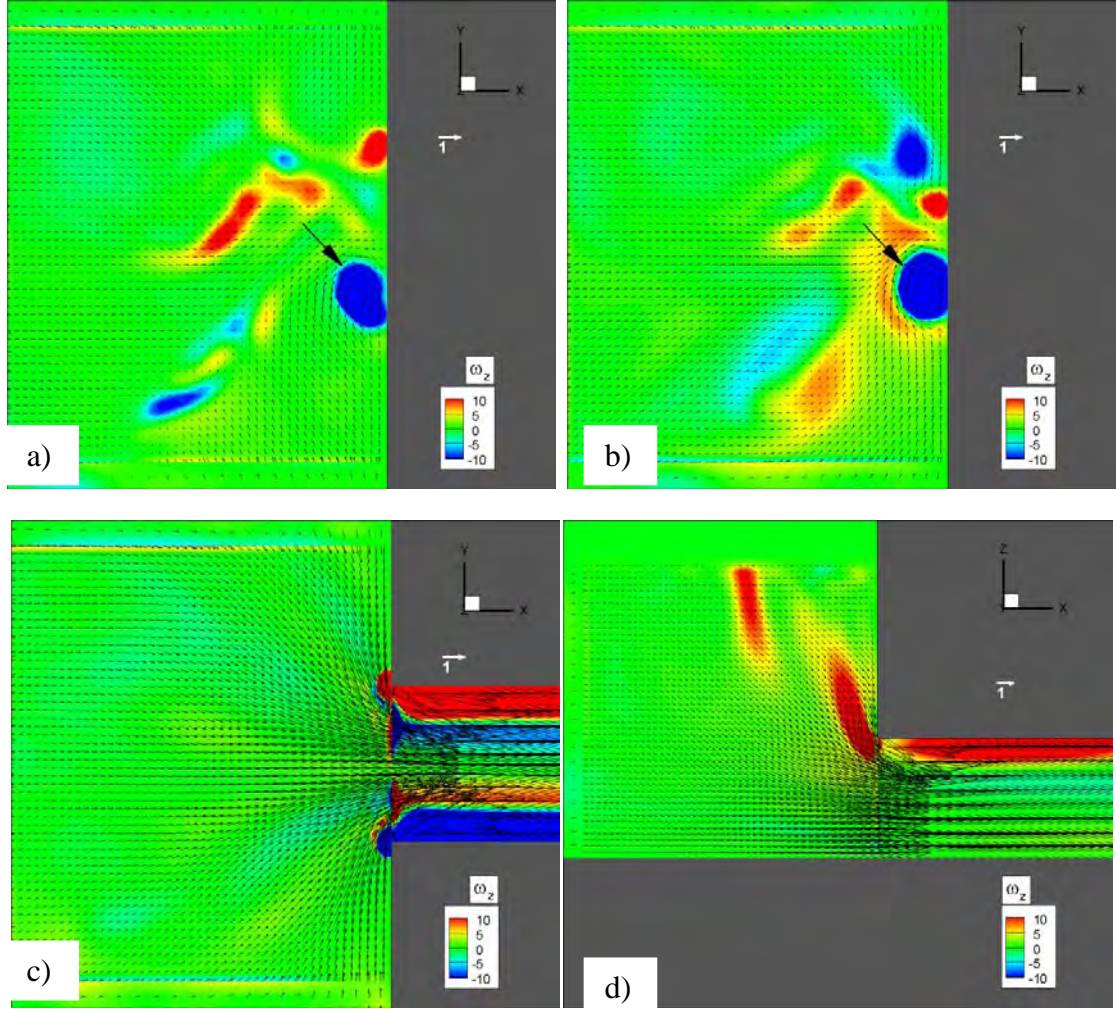
Şekil 4.43 Model-1'in prototyp benzetiminde gözlemlenen havalı girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü



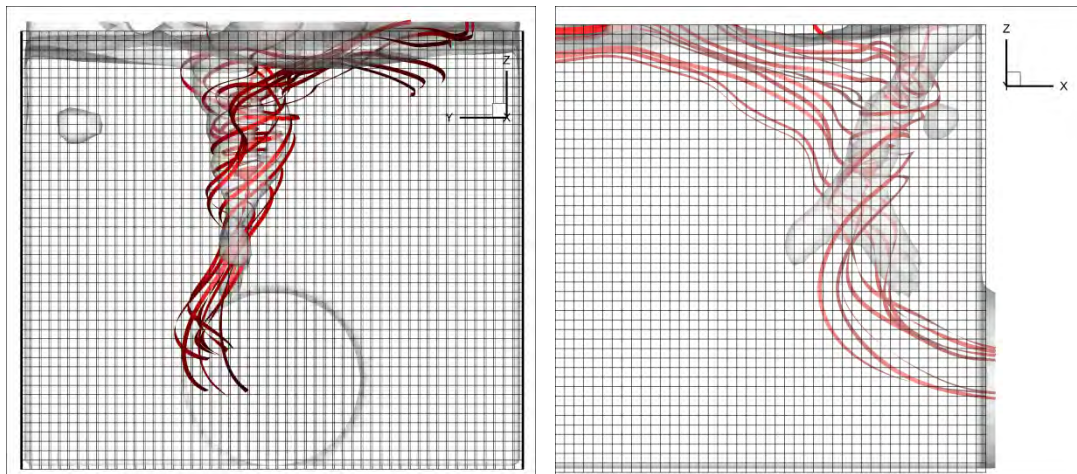
Şekil 4.44 Model-1'in yüksek su derinliğinde yapılan prototip benzetiminde gözlemlenen havalı girdabın üstten (sol) ve yandan (sağ) görünümü



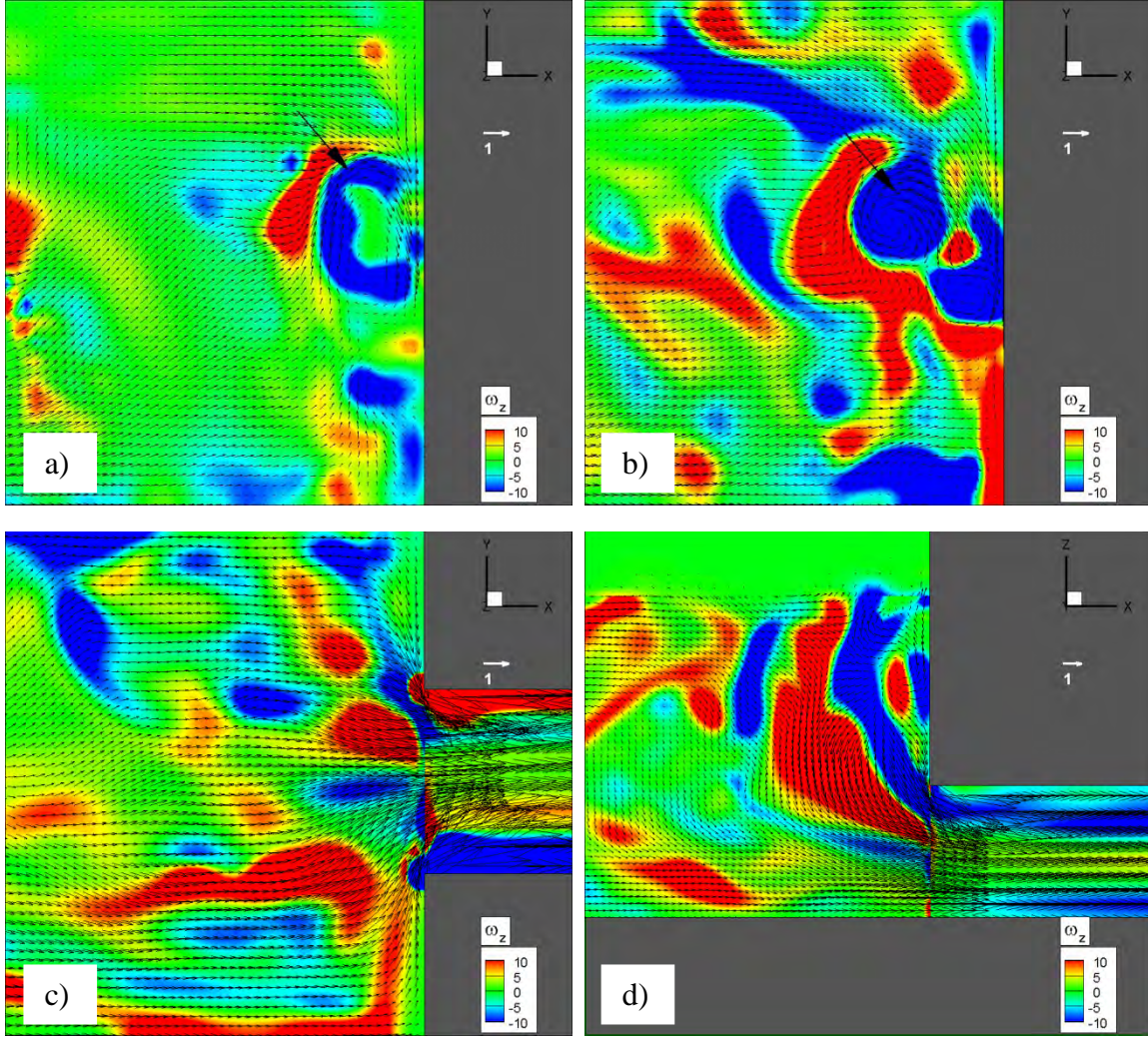
Şekil 4.45 Model-2 benzetiminde oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir)



Şekil 4.46 Model-2 benzetiminde havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hizasındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde



Şekil 4.47 Model-3 benzetiminde oluşan havalı girdabın memba tarafından (sol) ve yandan (sağ) görünümü (kırmızı şeritler üç boyutlu akım çizgileridir)



Şekil 4.48 Model-3 benzetiminde havalı girdap oluştuğu anda elde edilen düşey vortisite değerleri (1/s) ve hız vektörleri (beyaz referans vektör 1 m/s'yi temsil etmektedir.) a) su serbest yüzeyinin hemen altında yatay düzlemde, b) orta derinlikteki yatay düzlemde, c) boru merkezi hizasındaki yatay düzlemde d) boru merkezindeki düşey düzlemde

5- SONUÇ

Bu çalışmada, Froude, Reynolds, Weber sayıları ile yan duvar açıklığının yatay su alma yapılarında oluşan hava çeken girdaplar üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. İlgili parametrelere bağlı olarak deneysel veriler ışığında, boyutsuz kritik batıklığın, S_c/D_i , ampirik formülleri çıkarılmış ve bu formüllerin geçerlilikleri literatürdeki benzerleri ile karşılaştırılmıştır. Model – prototip konsepti düşünülerek, eldeki veri incelenmiş ve ölçek etkisinin boyutsuz kritik batıklık üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. Girdap önleyici aygıt olarak yatay plakalar test edilerek bu plakaların hava çeken girdap oluşumunu önlemedeki etkileri incelenmiştir. Tamamlanan deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

1. S_c/D_i değerleri, çapı bilinen ve verilen bir $2b/D_i$ için, Fr , Re ve We' nin artması ile kademeli olarak artmaktadır.
2. Su alma borusundaki $2b/D_i$ ' nin küçük değerlerinde, duvarların girdaplar üzerindeki güçlü blokaj etkisi nedeniyle, S_c/D_i ' nin maksimum ve minimum değerleri elde edilmiştir.
3. Yukarıda belirtilenin üzerindeki $2b/D_i$ değerlerinde, “ S_c/D_i ' nin ara seviyedeki değerleri” olarak adlandırılan S_c/D_i lerin Fr , Re ve We' nin fonksiyonu olan $2b/D_i$ ile değişimi çok belirgin olmamakta ve Fr , Re ve We arttıkça neredeyse ihmal edilebilir duruma gelmektedir.
4. Su alma borusu çapının bir fonksiyonu olarak, Fr , Re , We ve $2b/D_i$ ' nin limit değerleri vardır. Bu limit değerlerin üzerinde bulunduğu anda, S_c/D_i $2b/D_i$ ' den bağımsızdır ve Fr , Re ve We' nin bir fonksiyonudur.
5. Yukarıda bahsedilen üç durum (S_c/D_i ' nin maksimum, minimum ve ara seviyedeki $2b/D_i$ ' nin fonksiyonu olan değerleri) ve Fr , Re ve We' nin limit değerleri için, S_c/D_i ' nin hesaplanmasında kullanılmak üzere yüksek korelasyon katsayılarına sahip birkaç ampirik formül türetilmiştir.
6. Re , We ve $2b/D_i$ gibi parametrelerin ilk eşitlikten elenmesi durumunda bile S_c/D_i ' nin değeri fazla etkilenmemiştir. Ancak bu formüllerin basit versiyonunun model – prototip ilişkisinde istenilen sonucu vermediği görülmüştür.
7. Belirgin biçimdeki ölçek etkisi nedeniyle, model çalışmasından elde edilen S_c/D_i değerlerinin, prototipe direk olarak uygulanmadan önce belli bir katsayı ile çarpılması gerekmektedir. Model uzunluk ölçeği, L_r , küçüldükçe, düzeltme katsayısının değeri artmaktadır.
8. Su alma yapılarında hava çeken girdapları önlemede yatay katı plakalar etkili gözükmemektedir. Plakanın boyunun enine oranı 2.0 – 2.5 olduğu ve plaka eninin boru çapına oranı 2.0 olduğu durumlar tatmin edici sonuçlar vermişlerdir.
9. Benzetim sonuçları kritik batıklık derinliğini bir yan duvar mesafesi için tam olarak yakalamış fakat diğer iki yan duvar mesafesinde bu derinliği deneydekine göre daha düşük derinliklerde tespit etmiştir. Bunun en önemli sebebi benzetim süresinin deneylerde hava emen girdap oluşumu için beklenen sürelerden çok daha kısa olmasıdır. Bir başka neden ise girdap oluşumu için deney ve benzetimlerde girdap oluşumunu tetikleyen mekanizmaların farklı olma olasılığıdır.
10. Deney sonuçları ile paralel olarak benzetimlerde yatay plaka kullanımının havalı girdap oluşumunu engellediği görülmektedir.
11. Yine deney sonuçları ile paralel olarak benzetim sonuçları da prototip için kritik batıklık değerinin model ölçeğinden daha büyük olduğunu göstermiştir.
12. Ana hatları ile benzetim sonuçları göstermiştir ki yatay su alma yapılarında vorteks oluşumunu incelemek için Flow-3D yazılımı kullanılabilir. Fakat bu yazılım

kullanılırken hesap ağı boyutları ve benzetim koşum süreleri dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir.

Gelecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

1. Benzer deneyler, eğer mümkünse, daha büyük çaptaki su alma borularında ve daha geniş bir Froude sayısı aralığında yapılabilir.
2. Ölçek etkisinin S_c/D_i üzerindeki etkisini genellemek için daha çok veri toplanmalıdır. Bunun için, günümüzde kullanımda olan uygulamaların değişik uzunluk ölçeklerinde modellerinin yapılması ve bu modellerde benzer akım şartlarında girdapların oluşup oluşmadığının gözlemlenmesi gerekir.
3. Bu çalışmada yapılan deneylerin simetrik olmayan akım şartlarında da yapılması ile çok yararlı bağıntılar elde edilebilir.

REFERANSLAR

Ahmad, Z., Rao, K.V. ve Mittal, M.K. , *Critical Submergence for Horizontal Intakes in Open Channel Flows*, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Roorkee, India, (2008).

Amiri, S.M., Zarrati, A.R., Roshan, R. ve Sarkardeh, H., *Surface Vortex Prevention at Power Intakes by Horizontal Plates*, Water Management, 2011(WM4), 193-200, (2011).

Anwar, H.O., *Flow in a Free Vortex*, Water Power 1965(4), 153-161, (1965).

Anwar, H.O., *Vortices at Low Head Intakes*, Water Power 1967(11), 455-457, (1967).

Anwar, H.O., *Prevention of Vortices at Intakes*, Water Power 1968(10), 393-401, (1968).

Anwar, H.O., Weller, J.A. ve Amphlett, M.B., *Similarity of Free-Vortex at Horizontal Intake*, J. Hydraulic Res. 1978(2), 95-105, (1978).

Anwar, H.O. ve Amphlett, M.B., *Vortices at Vertically Inverted Intake*, J. Hydraulic Res. 1980(2), 123-134, (1980).

Blaisdell F.W. ve Donnelly C.A, *Hydraulics of Closed Conduit Spillways Part X.: The Hood Inlet*, Tech. Paper No. 20, Series B, University of Minnesota, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, (1958).

Daggett, L.L. ve Keulegan, G.H., *Similitude in Free-Surface Vortex Formations*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY11, 1565-1581, (1974).

Durgin, W.W. ve Hecker, G.E., *The Modelling of Vortices at Intake Structures*, Proc. IAHR-ASME-ASCE Joint Symposium on Design and Operation of Fluid Machinery, CSU Fort Collins, June 1978, Vols. I and III, (1978).

Gordon, J.L., *Vortices at Intakes*, Water Power 1970(4), 137-138, (1970).

Gulliver, J.S. ve Rindels, A.J., *An Experimental Study of Critical Submergence to Avoid Free-surface Vortices at Vertical Intakes*, Project Report No: 224, University of Minnesota, St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory, (1983).

Gulliver, J.S. ve Rindels, A.J., *Weak Vortices at Vertical Intakes*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY9, 1101-1116, (1987).

Gürbüzdal, F., *Scale Effects on the Formation of Vortices at Intake Structures*, (Yüksek Lisans Tezi) İnşaat Mühendisliği Bölümü., ODTÜ, (2009).

Hite, J.E. ve Mih, W.C., *Velocity of Air-Core Vortices at Hydraulic Intakes*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY3, 284-297, (1994).

Iversen, H.W., *Studies of Submergence Requirements of High-Specific Speed Pumps*, ASME, Vol. 75, 635-641, (1953).

Jain, A.K., Kittur, G.R.R., ve Ramachandra, J.G., *Air Entrainment in Radial Flow Towards Intakes*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY9, 1323-1329, (1978).

Jain, A.K., Kittur, G.R.R., ve Ramachandra, J.G., *Vortex Formation at Vertical Pipe Intakes*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY10, 1429-1448, (1978).

Jiming, M., Yuanbo, L. ve Jitang, H., *Minimum Submergence before Double-Entrance Pressure Intakes*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY10, 628-631, (2000).

Johnson, P.L., *Hydraulic Model Studies of the Forebay Reservoir Inlet-Outlet Structure for Mt. Elbert Pumped-Storage Powerplant, Friyingpan-Arkansas Project, Colorado*, Engineering and Research Center, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, (1972).

Knauss, J., *Swirling Flow Problems at Intakes*, A.A. Balkema, Rotterdam, (1987).

Li H., Chen H., Ma Z. ve Zhou Y., *Experimental and Numerical Investigation of Free Surface Vortex*, J. Hydrodynamics 2008(4), 485-491, (2008).

Oakdale Engineering web sitesi, <http://www.oakdaleengr.com/download.htm>, son erişim tarihi: 27.10.2012.

Odgaard, A.J., *Free-Surface Air Core Vortex*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY7, 610-620, (1986).

Padmanabhan, M. ve Hecker, G.E., *Scale Effects in Pump Sump Models*, J. Hydraulic Engineering, ASCE, 110, HY11, 1540-1556, (1984).

Reddy, Y.R. ve Pickford, J.A., *Vortices at Intakes in Conventional Sumps*, Water Power 1972(3), 108-109, (1972).

Sarkardeh, H., Zarrati, A.R., ve Roshan, R., *Effect of Intake Head Wall and Trash Rack on Vortices*, J. Hydraulic Research, 48:1, 108-112, (2010).

Yıldırım, N. ve Kocabaş, F., *Critical Submergence for Intakes in Open Channel Flow*, J. Hydraulic Engng., ASCE, 121, HY12, 900-905, (1995).

Yıldırım, N., Kocabaş, F. ve Gülcan, S.C., *Flow-Boundary Effects on Critical Submergence of Intake Pipe*, J. Hydraulic Engineering., ASCE, 126, HY4, 288-297, (2000).

Yıldırım, N. and Kocabaş, F., *Prediction of Critical Submergence for an Intake Pipe*, J. Hydraulic Res. 2002(4), 507-518, (2002).

Yıldırım, N., Taştan, K. ve Arslan, M.M., *Critical Submergence for Dual Pipe Intakes*, J. Hydraulic Research, 47:2, 242-249, (2009).

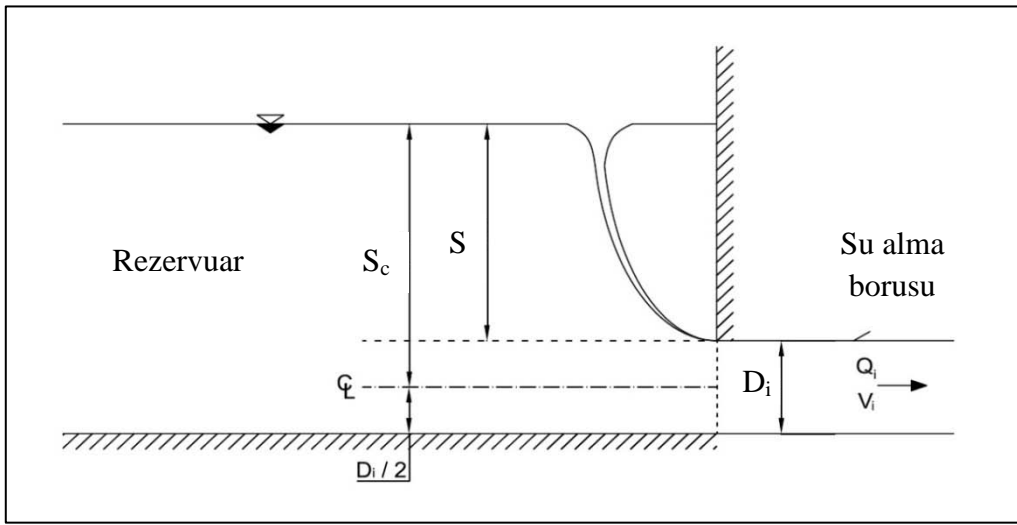
Zeigler, E.R., *Hydraulic Model Vortex Study Grand Coulee Third Powerplant*, Engineering and Research Center, U.S Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, (1976).

Zielinski, P.B. and Villemonte, J.R., *Effect of Viscosity on Vortex- Orifice Flow*, J. Hydraulic Div., ASCE, HY3, 745-751, (1968).

EK A

KRİTİK BATIKLIĞA DAİR DENEY SONUÇLARI

Bu ekte, her bir boru için elde edilen kritik batıklığa dair deney sonuçları tablolar halinde sunulmaktadır. Aşağıda verilen Şekil A.1, tablo ve hesaplamalarda kullanılan bazı parametreleri göstermektedir.



Şekil A.1 Kritik batıklık konseptinin basit bir gösterimi

Boyutsuz sayıları elde etmek için, aşağıda verilen parametreler (20° C sıcaklıkta) gerekli formüllerde kullanılmışlardır:

$$\begin{aligned} \nu &= 1.004\text{E-}6 \text{ (m}^2\text{/s)} \\ \rho &= 9.982\text{E+}2 \text{ (kg/m}^3\text{)} \\ \sigma &= 7.28\text{E-}2 \text{ (N/m)} \end{aligned}$$

Burada kullanılan S_c , su alma yapısının en üst noktasından itibaren ölçülen kritik batıklık iken, S_c^* , su alma yapısının merkezinden ölçülen kritik batıklıktır.

Tablo A.1 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.08	57.20	72.20	1.907	0.864	0.504	258095	3069
2	57.23	56.20	71.20	1.873	0.809	0.472	241827	2694
3	52.11	55.70	70.70	1.857	0.737	0.430	220192	2234
4	47.20	51.60	66.60	1.720	0.667	0.389	199445	1833
5	43.33	49.00	64.00	1.633	0.613	0.357	183092	1544

Tablo A.2 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.57	14.20	29.20	0.473	0.871	0.508	260165	3118
2	58.18	12.50	27.50	0.417	0.823	0.480	245841	2784
3	55.81	11.40	26.40	0.380	0.789	0.460	235826	2562
4	52.57	10.45	25.45	0.348	0.743	0.433	222136	2273
5	49.40	8.50	23.50	0.283	0.699	0.407	208741	2007

Tablo A.3 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.57	15.70	30.70	0.523	0.871	0.508	260165	3118
2	60.10	14.70	29.70	0.490	0.850	0.496	253954	2971
3	58.18	14.40	29.40	0.480	0.823	0.480	245841	2784
4	56.75	14.10	29.10	0.470	0.803	0.468	239798	2649
5	55.34	12.60	27.60	0.420	0.783	0.456	233840	2519
6	53.49	11.70	26.70	0.390	0.756	0.441	226023	2354
7	52.57	8.90	23.90	0.297	0.743	0.433	222136	2273

Tablo A.4 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.57	25.05	40.05	0.835	0.871	0.508	260165	3118
2	59.14	24.70	39.70	0.823	0.836	0.488	249897	2877
3	57.23	24.20	39.20	0.807	0.809	0.472	241827	2694
4	55.81	23.60	38.60	0.787	0.789	0.460	235826	2562
5	53.95	22.40	37.40	0.747	0.763	0.445	227967	2394
6	50.75	21.60	36.60	0.720	0.718	0.418	214445	2119
7	48.08	20.10	35.10	0.670	0.680	0.396	203163	1902
8	45.89	17.90	32.90	0.597	0.649	0.378	193909	1732
9	43.33	17.10	32.10	0.570	0.613	0.357	183092	1544
10	40.83	16.10	31.10	0.537	0.577	0.337	172528	1371
11	39.19	14.90	29.90	0.497	0.554	0.323	165598	1263
12	36.79	12.40	27.40	0.413	0.520	0.303	155457	1113

Tablo A.5 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.57	24.90	39.90	0.830	0.871	0.508	260165	3118
2	59.14	24.10	39.10	0.803	0.836	0.488	249897	2877
3	57.23	22.60	37.60	0.753	0.809	0.472	241827	2694
4	55.81	21.90	36.90	0.730	0.789	0.460	235826	2562
5	53.95	20.80	35.80	0.693	0.763	0.445	227967	2394
6	50.75	18.90	33.90	0.630	0.718	0.418	214445	2119

Tablo A.6 Boru çapı $D_i = 30$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	61.57	24.30	39.30	0.810	0.871	0.508	260165	3118
2	59.14	23.90	38.90	0.797	0.836	0.488	249897	2877
3	57.23	21.90	36.90	0.730	0.809	0.472	241827	2694
4	55.81	19.10	34.10	0.637	0.789	0.460	235826	2562
5	53.95	16.10	31.10	0.537	0.763	0.445	227967	2394
6	50.75	14.80	29.80	0.493	0.718	0.418	214445	2119

Tablo A.7 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	60.70	73.20	2.428	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	59.70	72.20	2.388	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	58.80	71.30	2.352	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	58.00	70.50	2.320	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	56.70	69.20	2.268	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	56.40	68.90	2.256	0.979	0.625	243796	3286

Tablo A.8 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	19.80	32.30	0.792	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	18.40	30.90	0.736	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	18.00	30.50	0.720	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	17.50	30.00	0.700	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	17.10	29.60	0.684	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	16.80	29.30	0.672	0.979	0.625	243796	3286
7	45.46	16.00	28.50	0.640	0.926	0.591	230511	2938
8	42.49	14.80	27.30	0.592	0.865	0.553	215451	2566
9	39.19	14.10	26.60	0.564	0.798	0.510	198718	2183
10	36.40	13.20	25.70	0.528	0.741	0.473	184571	1883
11	33.69	12.40	24.90	0.496	0.686	0.438	170829	1613
12	30.32	10.90	23.40	0.436	0.617	0.394	153741	1307

Tablo A.9 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	25.00	37.50	1.000	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	24.50	37.00	0.980	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	23.80	36.30	0.952	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	22.70	35.20	0.908	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	22.30	34.80	0.892	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	21.70	34.20	0.868	0.979	0.625	243796	3286
7	45.46	21.30	33.80	0.852	0.926	0.591	230511	2938
8	42.49	20.70	33.20	0.828	0.865	0.553	215451	2566
9	39.19	19.40	31.90	0.776	0.798	0.510	198718	2183
10	36.40	18.60	31.10	0.744	0.741	0.473	184571	1883
11	33.69	17.60	30.10	0.704	0.686	0.438	170829	1613
12	30.32	15.90	28.40	0.636	0.617	0.394	153741	1307
13	27.45	14.00	26.50	0.560	0.559	0.357	139189	1071
14	24.34	13.10	25.60	0.524	0.496	0.317	123419	842

Tablo A.10 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	29.80	42.30	1.192	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	28.90	41.40	1.156	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	28.10	40.60	1.124	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	27.20	39.70	1.088	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	26.60	39.10	1.064	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	25.60	38.10	1.024	0.979	0.625	243796	3286
7	45.46	24.00	36.50	0.960	0.926	0.591	230511	2938
8	42.49	22.40	34.90	0.896	0.865	0.553	215451	2566
9	39.19	20.70	33.20	0.828	0.798	0.510	198718	2183
10	36.40	19.00	31.50	0.760	0.741	0.473	184571	1883
11	33.69	17.10	29.60	0.684	0.686	0.438	170829	1613
12	30.32	15.80	28.30	0.632	0.617	0.394	153741	1307

Tablo A.11 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	29.40	41.90	1.176	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	28.50	41.00	1.140	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	27.60	40.10	1.104	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	24.80	37.30	0.992	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	22.60	35.10	0.904	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	20.60	33.10	0.824	0.979	0.625	243796	3286
7	45.46	19.10	31.60	0.764	0.926	0.591	230511	2938
8	42.49	17.50	30.00	0.700	0.865	0.553	215451	2566
9	39.19	16.70	29.20	0.668	0.798	0.510	198718	2183
10	36.40	14.90	27.40	0.596	0.741	0.473	184571	1883

Tablo A.12 Boru çapı $D_i = 25$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	29.30	41.80	1.172	1.274	0.814	317168	5561
2	59.14	28.30	40.80	1.132	1.204	0.769	299877	4972
3	56.28	27.70	40.20	1.108	1.146	0.732	285375	4502
4	53.49	25.20	37.70	1.008	1.089	0.696	271228	4067
5	50.75	23.20	35.70	0.928	1.033	0.660	257334	3661
6	48.08	21.20	33.70	0.848	0.979	0.625	243796	3286
7	45.46	19.80	32.30	0.792	0.926	0.591	230511	2938
8	42.49	19.30	31.80	0.772	0.865	0.553	215451	2566
9	39.19	17.70	30.20	0.708	0.798	0.510	198718	2183
10	36.40	16.40	28.90	0.656	0.741	0.473	184571	1883
11	33.69	14.30	26.80	0.572	0.686	0.438	170829	1613

Tablo A.13 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	64.50	74.20	3.325	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	64.10	73.80	3.304	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	63.80	73.50	3.289	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	63.30	73.00	3.263	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	62.90	72.60	3.242	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	62.40	72.10	3.216	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	61.90	71.60	3.191	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	61.40	71.10	3.165	1.437	1.042	277643	5492

Tablo A.14 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	24.60	34.30	1.268	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	23.00	32.70	1.186	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	22.40	32.10	1.155	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	22.00	31.70	1.134	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	21.70	31.40	1.119	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	21.20	30.90	1.093	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	20.50	30.20	1.057	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	19.70	29.40	1.015	1.437	1.042	277643	5492
9	39.19	19.00	28.70	0.979	1.325	0.961	256080	4672
10	36.40	18.40	28.10	0.948	1.231	0.892	237849	4030
11	33.69	16.90	26.60	0.871	1.139	0.826	220141	3453
12	30.32	15.30	25.00	0.789	1.025	0.743	198120	2796
13	27.45	14.20	23.90	0.732	0.928	0.673	179367	2292
14	24.34	13.50	23.20	0.696	0.823	0.597	159045	1802
15	21.69	12.90	22.60	0.665	0.733	0.532	141729	1431

Tablo A.15 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 800$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	28.20	37.90	1.454	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	25.30	35.00	1.304	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	23.60	33.30	1.216	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	23.20	32.90	1.196	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	22.90	32.60	1.180	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	22.40	32.10	1.155	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	22.00	31.70	1.134	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	21.50	31.20	1.108	1.437	1.042	277643	5492
9	39.19	20.70	30.40	1.067	1.325	0.961	256080	4672
10	36.40	19.90	29.60	1.026	1.231	0.892	237849	4030
11	33.69	18.30	28.00	0.943	1.139	0.826	220141	3453
12	30.32	17.20	26.90	0.887	1.025	0.743	198120	2796
13	27.45	15.70	25.40	0.809	0.928	0.673	179367	2292
14	24.34	13.50	23.20	0.696	0.823	0.597	159045	1802

Tablo A.16 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	33.60	43.30	1.732	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	33.00	42.70	1.701	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	32.10	41.80	1.655	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	31.00	40.70	1.598	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	29.10	38.80	1.500	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	26.50	36.20	1.366	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	23.80	33.50	1.227	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	22.70	32.40	1.170	1.437	1.042	277643	5492
9	39.19	21.90	31.60	1.129	1.325	0.961	256080	4672
10	36.40	20.50	30.20	1.057	1.231	0.892	237849	4030
11	33.69	18.60	28.30	0.959	1.139	0.826	220141	3453
12	30.32	16.60	26.30	0.856	1.025	0.743	198120	2796
13	27.45	14.30	24.00	0.737	0.928	0.673	179367	2292
14	24.34	12.50	22.20	0.644	0.823	0.597	159045	1802

Tablo A.17 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	32.90	42.60	1.696	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	30.60	40.30	1.577	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	28.60	38.30	1.474	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	25.70	35.40	1.325	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	24.20	33.90	1.247	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	23.70	33.40	1.222	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	23.10	32.80	1.191	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	22.50	32.20	1.160	1.437	1.042	277643	5492
9	39.19	21.60	31.30	1.113	1.325	0.961	256080	4672
10	36.40	20.90	30.60	1.077	1.231	0.892	237849	4030
11	33.69	19.90	29.60	1.026	1.139	0.826	220141	3453
12	30.32	17.70	27.40	0.912	1.025	0.743	198120	2796

Tablo A.18 Boru çapı $D_i = 19.4$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	33.30	43.00	1.716	2.115	1.534	408721	11902
2	59.14	31.90	41.60	1.644	2.000	1.450	386439	10639
3	56.28	29.40	39.10	1.515	1.903	1.380	367751	9635
4	53.49	26.50	36.20	1.366	1.809	1.311	349520	8704
5	50.75	26.00	35.70	1.340	1.716	1.244	331616	7835
6	48.08	25.10	34.80	1.294	1.626	1.179	314170	7032
7	45.46	23.70	33.40	1.222	1.537	1.115	297050	6287
8	42.49	22.90	32.60	1.180	1.437	1.042	277643	5492
9	39.19	21.70	31.40	1.119	1.325	0.961	256080	4672
10	36.40	19.80	29.50	1.021	1.231	0.892	237849	4030

Tablo A.19 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	75.50	82.70	5.243	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	73.10	80.30	5.076	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	71.80	79.00	4.986	3.454	2.907	495442	23560

Tablo A.20 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	25.30	32.50	1.757	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	24.30	31.50	1.688	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	23.10	30.30	1.604	3.454	2.907	495442	23560
4	53.49	22.20	29.40	1.542	3.283	2.763	470882	21282
5	50.75	21.70	28.90	1.507	3.115	2.621	446761	19158
6	48.08	21.10	28.30	1.465	2.951	2.483	423256	17195
7	45.46	20.40	27.60	1.417	2.790	2.348	400192	15372
8	42.49	19.60	26.80	1.361	2.608	2.195	374047	13429
9	39.19	19.10	26.30	1.326	2.405	2.024	344996	11424
10	36.40	18.50	25.70	1.285	2.234	1.880	320435	9855
11	33.69	18.20	25.40	1.264	2.068	1.740	296579	8443
12	30.32	17.20	24.40	1.194	1.861	1.566	266912	6838
13	27.45	16.60	23.80	1.153	1.685	1.418	241647	5605
14	24.34	16.10	23.30	1.118	1.494	1.257	214269	4407
15	21.69	15.40	22.60	1.069	1.331	1.120	190941	3499

Tablo A.21 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	30.90	38.10	2.146	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	28.10	35.30	1.951	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	26.50	33.70	1.840	3.454	2.907	495442	23560
4	53.49	25.00	32.20	1.736	3.283	2.763	470882	21282
5	50.75	24.50	31.70	1.701	3.115	2.621	446761	19158
6	48.08	24.00	31.20	1.667	2.951	2.483	423256	17195
7	45.46	23.30	30.50	1.618	2.790	2.348	400192	15372
8	42.49	22.70	29.90	1.576	2.608	2.195	374047	13429
9	39.19	22.10	29.30	1.535	2.405	2.024	344996	11424
10	36.40	21.60	28.80	1.500	2.234	1.880	320435	9855
11	33.69	21.20	28.40	1.472	2.068	1.740	296579	8443
12	30.32	20.50	27.70	1.424	1.861	1.566	266912	6838
13	27.45	19.00	26.20	1.319	1.685	1.418	241647	5605
14	24.34	17.50	24.70	1.215	1.494	1.257	214269	4407

Tablo A.22 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	35.20	42.40	2.444	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	33.90	41.10	2.354	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	33.50	40.70	2.326	3.454	2.907	495442	23560
4	53.49	32.70	39.90	2.271	3.283	2.763	470882	21282
5	50.75	30.70	37.90	2.132	3.115	2.621	446761	19158
6	48.08	27.70	34.90	1.924	2.951	2.483	423256	17195
7	45.46	25.10	32.30	1.743	2.790	2.348	400192	15372
8	42.49	22.50	29.70	1.563	2.608	2.195	374047	13429
9	39.19	21.80	29.00	1.514	2.405	2.024	344996	11424
10	36.40	20.70	27.90	1.438	2.234	1.880	320435	9855
11	33.69	19.20	26.40	1.333	2.068	1.740	296579	8443
12	30.32	18.00	25.20	1.250	1.861	1.566	266912	6838
13	27.45	16.30	23.50	1.132	1.685	1.418	241647	5605

Tablo A.23 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	34.90	42.10	2.424	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	34.30	41.50	2.382	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	33.50	40.70	2.326	3.454	2.907	495442	23560
4	53.49	32.80	40.00	2.278	3.283	2.763	470882	21282
5	50.75	31.10	38.30	2.160	3.115	2.621	446761	19158
6	48.08	28.90	36.10	2.007	2.951	2.483	423256	17195
7	45.46	26.50	33.70	1.840	2.790	2.348	400192	15372
8	42.49	23.60	30.80	1.639	2.608	2.195	374047	13429
9	39.19	22.50	29.70	1.563	2.405	2.024	344996	11424
10	36.40	22.10	29.30	1.535	2.234	1.880	320435	9855
11	33.69	21.40	28.60	1.486	2.068	1.740	296579	8443
12	30.32	19.50	26.70	1.354	1.861	1.566	266912	6838
13	27.45	16.80	24.00	1.167	1.685	1.418	241647	5605

Tablo A. 24 Boru çapı $D_i = 14.4$ cm ve $2b = 140$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	62.55	37.20	44.40	2.583	3.839	3.231	550638	29102
2	59.14	36.00	43.20	2.500	3.630	3.055	520620	26015
3	56.28	34.30	41.50	2.382	3.454	2.907	495442	23560
4	53.49	30.90	38.10	2.146	3.283	2.763	470882	21282
5	50.75	28.00	35.20	1.944	3.115	2.621	446761	19158
6	48.08	25.50	32.70	1.771	2.951	2.483	423256	17195
7	45.46	23.10	30.30	1.604	2.790	2.348	400192	15372
8	42.49	22.20	29.40	1.542	2.608	2.195	374047	13429
9	39.19	21.00	28.20	1.458	2.405	2.024	344996	11424

Tablo A.25 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	51.65	66.50	71.50	6.650	6.574	6.638	654745	59251
2	48.96	62.50	67.50	6.250	6.231	6.293	620645	53240

Tablo A.26 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	51.65	26.80	31.80	2.680	6.574	6.638	654745	59251
2	48.96	26.40	31.40	2.640	6.231	6.293	620645	53240
3	46.33	25.90	30.90	2.590	5.897	5.955	587305	47674
4	43.75	25.40	30.40	2.540	5.568	5.623	554600	42512
5	41.24	25.10	30.10	2.510	5.249	5.300	522782	37774
6	38.79	24.40	29.40	2.440	4.937	4.986	491724	33419
7	36.40	23.40	28.40	2.340	4.633	4.678	461427	29428
8	34.07	22.50	27.50	2.250	4.336	4.379	431891	25781
9	31.43	21.70	26.70	2.170	4.000	4.040	398424	21940
10	28.87	20.90	25.90	2.090	3.674	3.711	365972	18512
11	26.40	20.40	25.40	2.040	3.360	3.393	334661	15480
12	24.00	20.10	25.10	2.010	3.055	3.085	304238	12793
13	21.37	18.80	23.80	1.880	2.720	2.747	270898	10143

Tablo A.27 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	51.65	32.30	37.30	3.230	6.574	6.638	654745	59251
2	48.96	31.70	36.70	3.170	6.231	6.293	620645	53240
3	46.33	30.30	35.30	3.030	5.897	5.955	587305	47674
4	43.75	29.10	34.10	2.910	5.568	5.623	554600	42512
5	41.24	28.60	33.60	2.860	5.249	5.300	522782	37774
6	38.79	28.20	33.20	2.820	4.937	4.986	491724	33419
7	36.40	27.30	32.30	2.730	4.633	4.678	461427	29428
8	34.07	26.40	31.40	2.640	4.336	4.379	431891	25781
9	31.43	25.80	30.80	2.580	4.000	4.040	398424	21940
10	28.87	24.50	29.50	2.450	3.674	3.711	365972	18512
11	26.40	22.50	27.50	2.250	3.360	3.393	334661	15480
12	24.00	21.70	26.70	2.170	3.055	3.085	304238	12793
13	21.37	20.10	25.10	2.010	2.720	2.747	270898	10143

Tablo A.28 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 100$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	51.65	38.70	43.70	3.870	6.574	6.638	654745	59251
2	48.96	36.00	41.00	3.600	6.231	6.293	620645	53240
3	46.33	32.90	37.90	3.290	5.897	5.955	587305	47674
4	43.75	32.30	37.30	3.230	5.568	5.623	554600	42512
5	41.24	31.50	36.50	3.150	5.249	5.300	522782	37774
6	38.79	30.90	35.90	3.090	4.937	4.986	491724	33419
7	36.40	29.90	34.90	2.990	4.633	4.678	461427	29428
8	34.07	28.50	33.50	2.850	4.336	4.379	431891	25781
9	31.43	27.70	32.70	2.770	4.000	4.040	398424	21940
10	28.87	26.10	31.10	2.610	3.674	3.711	365972	18512
11	26.40	24.60	29.60	2.460	3.360	3.393	334661	15480
12	24.00	22.50	27.50	2.250	3.055	3.085	304238	12793

Tablo A.29 Boru çapı $D_i = 10$ cm ve $2b = 120$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	51.65	39.20	44.20	3.920	6.574	6.638	654745	59251
2	48.96	38.50	43.50	3.850	6.231	6.293	620645	53240
3	46.33	31.70	36.70	3.170	5.897	5.955	587305	47674
4	43.75	31.30	36.30	3.130	5.568	5.623	554600	42512
5	41.24	28.60	33.60	2.860	5.249	5.300	522782	37774
6	38.79	26.50	31.50	2.650	4.937	4.986	491724	33419
7	36.40	24.50	29.50	2.450	4.633	4.678	461427	29428
8	34.07	23.70	28.70	2.370	4.336	4.379	431891	25781
9	31.43	22.90	27.90	2.290	4.000	4.040	398424	21940
10	28.87	21.50	26.50	2.150	3.674	3.711	365972	18512

Tablo A.30 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 40$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	14.69	18.10	20.60	3.620	7.479	10.680	372438	38343
2	13.28	16.70	19.20	3.340	6.761	9.655	336690	31336
3	11.65	15.00	17.50	3.000	5.931	8.470	295364	24116
4	10.34	13.60	16.10	2.720	5.264	7.518	262151	18997
5	9.07	12.50	15.00	2.500	4.617	6.594	229953	14617
6	7.85	10.80	13.30	2.160	3.996	5.707	199022	10949
7	6.66	9.50	12.00	1.900	3.391	4.842	168852	7881

Tablo A. 31 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 60$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	14.69	21.80	24.30	4.360	7.479	10.680	372438	38343
2	13.28	19.60	22.10	3.920	6.761	9.655	336690	31336
3	11.65	17.60	20.10	3.520	5.931	8.470	295364	24116

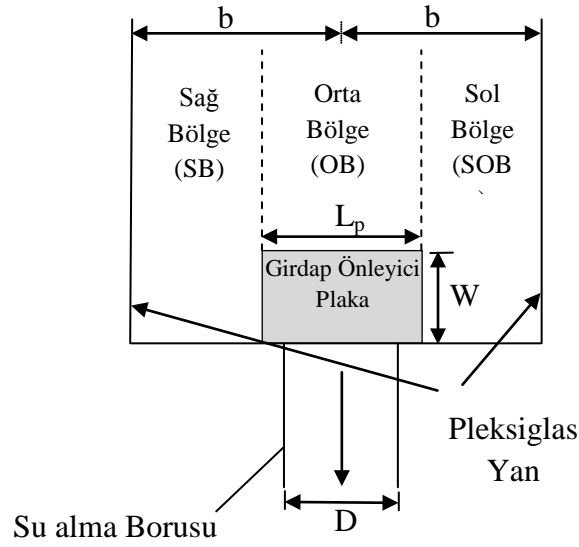
Tablo A.32 Boru çapı $D_i = 5$ cm ve $2b = 80$ cm iken ölçülen kritik batıklık değerlerine dair deney sonuçları

Gözlem No	Q_i (lt/s)	S_c (cm)	S_c^* (cm)	S_c / D_i	V_i (m/s)	Fr	Re	We
1	14.69	22.10	24.60	4.420	7.479	10.680	372438	38343
2	13.28	20.90	23.40	4.180	6.761	9.655	336690	31336

EK B

GİRDAP ÖNLEYİCİ PLAKALARA DAİR DENEY SONUÇLARI

Bu ek, deneyler sırasında kullanılan her bir su alma yapısı borusundaki girdap önleyici plakaların özellikleri, yan duvarlar arasındaki mesafeler ve plakaların etkinlikleri hakkında detaylı bilgi vermektedir. Deneysel sonuçlar tablolar halinde verilmiş olup, bu tablolarda kullanılan kısaltmaların bazıları Şekil B.1 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil B.1 Girdap bölgelerinin plan görünümü

B = Başarılı
BZ = Başarısız
DG = Duple Girdap
L _p = Plaka Boyu
N = Nadir Oluşuyor
O = Oluşuyor
OB = Orta Bölgede Oluşuyor
OL = Oluşmuyor
SB = Sağ Bölgede Oluşuyor
SOB = Sol Bölgede Oluşuyor
YAYY = Yapmıyor Ancak Yapmaya Yatkın
W _p = Plaka Genişliği

Tablo B.1 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 19.80$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	OL	-	O	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
20	OL	-	O – N	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
25	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O	SOB – OB - SB	O	SOB – OB - SB	BZ		
20	YAYY	OB	O	SB	O	SOB – SB	BZ		
25	OL	-	O	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		

Tablo B.2 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 45.46$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 45.46$ lt / s		$S_c = 16.00$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	OL	-	O	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.3 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 30.32$ lt / s		$S_c = 10.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	O	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.4 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 24.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
10	OL	-	OL	-	O	SB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B	

Tablo B.5 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 50.75$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 50.75$ lt / s		$S_c = 22.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O – DG	OB	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	O – N	SOB – SB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.6 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 27.45$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 27.45$ lt / s		$S_c = 14.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O – N	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.7 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 29.80$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	BZ	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O – N	OB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.8 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 25.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	O	SOB - OB	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.9 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 36.40$ lt / s		$S_c = 19.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O – N	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O – N	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.10 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 29.40$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O – N	SOB - OB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.11 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 20.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	O - DG	OB	O – DG	SOB - OB	O – DG	SOB - OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ	
15	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.12 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 36.40$ lt / s		$S_c = 14.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	O – N	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	YAYY	OB	O	SOB - OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.13 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 29.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	SB	B	
10	OL	-	OL	-	O	SB	B	
15	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
10	OL	-	OL	-	O	SB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SB	B	

Tablo B.14 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 21.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	O	SOB - OB	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.15 Çapı $D_i = 25.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 25.0$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 36.40$ lt / s		$S_c = 16.40$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O – DG – N	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ	
15	YAYY	SOB – OB	O – N	SOB - OB	O	SOB – OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	O – DG	SOB – OB	O – DG	SOB – OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	O – N	OB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.16 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 40$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 64.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: SOB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
10	O	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
15	O	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
20	O	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
25	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	

Tablo B.17 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 40$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 62.40$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: SOB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	YAYY	SOB	O	SOB	O	SOB	BZ	
10	YAYY	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
15	YAYY	SOB – OB	O	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
20	YAYY	SOB – OB	YAYY	SOB – OB	O	SOB – OB	B	
25	YAYY	SOB - OB	YAYY	SOB – OB	O	SOB - OB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	

Tablo B.18 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 24.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB – SB	O	OB – SB	BZ		
10	OL	-	O – N	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
15	OL	-	O	SB	O	SOB – SB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	SB	O	SB	BZ		
10	YAYY	SOB – SB	O	SOB – OB – SB	O	SOB – OB – SB	BZ		
15	OL	-	O	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
20	YAYY	SOB – SB	O	SOB – SB	O	SOB – SB	BZ		
25	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		

Tablo B.19 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 21.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
20	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.20 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 33.69$ lt / s		$S_c = 16.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O – N	OB	O	OB – SB	BZ		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG - N	OB	O – DG – N	OB	O – DG – N	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O – R	SOB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.21 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 28.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
10	OL	-	OL	-	O	SB	B		
15	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		

Tablo B.22 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 22.40$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonu		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.23 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 30.32$ lt / s		$S_c = 17.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	O - N	OB	O	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O - N	SB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O - DG	OB	O - DG	OB	O - DG	OB	BZ		
15	OL	-	O - N - DG	OB	O - DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.24 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 33.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB	B		
10	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B		
15	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
15	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		

Tablo B.25 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 26.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	O – N	SOB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.26 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 33.69$ lt / s		$S_c = 18.60$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
0	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SOB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.27 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 32.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	OL	-	B		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	OL	-	B		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	O	SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SB	B		

Tablo B.28 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 23.70$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O – N	OB	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	O – N	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O – N	SOB	B		
25	OL	-	OL	-	O – N	SOB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	OB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.29 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 33.69$ lt / s		$S_c = 19.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O – N	OB	O – N	OB	O	OB	BZ	
10	OL	-	O	OB	O	SOB – OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	O – N	SOB – OB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SOB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O – N	OB	BZ	
10	O – N	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB	B	

Tablo B.30 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 33.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	O	SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SB	B		

Tablo B.31 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 25.10$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
20	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.32 Çapı $D_i = 19.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 36.40$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 19.4$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 36.40$ lt / s		$S_c = 19.80$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	YAYY	OB	O	SOB – OB	B		
20	OL	-	OL	-	O – N	SOB	B		
25	OL	-	OL	-	O – N	SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O – N	OB	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O	OB	O	SOB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.33 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 40$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 75.70$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: SOB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
20	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
25	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	-	-	-	-	-	-	-		
10	-	-	-	-	-	-	-		
15	-	-	-	-	-	-	-		
20	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-		

Tablo B.34 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 25.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O - N	SOB	O	SOB - SB	BZ	
10	OL	-	YAYY	SOB	O	SOB	B	
15	OL	-	YAYY	SOB	O	SOB	B	
20	OL	-	YAYY	SOB	O	SOB	B	
25	OL	-	YAYY	SOB	O	SOB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O - N	OB	O	OB - SB	BZ	
10	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB - SB	B	

Tablo B.35 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 21.10$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O – N	OB	O – N	OB	O – N	OB	BZ		
15	O – N	SB	O – N	SB	O – N	SB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	OB	O	OB	BZ		
10	O – N	OB	O – N	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SB	B		

Tablo B.36 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 33.69$ lt / s		$S_c = 18.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
0	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O	OB	O	SOB – OB – SB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		

Tablo B.37 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 30.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	SOB – OB – SB	BZ		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	O	SB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB – SB	BZ		
10	OL	-	OL	-	O	OB – SB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	-	B		
20	OL	-	OL	-	O	-	B		
25	OL	-	OL	-	O	-	B		

Tablo B.38 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 24.00$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB – SB	O – N	OB – SB	O – N	OB – SB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O – N	OB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – R	OB	O	OB	BZ		
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O – DG – N	OB	O – DG – N	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	O	SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SB	B		

Tablo B.39 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 33.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 33.69$ lt / s		$S_c = 21.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
15	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.40 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 35.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O – N	SOB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	SB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.41 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 27.70$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O – N	OB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	O	SOB – OB	B	
20	OL	-	OL	-	O	SOB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB	B	

Tablo B.42 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ı ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 30.32$ lt / s		$S_c = 18.00$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O – N	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O – N	OB	O – N	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.43 $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 34.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	YAYY	SOB – OB	O – N	SOB – OB	O	SOB – OB	BZ	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	SB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.44 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 28.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O – N	OB	B		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O – N	OB	B		
10	OL	-	OL	-	O – N	OB	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.45 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 30.32$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 30.32$ lt / s		$S_c = 19.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	O	SOB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	O	SB	B	

Tablo B.46 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 62.55$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 62.55$ lt / s		$S_c = 37.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	SOB	O	SOB – OB	BZ		
10	YAYY	SOB	O	SOB	O	SOB	BZ		
15	O	SOB	O	SOB	O	SOB	BZ		
20	YAYY	SOB	O – N	SOB	O – N	SOB	BZ		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	SOB	O	SOB – OB – SB	BZ		
10	O – N	OB	O – N	OB	O – N	SOB – OB – SB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.47 Çapı $D_i = 14.4$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 140$ cm ve Debisi $Q_i = 48.08$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 14.4$ cm		$2b = 140$ cm		$Q_i = 48.08$ lt / s		$S_c = 25.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	YAYY	OB	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	O	SOB - OB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.48 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 40$ cm		$Q_i = 51.65$ lt / s		$S_c = 66.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: SB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
20	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
25	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	-	-	-	-	-	-	-		
10	-	-	-	-	-	-	-		
15	-	-	-	-	-	-	-		
20	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-		

Tablo B.49 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 51.65$ lt / s		$S_c = 26.80$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	OB	B		
10	OL	-	OL	-	O	OB – SB	B		
15	OL	-	OL	-	O	SB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – SB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		
10	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB – OB – SB	B		

Tablo B.50 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 38.79$ lt / s		$S_c = 24.40$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	O	OB	B	
10	OL	-	OL	-	OL	-	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	OL	-	OL	-	B	
10	OL	-	OL	-	O	OB	B	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.51 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 24.00$ lt / s		$S_c = 20.10$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – R	OB	O	OB	BZ	
10	O – DG	OB	O – DG	OB	O – DG	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.52 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 51.65$ lt / s		$S_c = 32.30$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	OL	-	B	
20	OL	-	OL	-	O – N	SB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SB	B	

Tablo B.53 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 38.79$ lt / s		$S_c = 28.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	OL	-	OL	-	O	OB	B	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.54 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 24.00$ lt / s		$S_c = 21.70$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	O	SB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	YAYY	OB – SB	O	OB – SB	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	

Tablo B.55 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 51.65$ lt / s		$S_c = 38.70$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	OL	-	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	OL	-	O	OB	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.56 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 38.79$ lt / s		$S_c = 30.90$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	OL	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.57 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 100$ cm ve Debisi $Q_i = 24.00$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 100$ cm		$Q_i = 24.00$ lt / s		$S_c = 22.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	O – N	OB	O	SOB – OB	BZ	
20	OL	-	OL	-	OL	-	B	
25	OL	-	OL	-	OL	-	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ	
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	O – N	OB	O	OB	O	OB	BZ	
20	OL	-	YAYY	OB	O	SOB – OB	B	
25	OL	-	OL	-	O	SOB	B	

Tablo B.58 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 51.65$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylelerin Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 51.65$ lt / s		$S_c = 39.20$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	OL	-	OL	-	B		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.59 Çapı $D_i = 10.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 120$ cm ve Debisi $Q_i = 38.79$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 10.0$ cm		$2b = 120$ cm		$Q_i = 38.79$ lt / s		$S_c = 26.50$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	OL	-	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O – N	OB	O	OB	BZ		
10	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.60 $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 40$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 5.0$ cm		$2b = 40$ cm		$Q_i = 14.69$ lt / s		$S_c = 18.10$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB
$L_p = 40$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	O	OB	O	OB	O	OB	BZ	
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ	
15	YAYY	OB	YAYY	OB	O	OB	B	
20	YAYY	OB	YAYY	OB	O	OB	B	
25	OL	-	OL	-	O	OB	B	
$L_p = 50$ cm								
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç	
5	-	-	-	-	-	-	-	
10	-	-	-	-	-	-	-	
15	-	-	-	-	-	-	-	
20	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	

Tablo B.61 Çapı $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 60$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylein Sonuçları

$D_i = 5.0$ cm		$2b = 60$ cm		$Q_i = 14.69$ lt / s		$S_c = 21.80$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	OL	-	OL	-	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	O	OB	O	OB	BZ		
20	OL	-	OL	-	OL	-	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

Tablo B.62 Çapı $D_i = 5.0$ cm, Yan Duvar Açıklığı $2b = 80$ cm ve Debisi $Q_i = 14.69$ lt/s Olan Düzenekte Girdap Önleyici Plakalar ile Yapılan Deneylemlerin Sonuçları

$D_i = 5.0$ cm		$2b = 80$ cm		$Q_i = 14.69$ lt / s		$S_c = 22.10$ cm		Plakasız Girdap Oluşum Bölgesi: OB	
$L_p = 40$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	YAYY	OB	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	SOB	B		
25	OL	-	OL	-	O	SOB	B		
$L_p = 50$ cm									
Plaka Genişliği W_p (cm)	Tam Hava Dolgulu Girdap	Tam Hava Dolgulu Girdap Bölgesi	Hava Kabarcıklı Girdap	Hava Kabarcıklı Girdap Bölgesi	Girdap Kuyruğu	Girdap Kuyruğu Bölgesi	Sonuç		
5	OL	-	O	OB	O	OB	BZ		
10	O	OB	O	OB	O	OB	BZ		
15	YAYY	OB	YAYY	OB	O	OB	B		
20	OL	-	OL	-	O	OB	B		
25	OL	-	OL	-	OL	-	B		

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. MUSTAFA GÖĞÜŞ
Proje No:	110M676
Proje Başlığı:	Su Alma Yapılarında Girdap Oluşumu Ve Önlenmesi İçin Gerekli Düzeneklerin Belirlenmesi.
Proje Türü:	Araştırma
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	METE KÖKEN
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. MÜHENDİSLİK F. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/04/2011 - 15/04/2013
Onaylanan Bütçe:	118044.0
Harcanan Bütçe:	101614.4
Öz:	Bu çalışma kapsamında, laboratuvarında inşa edilen büyük bir rezervuardan farklı çapta yatay pozisyonda borular kullanılarak bir pompa yardımıyla değişik debilerde, sistemde girdapların oluşabileceği su kotları tespit edilmiştir. Su alma yapısı yan duvarları arasındaki mesafeler değiştirilerek girdap oluşumu gözlenmiş ve elde edilen veriler boyutsuzlaştırılarak kritik batıklık derinliğinin diğer boyutsuz hidrolik parametreler ile değişimi grafikler ve ampirik denklemlerle ifade edilmiştir. Literatürde verilen benzer ampirik denklemler ile bu çalışmadan elde edilen denklemler karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler:	girdap oluşumu, girdap önleme düzenekleri, model ölçek etkisi, sayısal benzetim, su alma yapıları
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- CRITICAL SUBMERGENCE DEPTH FOR VORTEX FORMATION AT HORIZONTAL INTAKES (Bildiri)