

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökalp BULUT

**KÖPRÜ AYAKLARINDAKİ OYULMALAR ÜZERİNE
YÖNTEM ARAŞTIRILMASI**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2017

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KÖPRÜ AYAKLARINDAKİ OYULMALAR ÜZERİNE YÖNTEM
ARAŞTIRILMASI**

Gökalp BULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 10/02/2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN Doç. Dr. Hatice ÇAĞATAY Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KÖPRÜ AYAKLARINDAKİ OYULMALAR ÜZERİNE YÖNTEM
ARAŞTIRILMASI**

Gökalp BULUT

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN

Yıl: 2017, Sayfa: 151

Jüri : Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN

: Doç. Dr. Hatice ÇAĞATAY

: Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN

Köprü ayaklarındaki oyulmanın analizi için çeşitli geleneksel metodlar (örneğin Laursen, Neil, Jain ve Fischer Gunyakti, Johnson, Melville, Richardson ve Davis, Yanmaz) geliştirilmiştir. Bu çalışmada, otoyol ağında yer alan 1989 yılında inşaa edilmiş Ceyhan köprüsünün ayaklarındaki oyulma havza özellikleri dikkate alınarak literatürde geniş yer bulan bu yöntemler yardımı ile hesaplanmıştır. Burada uygulanan bu geleneksel yöntemlerin sonuçları da gerçek saha ölçümleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Ceyhan Köprüsü ayaklarındaki oyulmanın belirlenmesinde HEC-RAS yazılımı da kullanılmıştır. Program aracılığıyla, ayaklardaki su kotu ve ayaklar etrafındaki oyulma miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, köprü oyulma problemine karşı güvenilirlik değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Laursen, Günyakti ve Yanmaz yönteminin diğerlerine kıyasla en iyi sonucu verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ceyhan Köprüsü, Köprü Ayaklarında Oyulma, HEC-RAS

ABSTRACT

MSc THESIS

RESEARCH METHOD ON SCOUR AT BRIDGE PIERS

Gökalp BULUT

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nesliha SEÇKİN
Year: 2017, Pages: 151
Jury : Assoc. Prof. Dr. Neslihan SEÇKİN
: Assoc. Prof. Dr. Hatice ÇAĞATAY
: Assoc. Prof. Dr. Selahattin KOCAMAN

Numerous conventional methods, such as Laursen, Neil, Jain ve Fischer Gunyakti, Johnson, Melville, Richardson and Davis, Yanmaz methods, have been developed for the analysis of scour at bridge piers. In current work, the scour at the pier of the Ceyhan Bridge which was built in 1989 in the Motorway Network was calculated with the help of those methods widely used in literature considering the basin characteristics. The results of these conventional methods applied herein were also compared with the actual field measurements. In addition, HEC-RAS software was also used in determining the scour at the pier of the Ceyhan Bridge. Via the program, the amount of water debris on the pier and the amount of the scour around pier were calculated. According to the obtained results, the reliability against bridge scour problem was evaluated. The results showed that Yanmaz, Gunyakti and Laursen methods gave best results in comparison with the others.

Key Words: Ceyhan Bridge, Scour at bridge piers, HEC-RAS

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bir köprünün, büyüklüğü ne olursa olsun, mühendislik ve ekonomi açıdan iyi bir şekilde projelendirilmesi için gerekli hidrolik çalışmalar henüz gereken önemi kazanmamıştır. Son yıllarda ağır hasar gören veya yıkılan akarsu köprüleri için üretilen istatistiksel çalışmalar, hasar nedenlerinin çoğunun hidrolik etkenlerden kaynaklandığını açığa çıkarmıştır. Yapılan çalışmalarda hasar nedenlerinin %60 kadarı taban seviyesi alçalmaları ve köprü açıklığındaki yerel oyulmalar olmak üzere hidrolik etkenlere bağlanmıştır. Konunun önemi nedeniyle 1950'li yılların başından itibaren köprü ayakları etrafındaki oyulma problemleri deneysel olarak incelenmeye başlanmıştır. 1970'lerden sonra ivme kazanan bu konu güncelliğini daha da artırarak günümüze kadar uzanmıştır.

Köprü ayağı temellerinin emniyetli bir şekilde tasarlanması için ayaklar etrafındaki maksimum oyulma derinliğinin tahmin edilmesi gerekir. Ayaklar etrafındaki oyulma mekanizmasının oldukça fazla araştırılmış olmasına rağmen, olayın karmaşık olması nedeniyle henüz genel bir ifade geliştirilmemiştir. Bunun başlıca nedeni, ayaklar etrafındaki türbülanslı akımın üç boyutlu olması ve zamanla değişen katı madde taşıyan akımın oyulma çukuruyla girişimidir (Yanmaz ve Altınbilek, 1991).

Konuyla ilgili bilim adamları çalışmalarında birbirinden farklı parametreler kullandıklarından ve yaptıkları değişik kabullerden dolayı oyulmaya ilişkin bağıntılarda birbirinden çok farklı sonuçlar vermektedirler. Bu durum ise hesaplanan oyulma miktarının güven düzeyini azaltmaktadır. Köprü ayakları etrafında oluşan maksimum oyulma problemi 1950'li yılların başından itibaren çalışılmış olmasına rağmen, konunun karmaşık olması nedeniyle henüz tüm koşullara uygulanabilecek genel bir yöntem geliştirilememiştir. Genellikle laboratuvar verisi kullanılarak türetilmiş olan bağıntılar herhangi bir özel durumda birbirinden oldukça farklı sonuçlar verebilmektedir. Her yöntem kendi türetilme koşullarında geçerli olup, farklı akım ve taban malzemesi değerlerinde farklı

sonuçlar vermektedir. Laboratuvar ortamında çok geniş akım ve taban malzemesi özellikleriyle, değişik akarsu güzergahı, en-kesit detayı, vb. koşulları çalışmanın zorluğu düşünüldüğünde, pratikte belli bir proje yapılacaksa yörenin kendine özgü koşullarına benzer model koşullarında çalışılmış bağıntılar kullanılmalıdır. Taşkın esnasındaki tehlike nedeniyle yüksek akım koşullarında arazide ölçülmüş oyulma verisi çok azdır. Ayrıca bu verilerin güvenilirliği düşük olup, ölçülen oyulma derinliğinin olası maksimum değer olup olmadığı bilinmemektedir. Bu nedenle, boyut analizine göre türetilen bir bağıntının arazi doneleriyle hassas kalibrasyonu yapılamamaktadır. Oyulma analizinin sağlıklı yapılabilmesi için sadece köprüye yakın civarındaki değil, memba ve mansaptaki tüm koşullar, akarsu kullanımı, mevcut ve yapımı olası hidrolik yapılar ve bunların etkileri, havzanın kullanımı ve hidrolojik verim bilinmeli ve köprü üzerine etkileri araştırılmalıdır. Bütün bu olayların hidrolojik boyutu havza kullanımı ve tasarım akım parametrelerinin belirlenmesiyle sınırlıdır. Problemin hidrolik boyutu ise akımların modellenmesi, su yüzü profillerinin belirlenmesi, taban malzemesi özelliklerinin belirlenmesi, katı madde taşınım miktarının saptanması ve elde edilen tüm bilgileri kullanarak toplam oyulma derinliğinin belirlenmesidir.

Bu çalışmada örnek bir uygulama ile köprü ayaklarının akıma etkileri incelenecektir. Bu çalışmanın yapılmasında HEC-RAS programı kullanılacaktır. Program sayesinde örnek uygulamadaki akarsuyun su yüzeyi profili, bazı akım değerleri, köprünün akıma olan etkisi ve oyulma miktarları hesaplanacaktır. Elde edilen sonuçların yorumları yapılarak köprünün oyulma problemlerine karşı hassas ya da kritik olup olmadığı yorumlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca desteğini hissettiğim, danışman hocam Sn. Doç. Dr. Neslihan SEÇKİN'e, eşim Aslı BULUT'a, annem Ayşe BULUT'a, babam Ahmet BULUT'a, ailemin diğer fertlerine,

Köprü Hidroliği kitabından ziyadesiyle istifade ettiğim Sn. Prof. Dr. A. Melih YANMAZ'a,

Çalışmamda yardımlarına başvurduğum Sn. Göksu SOYDAN'a, Sn. Emre TOPÇU'ya, Sn. Cemal KİRAZA'a, Sn. Nurettin ŞEKER'e, Sn. Bülent GÜMÜŞÖZ'e, Sn. Mustafa ŞAHİN'e, Sn. Murat IŞIK'a,

Görüş ve önerilerini paylaşan arkadaşlarıma, Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü çalışanlarına, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına,

Teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmamı henüz anne karnında olan NİL kızıma ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Köprü Açıklığında Taban Oyulması	5
2.2. Köprü Açıklığında Daralma Oyulması.....	8
2.3. Köprü Ayakları Etrafındaki Yerel Oyulmalar	11
2.3.1. Oyulma Mekanizması	11
2.3.2. Oyulma Parametrelerinin Boyut Analizi	13
2.3.2.1. Yaklaşım Akım Hızının Etkisi.....	15
2.3.2.2. Yaklaşım Akım Derinliğinin Etkisi	16
2.3.2.3. Taban Malzemesi Dağılımının Etkisi	16
2.3.2.4. Ayak ve Dane Büyüklüklerinin Oyulmaya Etkisi.....	18
2.3.2.5. Ayak Şekli ve Narinliğinin Oyulma Derinliğine Etkisi	19
2.3.2.6. Akımın Hücum Açısının Oyulma Derinliğine Etkisi.....	21
2.3.2.7. Zaman Etkisi	21
3. MATERYAL VE METOD	23
3.1. Orta Ayaklar İçin Oyulma Bağlantıları	23
3.2. Köprü Ayaklarındaki Oyulmalara Karşı Alınabilecek Tedbirler	30
3.3. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgi.....	35
3.3.1. Havzanın Konumu.....	35

3.3.2. Havzanın Akım Özellikleri	35
3.3.3. Havzanın İklim ve Bitki Örtüsü	37
3.4. Çalışma Sahası Hakkında Genel Bilgi	37
3.4.1. Ceyhan Köprüsü Özellikleri.....	37
3.4.2. Ceyhan Nehri Taban Malzemesi ve Danelerin Grup Özellikleri	45
3.5. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler	46
3.5.1. Oyulma Ölçüm Yöntemi	46
3.5.2. Nehir Rejiminin Gözlemlenmesi.....	48
3.6. HEC-RAS Yöntemi.....	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1. Ölçüm Çalışmaları.....	53
4.2. LN3 25 Yıllık Debiye Göre Orta Ayaklardaki Oyulmaların Hesabı.....	56
4.2.1. Tabandaki Oyulma Şeklinin Tespiti.....	59
4.2.2. Daralma Oyulmasının Hesabı	60
4.2.3. Orta Ayaklar Etrafındaki Oyulmanın Hesabı.....	62
4.3. LN3 100 Yıllık Debiye Göre Orta Ayaklardaki Oyulmaların Hesabı.....	68
4.3.1. Tabandaki Oyulma Şeklinin Tespiti.....	70
4.3.2. Daralma Oyulmasının Hesabı	72
4.3.3. Orta Ayaklar Etrafındaki Oyulmanın Hesabı.....	72
4.4. HEC-RAS Analiz Sonuçları.....	79
4.4.1. LN3 25 Yıllık Akım Koşullarında HEC-RAS	79
4.4.2. LN3 100 Yıllık Akım Koşullarında HEC-RAS	80
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	87
5.1. Sonuçlar.....	87
5.2. Öneriler.....	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95
EKLER	96

ÇİZELGELER DİZİN

SAYFA

Çizelge 2.1. Laursen denklemindeki k_1 katsayısı	10
Çizelge 2.2. Ettema'nın rölatif oyulma derinlikleri.....	17
Çizelge 2.3. Ayak çapına bağlı oyulma derinlikleri ilişkisi.....	19
Çizelge 2.4. Ayak formu katsayıları.....	20
Çizelge 3.1. Orta ayaklar etrafındaki oyulma bağıntıları	23
Çizelge 3.2. Taban şekil katsayısı	30
Çizelge 3.3. Türkiye'nin havzalarına ait teknik veriler	36
Çizelge 3.4. Ceyhan havzasına ait teknik veriler.....	37
Çizelge 4.1. LN3 Q_{25} Ayaklardaki su kotu yükseklikleri	56
Çizelge 4.2. LN3 Q_{100} Ayaklardaki su kotu yükseklikleri	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Zonguldak, Çaycuma köprüsü, sel afeti,.....	2
Şekil 1.2.	Adıyaman, Göksu Köprüsü, ayak oyulması,.....	2
Şekil 2.1.	Plak tipli köprülerde oyulma kesit görünüş	5
Şekil 2.2.	Germe kiriş tipli köprülerde ayak oyulması kesit görünüş	6
Şekil 1.3.	Oyulma derinliği grafiği 1	7
Şekil 1.4.	Oyulma derinliği grafiği 2	8
Şekil 2.5.	Daralma oyulması.	9
Şekil 2.6.	Bir köprü ayağı etrafındaki çevrıntiler ve oyulma çukuru	12
Şekil 2.7.	Rölatif oyulma derinliği grafiği	16
Şekil 2.8.	Dane büyüklüğü dağılım eğrisi	18
Şekil 2.9.	Ayak genişliğinin hücum açısına göre değişimi.	21
Şekil 3.1.	Keson temel	31
Şekil 3.2.	Birbirine bağlanmış beton plaklar.....	32
Şekil 3.3.	Ayak etrafındaki riprap kaplama	32
Şekil 3.4.	Memba kazıkları	33
Şekil 3.5.	Memba plakaları	33
Şekil 3.6.	Ayak üzerinde dairesel plaka	34
Şekil 3.7.	Ayakta yarık oluşturulması	34
Şekil 3.8.	Türkiye'nin havza haritası	35
Şekil 3.9.	TAG otoyolu, Ceyhan nehri kesişimi, CitySurf KGM	38
Şekil 3.10.	Ceyhan nehri köprüsü sağ platform proje onay kapak.....	39
Şekil 3.11.	Ceyhan nehri köprüsü sol platform proje onay kapak	40
Şekil 3.12.	Ceyhan nehri köprüsü sağ platform boy profil	41
Şekil 3.13.	Ceyhan nehri köprüsü sol platform boy profil	42
Şekil 3.14.	Ceyhan nehri köprüsü nehir açıklığı profili	43
Şekil 3.15.	Ceyhan nehri batimetrisi	44
Şekil 3.16.	Ceyhan köprüsünün memba kısmına ait zemin görüntüsü	45

Şekil 3.17. Ceyhan nehri zemin gradasyon grafiği	45
Şekil 3.18. DSİ ve EİEİ arazi ölçüm aracı ile yapılan bir ölçüm	46
Şekil 3.19. Ölçüm metodunun grafiksel gösterimi.....	47
Şekil 3.20. Akarsuda yüzey dalgasının zamana bağlı yayılımı.....	48
Şekil 3.21. HEC-RAS 5.0.3 Masaüstü ikon görünümü.....	49
Şekil 3.22. HEC-RAS 5.0.3 Sürümü masaüstü program arayüz görünümü	49
Şekil 3.23. HEC-RAS 5.0.3 Analiz menüsü	50
Şekil 4.1. Kritik rejimde saha gözlemleri.....	53
Şekil 4.2. Nehir rejiminde saha gözlemleri.....	54
Şekil 4.3. Ceyhan köprüsü üzerinde yapılan ölçümlere ait görüntüler	55
Şekil 4.4. Debi kesit alanının hesaplanması.....	57
Şekil 4.5. Ayaklardaki su kotu yükseklikleri Q_{25}	58
Şekil 4.6. Ceyhan köprüsü kenar ayak taş tahkimat.....	61
Şekil 4.7. Ayaklardaki su kotu yükseklikleri Q_{100}	69
Şekil 4.8. HEC-RAS Q_{25} Yıllık akım koşullarının hesaplama arayüzü	79
Şekil 4.9. HEC-RAS Q_{25} Köprü ayakları oyulma analiz sonuç ekranı	79
Şekil 4.10. HEC-RAS Q_{25} Köprü ayakları oyulma analiz sonuç raporu.....	80
Şekil 4.11. HEC-RAS Q_{100} Yıllık akım koşullarının hesaplama arayüzü	80
Şekil 4.12. HEC-RAS Q_{100} Köprü ayakları oyulma analiz sonuç ekranı	81
Şekil 4.13. HEC-RAS Q_{100} Köprü ayakları oyulma analiz sonuç raporu.....	81
Şekil 4.14. Sonuçların karşılaştırılması grafiği Q_{25}	82
Şekil 4.15. En yakın sonuçların karşılaştırma grafiği Q_{25}	83
Şekil 4.16. Sonuçların karşılaştırılması grafiği Q_{100}	84
Şekil 4.17. En yakın sonuçların karşılaştırma grafiği Q_{100}	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

b	: Köprü orta ayak genişliği
b_t	: α hücum açısı altında bir ayağın etkili uzunluğu
d_0	: Yaklaşım akım derinliği
d_m	: Ortalama kum dane çapı
d_{50}	: Yatak malzemesinin ağırlıkça %50'sinin geçtiği elek çapı
d_{90}	: Yatak malzemesinin ağırlıkça %90'ının geçtiği elek çapı
f	: Tabanın başlangıç konumundan itibaren ölçülen oyulma derinliği
Fr	: Froude sayısı
Fr_1	: Yaklaşım kesitindeki Froude sayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
h	: Ayak membasındaki akım derinliği
H_{dc}	: Daralma oyulması
H_h	: Gelen akım doğrultusunda arka taraftaki kazığın ön yüzünde oluşan oyulma
H_{dmax}	: Denge halindeki maksimum oyulma derinliği
k	: Boyutlu hava direnci katsayısı
k_s	: Eşdeğer kumul pürüzlülüğü
K	: Akarsu tabanındaki kayanın yapısı ile ilgili bir katsayı
K_d	: Tane çapı büyüklüğü için düzeltme katsayısı
K_I	: Akım şiddeti düzeltme katsayısı
K_G	: Kenar ayaklar için akarsu enkesit geometrisi faktörü
K_S	: Ayak form katsayısı
K_{yb}	: Akım derinliği ve ayak genişliğine oranına bağlı düzeltme sayısı
K_α	: Verev açısı etki katsayısı
K_θ	: Kenar ayaklarda akım yaklaşım açısı faktörü
K_s	: Taban malzemesi tane dağılım etkisi katsayısı

N_s	: Sediment sayısı
n^*	: Yaklaşım akım kanalındaki Manning pürüzlülük katsayısı
Q	: Toplam debi
Re	: Reynolds sayısı
$S_ç$: Kontrol hacminden çıkan sürüntü yükü
S_g	: Kontrol hacmine giren sürüntü yükü
t	: Oyulma derinliği
u	: Ortalama akım hızı
u_a	: Tane dağılımı büyük akarsuda zırhlanan malzemede en fazla oyulma yapan akım hızı
u_c veya u_{kr}	: Kritik ortalama akım hızı
u_{*c}	: Kritik kayma gerilmesi hızı
u_*	: Kayma gerilmesi hızı
W_1	: Köprü yapısında yaklaşım kesitindeki ortalama genişlik
W_2	: Köprü yapısında daralma kesitindeki ortalama genişlik
α	: Akımın ayak eksenine ile yaptığı açı
t	: Akarsu tabanında meydana gelen kayma gerilmesi
t_c	: Akarsu tabanında sediment taşınımının başladığı ana tekabül eden kayma gerilmesi

1.GİRİŞ

Köprüler, karayolu ve demir yolu ulaşımında sürekliliği sağlayan çok önemli yapılardır. Ancak bir taşkın sonrası köprülerin yıkılması veya ağır hasar görmesi can ve mal kaybına neden olmaktadır. Yapılan istatistiksel araştırmalar köprülerin yıkılma ve hasar görmelerinin sebebinin % 60 hidrolik etkenlerden meydana geldiğini ortaya koymuştur (Shirhole ve Holt, 1991). Bu nedenle bir köprünün tasarımında en az yapısal etkenler kadar hidrolik etkenlerinde göz önünde bulundurulması gerekir.

Bilim insanları bu konunun önemine dayanarak 1950'li yıllardan itibaren bu konuyla ilgili deneysel çalışmalara başlanmış ve günümüzde de bu çalışmalara devam edilmektedir. Hidrolik oyulmaya etki eden parametrelerin fazlalığı ve bu parametrelerin neredeyse her akarsuda ve köprü yapısında farklılık göstermesi sebebiyle hem teorik, hem de deneysel sonuçlara dayalı, her koşulda kullanılan tek bir eşitlik elde edilememiştir. Bu yüzden tasarım yapacak bir mühendisin bu konuda tecrübeli olması, oyulma mekanizmasını anlamış olması ve bir sonraki bölümlerde de değinilecek olan oyulma miktarını hesaplamaya yönelik yöntemlerin, en azından hangi koşullarda geçerli olduğunu bilecek kadar bu yöntemlerden haberdar olması gerekir.

Ülkemizde son yıllarda köprü ayaklarında oyulma nedeniyle ölümlü ve maddi boyutlu kazalar olduğu için konunun önemi ciddiyetini korumaktadır.

Zonguldak ili Çaycuma ilçesinde 1951 yılında inşa edilen Çaycuma köprüsü 2012 de yıkılmıştır. Çaycuma köprüsü hidrolik etkenlerden (sel, oyulma, yığılma, vb.) kaynaklanan zorlamalar altında çöktüğü kanaatine varılmıştır (Caner, Yanmaz, 2012). Yaşanan bu olayda 15 kişi yaşamını yitirmiştir (Şekil 1.1).

Adıyaman'ın tek giriş ve çıkış yolu olan Göksu köprüsü 2012 yılında ayaklarının altının oyulması sonucu yıkılma tehlikesi geçirmiştir. Bu tehlikenin köprü mansap bölgesinde faaliyet gösteren kum ocağından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Karayolları, Elazığ Bölge Müdürlüğü, 2012) (Şekil 1.2).



Şekil 1.1. Zonguldak, Çaycuma köprüsü, sel afeti, 2012



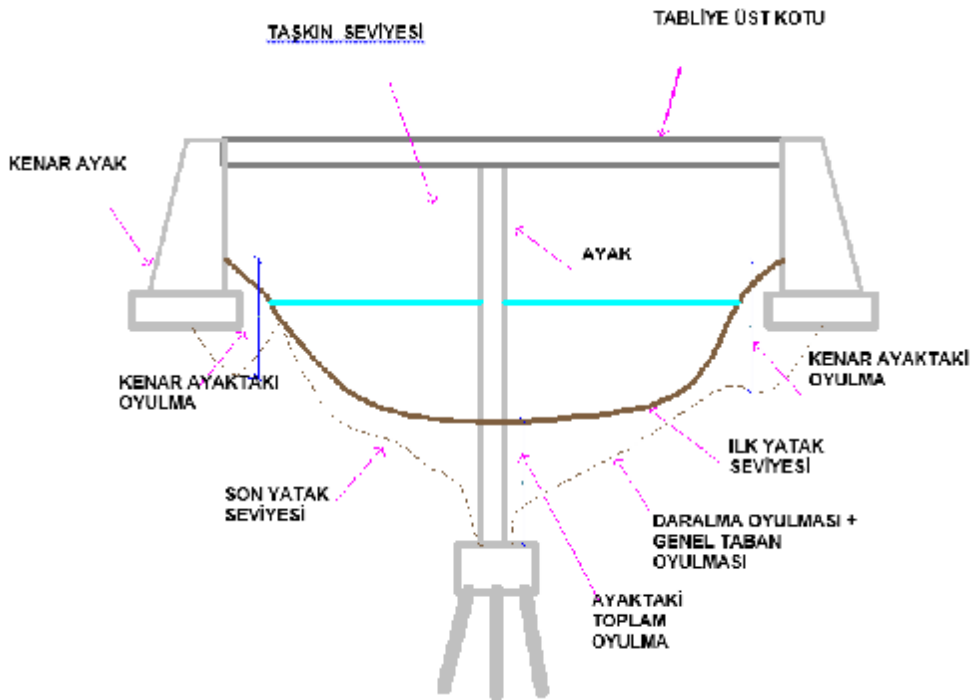
Şekil 1.2. Adıyaman, Göksu köprüsü, ayak oyulması, 2012

Bu tez çalışmasında, karayolu ağında yer alan 1989 yılında inşa edilen Ceyhan köprüsünün orta ayakları üzerindeki oyulmalar havza özellikleri dikkate alınarak literatürde yaygın olarak kullanılan denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Arazi ölçümleri yapılarak gerçek oyulmalar ile teorik değerler karşılaştırılmıştır. Ek olarak bu çalışmanın yapılmasında HEC-RAS programı kullanılmıştır. Program sayesinde ayaklar üzerindeki su kotu ve ayaklar üzerindeki oyulma miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre köprünün oyulma problemlerine karşı güvenilirliği değerlendirilmiştir.

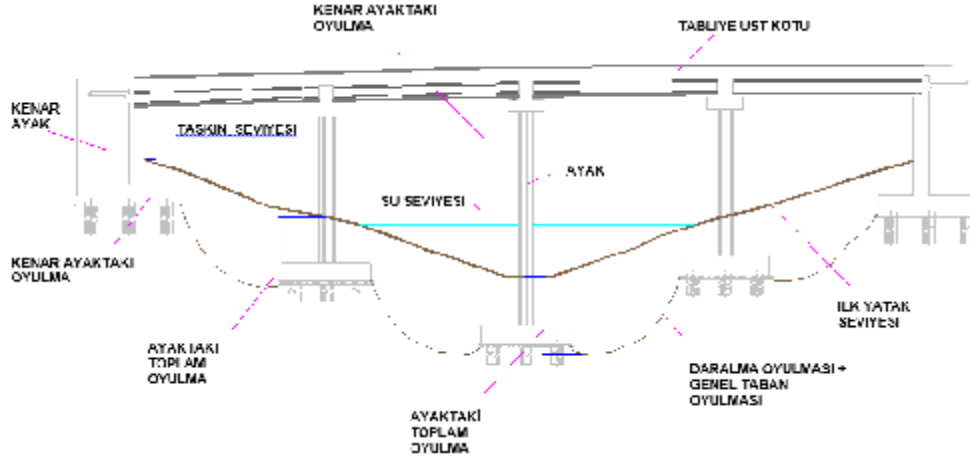
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Köprü Açıklığında Taban Oyulması

Akarsu yatağına yerleştirilen bir köprü nehrin doğal akımında iki önemli değişiklik meydana getirir. Bunlardan birincisi nehir yatağında meydana gelen daralma sebebiyle membada meydana gelen kabarmadır. İkincisi ise akıntının içine yerleştirilen orta ayakların akıma engel olmaları sebebiyle meydana gelen çevrıntilerdir. Akarsu bu doğal olmayan değişimleri yok ederek eski haline dönmeye çalışır. Bu esnada köprü yan ve orta ayakları etrafında ve akarsu tabanında Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterildiği gibi aşınmalar meydana gelir. Bu aşınmalara “oyulma” denilir (Gedeli, 2006).



Şekil 2.1. Plak tipli köprülerde oyulma kesit görünüşü (Yanmaz, 2002)



Şekil 2.2. Germe kiriş tipli köprülerde ayak oyulması kesit görünüşü

Tabanı alüvyonlu bir akarsuyun kontrol hacminde meydana gelen oyulma hacmini süreklilik kanunundan faydalanarak şu şekilde hesaplayabiliriz;

$$\frac{d_v}{d_t} = S_\zeta - S_g \quad (2.1)$$

Burada V tabanda alınan kontrol elemanının hacmi, t zaman, S_ζ ve S_g sırasıyla kontrol hacminden çıkan ve kontrol hacmine giren sürüntü yüküdür (Yanmaz, 2002).

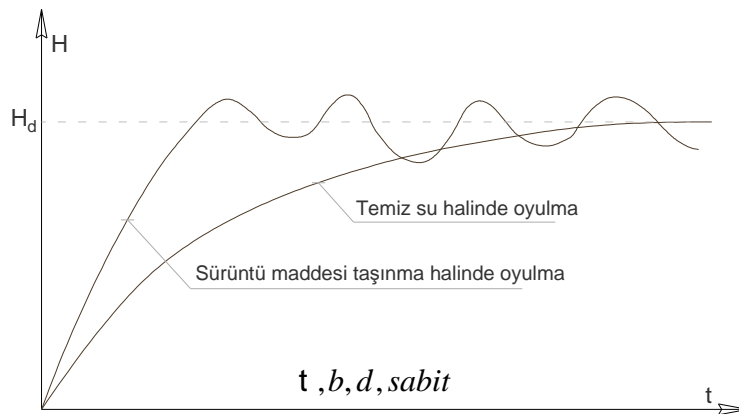
Eğer $S_\zeta - S_g > 0$ olursa akarsu tabanında birikme, eğer $S_\zeta - S_g < 0$ olursa akarsu tabanında oyulma meydana gelir. Akarsu içerisindeki sürüntü debisi akım hızıyla doğru orantılı olarak artar. Akarsu tabanının daraldığı noktalarda hız artacağından bu noktada $S_g > S_\zeta$ olur yani bu noktada oyulma meydana gelir. İşte bu oyulma türüne daralma oyulması denmektedir.

Akarsu yatağında akıma karşı bir engel konulduğunda bu engel etrafında çevrıntiler oluşur. Bu çevrıntiler sebebiyle ayak etrafında yerel oyulmalar meydana

gelir. Ayak etrafındaki oyulmanın en derin kısmı memba yüzünde yer almaktadır. Oyulma çukurunun memba şevi, taban malzemesinin su içindeki tabii şevine yakın, mansap şevi ise daha yatıktır. Köprü ayakları etrafında meydana gelen oyulmalar membada sürüntü maddesi taşınıp taşınmaması durumuna göre temiz su oyulması ve hareketli taban oyulması olarak iki grupta incelenmektedir.

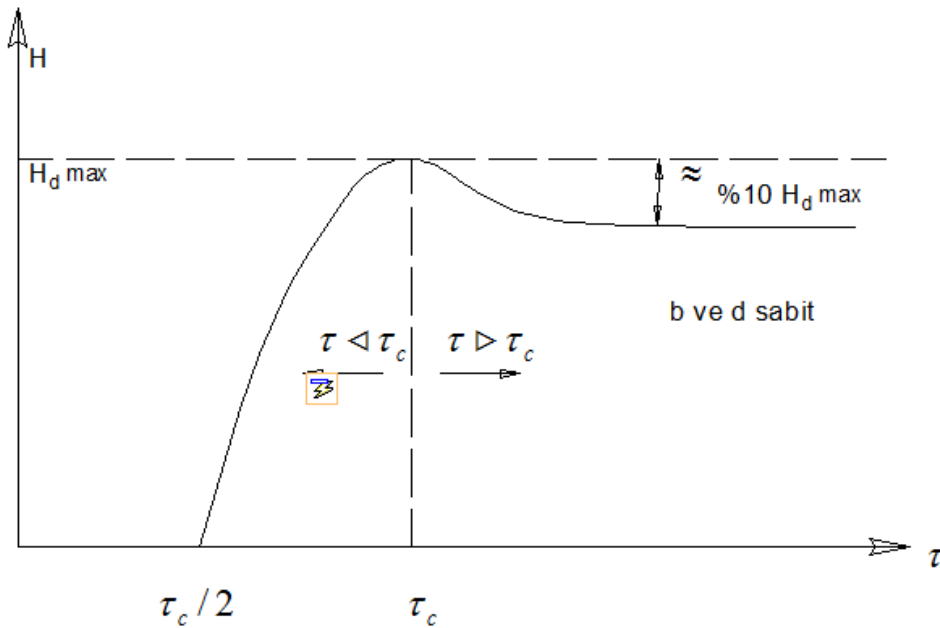
Alüvyonlu akarsularda akımın sürüklenme gerilmesinin taban malzemesinin kritik sürüklenme gerilmesinden büyük olması, $t > t_c$, durumunda tabanda sürüntü maddesi taşınımı başlamaktadır. Bu şekilde meydana gelen oyulmalara hareketli taban oyulması denilmektedir. Ancak akarsu içerisinde bir engel olması durumunda akım sürüklenme gerilmesi, taban malzemesinin kritik sürüklenme gerilmesinden küçük olsa bile engel etrafındaki çevrıntilerden dolayı oyulma oluşmaktadır. Bu oyulmaya temiz su halinde oyulma denilir ve Carstens'a (1966) göre yaklaşık olarak $t = t_c / 2$ 'de başlamaktadır.

Ayak etrafında $t_c / 2$ civarında başlayan oyulma Şekil 2.3'de verildiği gibi zamanla artar ve bir süre sonra sabit bir değere ulaşır. Buna denge oyulma derinliği, H_d , denilmektedir (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1975). Aynı şekilde görüldüğü gibi hareketli taban oyulması halinde denge oyulmasına daha kısa sürede ulaşılmaktadır.



Şekil 2.3. Oyulma derinliği grafiği 1 (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1977)

Belirli bir yapı genişliği ve taban malzemesi tane çapı için denge oyulma derinliği, τ değeri arttıkça artmakta ve akımın belli bir değerinde maksimuma ulaşmaktadır (Şekil 2.4). Bu değere denge halindeki maksimum oyulma derinliği denilmektedir ve H_{dmax} ile gösterilmektedir (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1977).

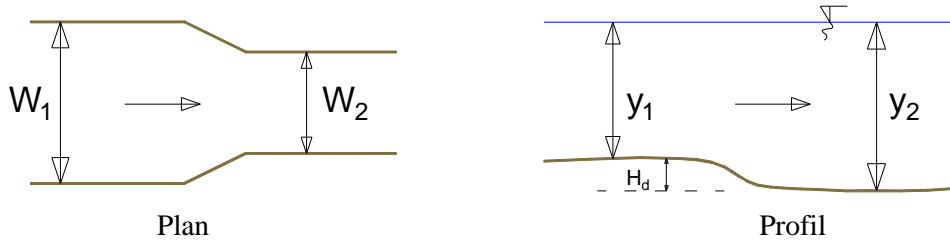


Şekil 2.4. Oyulma derinliğinin akımın sürüklenme gerilmesine bağlı olarak değişimi (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1975)

2.2. Köprü Açıklığında Daralma Oyulması

Köprü geçişlerinde köprü kenar ayakları veya varsa köprü orta ayakları sebebiyle akarsu net açıklığında, B_{net} , azalma olabilir. Bu daralma sebebiyle membada kabarma ve hızda artma meydana gelir. Hızda meydana gelen artmalar akarsu tabanındaki kayma gerilmelerinin de artmasına neden olur. Eğer tabandaki kayma gerilmelerinin artışı fazla olursa tabanda ciddi miktarda oyulmalar meydana gelebilir. Oyulmanın derinliği $b = W_1/W_2$ şeklinde tanımlanan bir daralma katsayısına bağlıdır (Yanmaz, 2002).

Daralma oyulması Şekil 2.5’de gösterildiği gibi oluşmaktadır. Şekildeki W_1 ve W_2 sembolleri sırasıyla yaklaşım ve daralma kesitlerindeki ortalama genişlikleri, y_1 ve y_2 sırasıyla yaklaşım ve daralma kesitlerindeki ortalama derinlikleri göstermektedir. H_d ise daralma oyulması miktarını göstermektedir.



Şekil 2.5. Daralma oyulması (Yanmaz, 2002)

Literatürde sunulan daralma oyulması bağıntılarından bir kısmı şöyledir;

Laursen (1960) tarafından sunulan ve Richardson ve Davis (2001) tarafından düzenlenen hareketli taban oyulması denklemi şöyledir:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{C_2 Q_2^{0.6/7}}{C_1 Q_1^{0.6/7}} \frac{W_1^{k_1}}{W_2^{k_1}} \quad (2.2)$$

Hız yükleri ihmal edilirse H_{dc} yaklaşık olarak $H_{dc} = y_2 - y_1$ olarak hesaplanabilir. Bu formülde üs olarak kullanılan k_1 katsayısı Çizelge 2.1’de verilmiştir. Temiz su oyulması için aynı kişiler tarafından denklem 2.3 önerilmiştir.

$$y_2 = \frac{0.0235 Q^2}{D_{50}^{2/3} W^2} \quad (2.3)$$

Çizelge 2.1. Laursen (1960) denklemindeki k_1 katsayısı

$\frac{Q_2}{Q_1} \frac{t_1}{t_2} \frac{g}{\phi}$	k_1	Taban sürüntü yükü özelliği
<0.5	0.59	Kayma ve yuvarlanma
0.5~2	0.64	Sıçrama ve sınırlı askı hareketi
>2.0	0.69	Askı yükü fazla sürüntü hareketi

Komura (1966) eşitlikleri:

$$\frac{y_2}{y_1} = 1.6 F_{r1}^{0.2} t_g^{-0.5} \quad (\text{temiz su oyulması için}) \quad (2.4)$$

$$\frac{y_2}{y_1} = 1.645 t_g^{-0.5} \quad (\text{hareketli taban oyulması için}) \quad (2.5)$$

Gill (1981) eşitlikleri:

$$\frac{y_2}{y_1} = b^{6/7} \frac{Q_2}{Q_1} \frac{t_1}{t_2} \frac{g}{\phi}^{-3/7} \quad (\text{temiz su oyulması için}) \quad (2.6)$$

$$\frac{y_2}{y_1} = b^{6/7} \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^{1/m} \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{-3/7} \frac{g}{\phi} \quad (\text{hareketli taban oyulması için}) \quad (2.7)$$

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan bazı simgelerin anlamları şöyledir,

Q_1 : Membadaki toplam debi

Q_2 : Daralmış kesitteki debi

Q: Köprü açıklığındaki metre cinsinden net genişlik W değerinden geçen debi

σ_g : Taban malzemesi tane dağılımının geometrik standart sapması

Fr₁: Yaklaşım kesitindeki Froude sayısı

t_c: Taban malzemesinin kritik kayma gerilmesi

t₁: Yaklaşım kesitindeki taban kayma gerilmesi

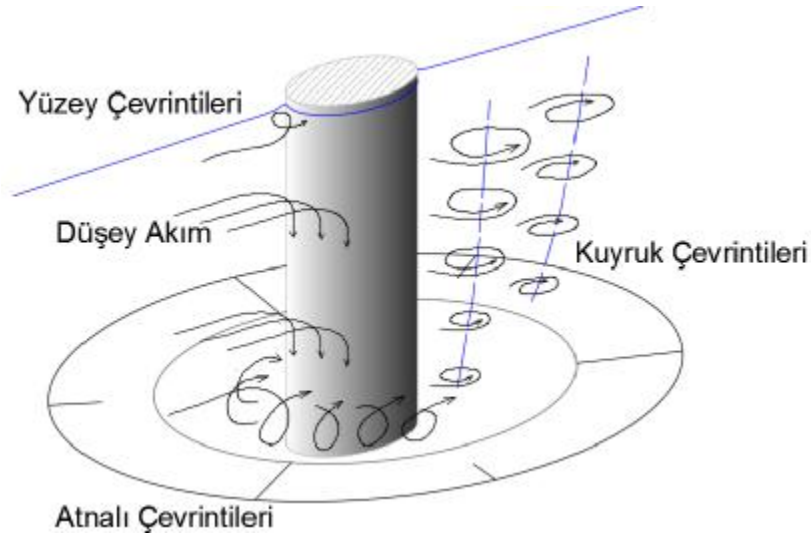
m: Einstein - Brown (1950) bağıntısına göre m = 3 değerini alan bir üstür.

$\beta = W_1 / W_2$ şeklinde tanımlanan daralma katsayısıdır.

2.3. Köprü Ayakları Etrafındaki Yerel Oyulmalar

2.3.1. Oyulma Mekanizması

Köprü ayaklarında oyulmayı oluşturan ana mekanizma ayağın memba yüzünde tabana doğru olan akım ve akarsu tabanında köprü ayağı etrafında meydana gelen çevrintilerdir. Bir köprü ayağına yaklaşan akım gittikçe yavaşlar ve ayak yüzünde hızı sıfıra düşer. Bunun sonucunda ayak yüzünde basınç artışı olur. Bir açık kanalda akım hızı yüzeyden tabana doğru azaldığı için ayak yüzeyindeki basınçta tabana doğru azalır. Bu şekilde tabana doğru azalan bir basınç gradyeni oluşur. Bu basınç gradyeni, akımı su jeti gibi ayak yüzünden aşağıya doğru gitmeye zorlar. İşte bu aşağı doğru olan akıntının çarpması etkisiyle taban aşınır ve ayak etrafında bir oyulma çukuru oluşur. Ayak yüzeyinde aşağı doğru oluşan bu düşey akımın çarpma etkisi en önemli oyulma parametresidir (Melville ve Raudkivi, 1977). Oyulma mekanizmasının ve akımın parametreleri Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Bir köprü ayağı etrafındaki çevrintiler ve oyulma çukuru

Şekil 2.6'da gösterildiği gibi köprü ayağındaki düşey akım oymaya devam ederken aynı zamanda gelen akımla girişim yaparak karışık bir çevrinti sistemi oluşturur. Bu çevrintiler ayağın yanlarından geçerek ayak çapının birkaç katı kadar mesafe alırlar ve etkilerini kaybederler. Oluşan bu çevrintilere at nalına çok benzemeleri sebebiyle atnalı çevrintileri adı verilmektedir. Düşey akımın ayak tabanında oyduğu malzeme, atnalı çevrintiler tarafından mansaba taşınır. Ayak tabanındaki oyulma miktarı arttıkça atnalı çevrintilerinin şiddeti azalır dolayısıyla taşınan sediment miktarı da azalır. Köprü ayaklarında atnalı çevrintilerinin yanı sıra ayak mansabında akım yönünde başka çevrintilerde oluşur. Bu çevrintilere akımı ikiye ayırmalarından ve ayağın arkasında bıraktıkları izden dolayı kuyruk çevrintileri veya dümensuyu çevrintileri ya da akım ayrılma çevrintileri adı verilir.

Kuyruk çevrintileri atnalı çevrintilerine göre daha zayıftırlar ve daha az malzeme taşıyabilirler. Hem bu sebeple hem de mambadan gelen sedimentin bir kısmının yığılması nedeniyle ayak mansabındaki oyulma miktarı mambadakine göre daha azdır.

2.3.2. Oyulma Parametrelerinin Boyut Analizi

Köprü ayağı temellerinin emniyetli bir şekilde tasarlanması için ayaklar etrafındaki maksimum oyulma derinliğinin doğru tahmin edilmesi gerekir. Ayaklar etrafındaki oyulma mekanizması oldukça fazla araştırılmış olmasına rağmen, olayın karmaşık olması nedeniyle henüz genel bir ifade geliştirilmemiştir. Bunun başlıca nedeni, daha önce de anlatıldığı gibi ayaklar etrafındaki türbülanslı akımın üç boyutlu ayrılması ve zamanla değişen katı madde taşıyan akımın oyulma çukuruyla girişimidir. Oyulma mekanizmasını etkileyen parametreler şu fonksiyonla ifade edilir (Yanmaz, 2002).

$$H_d = f(\rho, \nu, g, d_0, u, a, u_*, S_0, B, C_c, K_a, K_d, K_b, K_c, K_d, r, d_{50}, s_g, C, K_f, b, K_s, K_g, K_r, t) \quad (2.8)$$

Boyutsuz parametreler Buckingham-II teoremiyle (Shames, 1992) bulunabilir. Analizde tekrar eden parametreler ρ , u ve b olarak seçilebilir. Bulunan boyutsuz parametreler tekrar düzenlenerek aşağıdaki bağıntı bulunmuştur.

$$\frac{H_d}{b} = f_1\left(\frac{u}{\sqrt{gd_0}}, \frac{uD_{50}}{\nu}, D, \frac{d_0}{b}, \frac{u_*}{u}, \frac{D_{50}}{B}, \frac{ut}{b}, K_f, \frac{K_c}{D_{50}}, \frac{K_b}{D_{50}}, \frac{D_{50}}{b}, \frac{C}{ru^2}, a, S_0, C_c, K_a, K_d, s_g, K_s, K_g, K_f\right) \quad (2.9)$$

Burada $u/\sqrt{gd_0}$ akımın Froude sayısı (Fr), uD_{50}/ν tane Reynold sayısı (Re), $\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho$ görelî yoğunluk, u_{*c} kritik kayma gerilmesi hızıdır. Olayı etkileyen boyutsuz parametre sayısının oldukça çok olması nedeniyle özel durumlar için bu ifade daha basit hale getirilebilir. Bunun için bazı varsayımlar yapılabilir. Sabit şekil faktörlü, kohezyonsuz taban malzemesi ($C = 0$, $K_f = 1.0$). Katı madde ve su yoğunlukları sabittir. Kuvartz kum için $\Delta \approx 1.65$ değerindedir.

Akarsu köprü geçişinde önemli bir daralma olmayacak kadar geniştir ($C_c \approx 1.0$). Düzgün şevli akarsu tabanındaki taban şekillerinin etkisi ihmal edilmektedir. Taban pürüzlülüğü sadece d_{50} cinsinden ifade edilmektedir ($K_b = 1.0, K_c = 1.0$). Akarsu planda düz ve prizmatiktir (S_0 sabit, $K_d = 1.0$). Tek pürüzsüz ayak tabana dik oturtulmuştur ($K_s = 1.0, K_g = 1.0, K_r = 1.0, K_v = 1.0$). Taban malzemesi çapı akarsu genişliğinden çok küçüktür ($d_{50} / B \approx 0$). Bu varsayımlardan sonra yukarıdaki denklem şu hali alır (Yanmaz, 2002).

$$\frac{H_d}{b} = f_2 \left(\frac{u_*}{u}, R_e, \frac{d_0}{b}, s_g, \frac{b}{D}, \frac{ut}{b}, K_a, K_s \right) \quad (2.10)$$

Pratikteki olası tasarım koşulları düşünüldüğünde bu bağıntı şu varsayımlarla daha basit hale dönüştürülebilir. Chabert ve Engeldinger (1956), Nicollet ve Ramette (1971), ve bazı diğer araştırmacıların yapmış oldukları deneyler, sabit bir ayak genişliği, b , taban malzemesi çapı, D_{50} , ve taban hareketi başlama anı ve hareketli taban koşulları için oyulma derinliğinin dengeli bir derinlik etrafında salınım yaptığını göstermiştir. Dolayısıyla $u_* \geq u_{*c}$ koşullarında Reynolds sayısının etkisi ihmal edilebilir. Sabit tane çapı ve taban eğiminde u_* / u sadece yaklaşım akım derinliği, d_0 değerine bağlıdır. Dolayısıyla u_* / u parametresi d_0 / b teriminde içirilmektedir. Hareketli taban koşullarında, uzun akım süreleri için zaman etkisi ihmal edilebilir. Zira oyulma derinliği dengeli bir derinlik etrafında salınım göstermektedir. Böylece denklemin daha genel hali şu şekli alır (Yanmaz, 2002).

$$\frac{H_d}{b} = f_3 \left(\frac{u_*}{u}, R_e, \frac{d_0}{b}, s_g, \frac{b}{D_{50}}, K_a, K_s \right) \quad (2.11)$$

2.3.2.1. Yaklaşım Akım Hızının Etkisi

Temiz su oyulması koşullarında ortalama hız, u_c değerine kadar artmaktadır. Bu aralıkta oyulma derinliği hızla orantılı olarak artmaktadır, çünkü temiz su oyulması durumunda akım gücünün tamamı oyulma için kullanılmaktadır. u_c değeri aşıldıktan sonra ise akımda katı madde taşınımı başladığı için akım gücünün bir kısmı madde taşınımı için kullanılmaktadır. Dolayısıyla, $u > u_c$ durumunda oluşan oyulma derinliği $u = u_c$ durumunda oluşan değerlerden daha azdır (Yanmaz, 2002).

Rölatif oyulma derinliğinin, H_d/D , U/U_c ile değişimi Şekil 2.7'de verilmiştir.

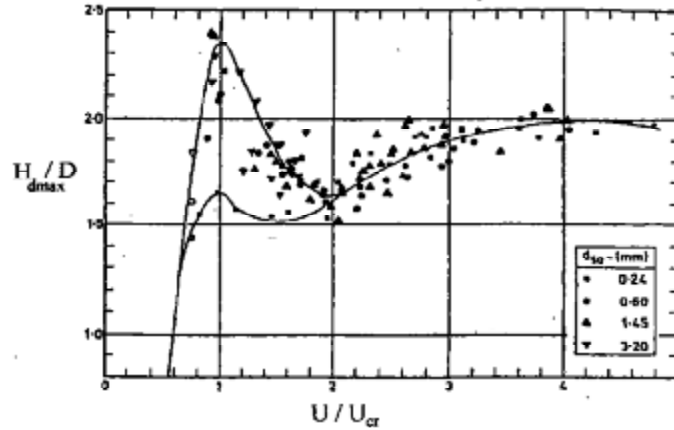
Bu şekle bakarak şunları söyleyebilmek mümkündür:

$U / U_c = 1.0$ olması durumunda, oyulma derinliği maksimum olmaktadır.

$U / U_c = 1.5 \sim 2$ olması durumunda, oyulma derinliği azalmaktadır.

$2.0 < U / U_c < 3.0 \sim 5.0$ olması durumunda, oyulma derinliği tekrar artmakta, $U/U_c \gg 5.0$ olması halinde 2. maksimum oyulma derinliğine ulaşıldıktan sonra tekrar azalmaktadır (Üç, 1988).

$U/U_c \gg 5.0$ olması durumunda Reynold sayısı $2.5 \cdot 10^3 \sim 3.0 \cdot 10^3$ civarındadır. Bu değerden büyük Reynold sayılarında deney koşullarında çalışma yapmak zor olduğundan, Üç (1988), literatürdeki prototip verilerden yararlanarak yaptığı çalışmalarda $Re @ 1.0 \cdot 10^6$ değerlerinde 3. maksimum oyulma derinliğine ulaşıldığını belirtmiştir (Üç, 1988).



Şekil 2.7. Rölatif oyulma derinliği grafiği (Chee ve Chiev, 1982)

2.3.2.2. Yaklaşım Akım Derinliğinin Etkisi

Akım alanına bir engel konulduğunda membada su kabarmasından dolayı yüzeysel çevrıntiler oluşur. Akım tabanında ise bu çevrıntilere ters yönde atnalı şeklinde çevrıntiler oluşur. Akarsu tabanındaki oyulma bu iki çevrıntinin birbiriyle yaptıkları girişimin bir sonucudur. Yaklaşım akım derinliği az ise bu iki çevrinti birbiriyle girişim yapmakta ve oyulmayı arttırmaktadırlar (Yanmaz, 2002). Yaklaşım akım derinliği arttıkça oyulma derinliği de artmaktadır. Ancak akım derinliğinin belli bir değerinden sonra oyulmaya etkili olmadığı tüm araştırmacıların ortak görüşüdür. Bunun nedeni, akım derinliğinin artması ile oyulmanın esas faktörü olan atnalı çevrıntisinin fazla etkilenmemesi, buna karşılık atnalı çevrıntiler ile yüzeysel çevrıntiler arasındaki girişimin gittikçe azalmasıdır.

Yapılan bazı çalışmalara dayanarak ince agrega için $d_o / b \geq 3.0$ (Melville, 1988) değerlerinde ve kaba agrega için $d_o / b \geq 6.0$ (Breusers, 1991) değerlerinde akım derinliğinin oyulmaya etkisinin ihmal edilebileceğini söyleyebiliriz.

2.3.2.3. Taban Malzemesi Dağılımının Etkisi

Dane çapının oyulmaya etkisi konusunda iki farklı görüş mevcuttur:

- 1- Oyulma derinliği dane çapından bağımsızdır (Larras, 1972; Coleman, 1971).
- 2- Oyulma derinliği dane çapının belirli sınırları arasında dane çapı ile artmakta, bu sınırlar dışında ise bağımsızdır (Laursen, 1956; Ettema, 1976).

Ettema'nın farklı dane çapları için elde ettiği rölatif oyulma derinlikleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Ettema'nın rölatif oyulma derinlikleri

d_{50} (mm)	0.55	0.70	0.85	1.90	4.10	6.0
H_{dmax}/D	1.47	1.75	2.00	2.05	2.20	2.10

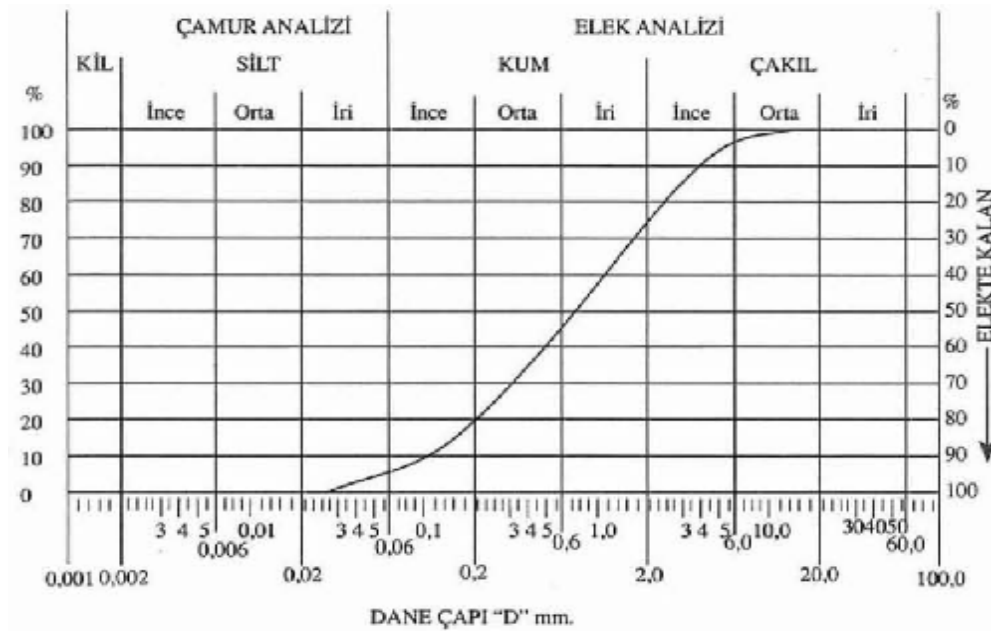
Nicollet (1971), yaptığı çalışmada, üç farklı çapa sahip malzemeyi önce ayrı ayrı sonra eşit oranda karıştırarak deneyler yapmış ve sonuç olarak dane çapı ve granülometrisinin oyulma derinliğinde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Raudkivi (1986), ve Ettema'da (1980), taban malzemesi dağılımının oyulmaya etkisini araştırmışlar ve dane dağılımı standart sapmasının oyulma derinliği üzerinde önemli etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Dane dağılımının geometrik standart sapması, σ_g , arttıkça tabandaki zırhlanma etkisiyle, yani kaba malzemenin ince malzemenin üstünü örtmesiyle, oyulma derinliği önemli ölçüde azalmaktadır. Raudkivi (1986) bu etkiyi bir K_s katsayısıyla tanımlamıştır. Yanmaz (2002) Raudkivi'nin verdiği düzeltme eğrisi için şu regresyon denklemini vermiştir;

$$K_s = 0.00134\sigma_g^5 - 0.223\sigma_g^4 + 1.406\sigma_g^3 - 4.086\sigma_g^2 + 5.00\sigma_g - 1.117 \quad (2.12)$$

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz ki, temiz su oyulması halinde oyulma derinliği dane çapından etkilenir, fakat hareketli taban oyulması halinde dane çapının oyulmaya etkili olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir (Üç ve Ağaçoğlu, 1988).

Kohezyonsuz danelerin büyüklük dağılımı elek analizi yöntemiyle bulunabilir. Çapı 1/16 mm'den küçük danelerin büyüklüğü çökeltme yöntemiyle yapılabilir. Dane büyüklüğü bağımlı eğrisi Şekil 2.8'de sunulmaktadır.



Şekil 2.8. Dane büyüklüğü dağılım eğrisi

2.3.2.4. Ayak ve Dane Büyüklüklerinin Oyulmaya Etkisi

Ettema (1980), görelî ayak büyüklüğünün, b / D_{50} , oyulma derinliğine etkisini araştırmıştır. Görelî ayak büyüklüğünün $b / D_{50} < 50$ değerleri için taban malzemesi oldukça kaba olup, tabanda fazla pürüzlülük yapmakta ve ayak memba tarafında oluşan düşey akım tabana gömülerek enerjisi olabildiğince sönmülmektedir. Böylece taban erozyonu azalmaktadır (Breusers ve Raudkivi,

1991). Görelî ayak büyüklüğünün $b / D_{50} \geq 50$ değerleri için ise görelî oyulma derinliğinin, d_s / b , dane çapından etkilenmediği gözlenmiştir.

Köprü ayakları etrafındaki oyulma çukuru büyüklüğü ayak büyüklüğüne bağlı olduğu için büyük ayak genişliklerinde dengeli oyulma derinliğinin değeri daha fazla olmakta ve bu değere daha geç ulaşılmaktadır (Yanmaz, 1991). Tasarımda yapısal açıdan sorun olmayacak en küçük ayak genişliği hidrolik açıdan en uygun sonucu verecektir (Yanmaz, 2002).

2.3.2.5. Ayak Şekli ve Narinliğinin Oyulma Derinliğine Etkisi

Münferit bir köprü ayağında meydana gelen oyulmanın en önemli sebebi akımda oluşan çevrıntilerdir. Akım içerisinde oluşan bu çevrıntilerin şiddeti akıma verilen rahatsızlıkla orantılı olarak artar. Dolayısıyla akım içerisine konulan engelin şekli ve boyutları akım içerisinde oluşan çevrıntileri ve dolayısıyla oyulma miktarını etkiler.

Akımın atak açısından etkilenmeyen tek ayak şekli dairesel silindirik ayaklardır. Bu sebeple araştırmacılar, dairesel silindirik ayaklarda oluşan oyulma derinlikleri ile diğer ayak şekillerinde meydana gelen oyulma derinliklerini karşılaştırmışlardır. Literatürdeki ayak çapına bağlı olarak oyulma derinliğini veren bazı ampirik formüller Çizelge 2.3’de verilmiştir (Üç, 1988).

Çizelge 2.3. Ayak çapına bağlı oyulma derinlikleri ilişkisi (Üç, 1988)

Larras (1963)	$H_{d0}=1.05D^{0.75}$
Breuser (1965)	$H_{d0}=1.40D$
Shen (1969)	$H_{d0}=D^{0.619}$
Başak (1975)	$H_{d0}=0.558D^{0.586}$
Coleman (1971)	$H_{d0}=1.40D^{9/10}(U^2/2g)^{1/10}$
Üç (1979)	$H_{d0}=0.61D^{0.766}$

Dairesel olmayan ayak tipleri için oyulma derinlikleri; aynı boyutlardaki dairesel silindirik ayaklarda elde edilen derinliklerin bir ayak form katsayısı, K_s ,

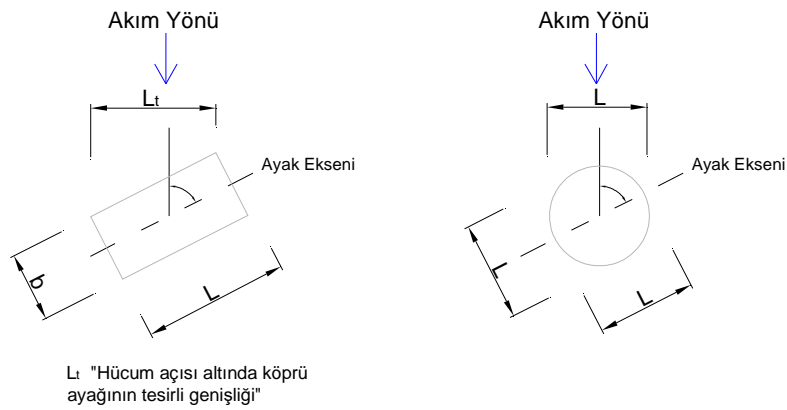
ile çarpılmasıyla elde edilir. Bazı araştırmacılar tarafından ayak şekline ve narinliğine bağlı olarak verilen ayak form katsayıları Çizelge 2.4' de gösterilmiştir. Aynı tablonun en sağında Başak ve arkadaşları (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1977) tarafından tavsiye edilen değerler de görülmektedir. Burada narinlik, bir ayağın uzunluğunun genişliğine oranı olarak tanımlanmakta ve narinlik oranı arttıkça oyulma derinliği azalmaktadır.

Çizelge 2.4. Ayak formu katsayıları (Başak, Başlamışlı ve Ergün, 1977)

Birin Formu	AYAK FORMU	L/b Oranı	L'/b' Oranı	FORM KATSAYISI							
				LAURSEN	CHABERT	TISON	ESCANDE	LARRAS	DIETZ	MAZA ALVAREZ	TAVSİYE EDİLEN DEĞERLER
YARIM DAİRE		1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		2	1	1.00	—	—	—	1.00	—	0.85	1.00
		3	1	—	—	—	—	1.00	0.90	—	—
		4.5	1	—	—	1.00	—	—	—	—	—
		8.54	1	1.00	—	—	—	—	—	—	—
JUKOWSKI		2	1	—	—	—	—	—	0.80	—	0.80
		4	1	—	0.66	—	—	0.86	—	—	0.76
		4.1	1	—	—	0.76	—	—	—	—	0.76
		4.5	1	—	—	0.76	0.76	—	—	—	0.76
		5	1	—	—	—	—	—	0.66	—	0.66
UC GEN		9	—	—	—	—	—	—	0.41	—	0.41
		3	2	—	—	—	—	—	0.76	—	0.76
		5	4	—	—	—	—	—	0.65	—	0.65
ELİPS		2	2	0.89	—	—	—	0.91	0.83	—	0.90
		3	3	0.83	—	—	—	0.83	0.80	—	0.83
		5	5	—	—	—	—	—	0.61	—	—
MERCEK		2	2	0.89	—	—	—	0.91	—	—	0.90
		3	3	0.87	—	—	—	0.76	—	—	0.85
		4	4	—	0.73	0.70	0.67	0.76	—	—	0.73
		7	7	—	—	0.41	—	—	—	—	0.41
OGIVAL		4	1	—	0.92	0.86	—	0.92	—	—	0.90
TRASLI DÖRTGEN		4	1	—	—	1.01	—	—	—	—	1.00
DİK DÖRTGEN		0.25	—	1.11	—	—	—	—	—	—	1.20
		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		2	—	—	—	—	—	1.11	—	—	—
		3	—	—	—	—	—	—	1.08	—	—
		4	—	—	—	1.40	—	1.11	—	—	—
		4.4	—	—	—	1.40	—	—	—	—	—
		4.5	—	—	—	1.40	1.25	—	—	—	—
		5	—	—	—	—	—	—	0.99	—	—
		5.3	—	—	—	1.40	—	1.11	—	—	—
		6	—	—	—	—	—	1.11	—	—	—
8	—	—	—	—	—	1.11	—	—	—		
9.3	—	—	—	1.40	—	—	—	—	—		
10	—	—	—	—	—	1.11	—	—	—		

2.3.2.6. Akımın Hücum Açısının Oyulma Derinliğine Etkisi

Bir akım önüne konulan engelin şekil ve boyutlarının, engel etrafında oluşan oyulma üzerinde etkili olduğunu belirtmiştik. Bu sebeple akım içine konan engelin akımla yaptığı açı her değiştiğinde, eğer bu engel dairesel şekilli değilse, akıma karşı koyan yüzeyin genişliği ve şekli de değişir. Bu durumda hesaplanan oyulma derinliğinin yeni şartlara göre düzeltilmesi gerekir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Ayak genişliğinin hücum açısına göre değişimi

2.3.2.7. Zaman Etkisi

Temiz su olması durumunda denge oyulma derinliğine çok geç ulaşılır. Bunun en önemli nedeni, böyle bir durumun oyulma çukuru içindeki ortalama kayma gerilmesi, su ağırlık kuvveti etkisi ve türbülans gerilmelerinin birlikte bir denge oluşturmasının sağlanmasıdır. Düşük akım sürelerinde oyulma derinliğinin artış hızı fazla olup, zaman arttıkça bu artış oranı azalmaktadır (Gedeli, 2006).

Raudkivi (1986), laboratuvar koşullarında, yaklaşık olarak 50 saatlik bir sürenin, dengeli oyulma derinliğine erişmek için gerekli olduğunu belirtmektedir. Froude benzeşimi kullanıldığında 50 saatlik bir model süresinin doğada çok daha büyük akım sürelerine karşı geldiği anlaşılmaktadır (Yanmaz, 2002). Ancak pek çok durumda etkili akım süresi daha azdır. Bu nedenle, köprü ayağı temel

derinliğinin temiz su koşulları için tayin edilmesinde dengeli derinlik yerine makul bir tasarım süresinde ulaşılabilecek oyulma derinliğinin kullanılması daha gerçekçi ve ekonomiktir. Bunun için temiz su oyulması durumunda oyulma derinliğinin zamansal değişimi bilinmelidir (Yanmaz, 2002).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Orta Ayaklar İçin Oyulma Bağlıları

Literatürde orta ayaklar için pek çok oyulma bağıntısı verilmiştir. Çizelge 3.1'de orta ayaklar etrafındaki oyulma bağıntıları geçerlilik şartıyla beraber sunulmaktadır.

Çizelge 3.1. Orta ayaklar etrafındaki oyulma bağıntıları

Araştırmacı	Standart Denklem	Geçerlilik Şartı
Laursen 1958	$\frac{d_s}{b} = 1.34 \frac{C \omega_0^{0.5}}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Max. Temiz Su
Carsten 1966	$\frac{d_s}{b} = 0.546 \frac{C \omega_s^2 - 1.64 \phi^{5/6}}{e N_s^2 - 5.02 \phi}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban (Sediment)
Laursen 1963	$\frac{d_s}{b} = 1.11 \frac{C \omega_0^{0.5}}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban
Hancu 1971	$\frac{d_s}{b} = 2.42 \frac{C \omega_0^{1/3}}{e b \phi} F_r^{2/3}$	Dairesel Ayak, Max. Temiz Su
Neil 1973	$\frac{d_s}{b} = K_s$	Ks=1.5(dairesel), Ks=2(dikdörtgen)
Bresusers ve Diğer. 1977	$\frac{d_s}{b} = 2.0 \tanh \frac{C \omega_0}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Maksimum Temiz Su
Jain ve Fisher 1980	$\frac{d_s}{b} = 2.0 (F_r - F_{rc})^{0.25} \frac{C \omega_0^{0.5}}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban Fr - Frc > 0.2
Günyaktı 1988	$\frac{d_s}{b} = 1.183 \frac{C \omega_0^{0.471}}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Genel Oyulma
Günyaktı 1988	$\frac{d_s}{b} = 1.484 \frac{C \omega_0^{0.569}}{e b_t \phi}$	Dairesel Olmayan Ayak, Genel Oyulma
Yanmaz 1989	$\frac{d_s}{b} = 0.85 \frac{C \omega_0^{0.686}}{e b \phi}$	Dairesel Ayak, Max. Temiz Su (2.26 ≥ Ns ≥ 1.16)

Çizelge 3.1. Devamı

Yanmaz 1989	$\frac{d_s}{b} = 1.11 \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.654}}{C_e b_r \dot{\omega}}$	Kare Ayak, Max. Temiz Su ($2.26 \geq N_s \geq 1.16$)
Johnson 1992	$\frac{d_s}{b} = 2.02 \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.02}}{C_e b \dot{\omega}} F_r^{0.21} S_g^{-0.24}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban
Melvill 1997	$D_s = K_{yb} K_I K_d K_s K_a$	Genel Oyulma
Richardson ve Davis 2001	$\frac{d_s}{b} = 2.0 K_s K_a K_b K_z \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.35}}{C_e b \dot{\omega}} F_r^{0.43}$	Genel Oyulma
Yanmaz 2001	$\frac{d_s}{b} = 1.564 \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.405}}{C_e b \dot{\omega}} F_r^{0.413}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban
Yanmaz 2001	$\frac{d_s}{b} = 2.748 \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.556}}{C_e b \dot{\omega}} F_r^{0.859}$	Dairesel Olmayan Ayak, Hareketli Taban

Laursen (1963): Laursen (1963), dairesel ayak ve hareketli taban durumundaki oyulma için denklem 3.1’de ki bağıntıyı önermiştir.

$$\frac{d_s}{b} = 1.11 \frac{\omega_0 \dot{\omega}^{0.5}}{C_e b \dot{\omega}} \quad (3.1)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

d_0 : ayak üzerindeki etkin su yüksekliği

Neill (1973): Neill (1973), dairesel ve dikdörtgen ayaklar için denklem 3.2’deki bağıntıyı önermiştir. K_s katsayısı, dairesel ayaklar için 1.5 iken dikdörtgen ayaklar için 2 alınacaktır.

$$\frac{d_s}{b} = K_s \quad (3.2)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

Jain ve Fischer (1980): Jain ve Fischer (1980), silindirik bir kazık etrafında $(Fr - Fr_c) > 0.2$ olması şartı ile hareketli taban oyulması durumu için oyulma derinliğini, denklem 3.3'deki gibi önermişlerdir.

$$\frac{d_s}{b} = 2.0(F_r - F_{rc})^{0.25} \frac{u_c}{g d_0} \frac{D}{b} \quad (3.3)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

d_0 : ayak üzerindeki etkin su yüksekliği

Burada,

$$Fr = \frac{u}{(g d_0)^{0.5}} \quad (3.4)$$

$$Fr_c = \frac{u_c}{(g d_0)^{0.5}} \quad (3.5)$$

$$\frac{u_c}{u_{*c}} = 5.75 \log(5.53 \frac{d_0}{D}) \quad (3.6)$$

Günyaktı (1988): Günyaktı (1988), genel oyulma durumunu incelemiş ve dairesel ayaklar için denklem 3.7'yi önermiştir.

$$\frac{d_s}{b} = 1.183 \left(\frac{d_0}{b} \right)^{0.471} \quad (3.7)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

d_0 : ayak üzerindeki etkin su yüksekliği

Johnson (1992): Johnson (1992), hareketli taban durumu ve dairesel ayak için denklem 3.8'i önermiştir.

$$\frac{d_s}{b} = 2.02 \left(\frac{d_0}{b} \right)^{0.02} F_r^{0.21} s_g^{-0.24} \quad (3.8)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

d_0 : ayak üzerindeki etkin su yüksekliği

σ_g : Taban malzemesi dane dağılımının geometrik standart sapmasıdır.

Melville (1997): Melville (1997), oyulmaya etki eden parametreleri çok ayrıntılı bir biçimde incelemiş ve bu parametreler cinsinden genel oyulma denklemini denklem 3.9' daki gibi vermiştir,

$$d_s = K_{yb} K_l K_d K_s K_a \quad (3.9)$$

d_s : Oyulma miktarı

Burada,

K_{yb} : Akım derinliği ve ayak genişliğine oranına bağlı düzeltme katsayısı

K_I : Akım şiddeti düzeltme katsayısı

K_d : Dane çapı büyüklüğü için düzeltme katsayısı

K_s : Ayak şekil faktörü

K_α : Yaklaşım akımıyla köprü aksı arasındaki açının etki faktörü

K_{yb} , değerleri şu şekilde hesaplanır:

$$b / d_o < 0.7 \quad \text{®} \quad K_{yb} = 2.4 b \quad (3.10)$$

$$0.7 \leq b / d_o \leq 5 \quad \text{®} \quad K_{yb} = 2 \sqrt{d_o b} \quad (3.11)$$

$$b / d_o > 5 \quad \text{®} \quad K_{yb} = 4.5 d_o \quad (3.12)$$

K_I , değerleri şu şekilde hesaplanır,

Temiz su oyulması durumunda,

$$\sigma_g > 1.3 \text{ için} \quad K_I = \frac{\sigma_g - (u_a - u_c)}{u_c} \frac{\sigma_g}{\sigma_g} \quad (3.13)$$

Temiz su oyulması durumunda ,

$$\sigma_g < 1.3 \text{ (üniform taban malzemesi) için} \quad K_I = \frac{\sigma_g}{u_c} \frac{\sigma_g}{\sigma_g} \quad (3.14)$$

K_s , Dairesel için 1, Kare için 1.1, uçları inceltilmiş ayaklar için 0.9 alınır.

K_α : $\alpha = 0$ için 1 alınacaktır.

Burada,

u : Ortalama akım hızı

u_a : Dane dağılımı büyük akarsuda zırhlanan malzemede en fazla oyulma yapan akım hızı

u_c : Kritik ortalama akım hızı

K_I : 1.0 (Hareketli taban durumunda)

K_d değeri şu şekilde hesaplanır,

$$\frac{b}{D_{50}} \leq 25 \quad \textcircled{R} \quad K_d = 0.57 \log\left(2.24 \frac{b}{D_{50}}\right) \quad (3.15)$$

$$\frac{b}{D_{50}} > 25 \quad \textcircled{R} \quad K_d = 1.0 \quad (3.16)$$

Richardson ve Davis (2001): Richardson ve Davis (2001), genel oyulma koşulları için denklem 3.17'deki gibi önermiştir. Bu yöntem ABD'de en yaygın kullanılan yöntemdir. Literatürde Colorado State University (CSU) denklemi olarak da bilinir ve HEC_18 yazılımında standart denklem olarak kullanılır. Oyulmaya etki eden parametreler cinsinden şöyle verilir,

$$\frac{d_s}{b} = 2.0 K_s K_a K_b K_z \frac{\omega}{\omega_0} \frac{\sigma}{\sigma_0} \frac{\rho}{\rho_0} F_r^{0.43} \quad (3.17)$$

d_s : Oyulma miktarı

K_s : Ayak şekil faktörü

K_α : Yaklaşım akımıyla köprü aksı arasındaki açının etki faktörü

K_b : Taban şekil faktörü olup Çizelge 3.2' de verilmiştir.

K_z : Tabandaki zırhlanma etkisi faktörü olup CSU yöntemine göre denklem 3.18 ve 3.19'daki gibi hesaplanır,

$$K_z = 1.0 \quad (d_{50} < 2\text{mm veya } d_{95} < 20\text{mm}) \quad (3.18)$$

$$K_z = 0.4 u_R^{0.15} \quad (d_{50} \geq 2\text{mm veya } d_{95} \geq 20\text{mm}) \quad (3.19)$$

Burada u_R değeri denklem 3.20'deki gibidir.

$$u_R = \frac{u - u_{icD_{50}}}{u_{cD_{50}} - u_{icD_{95}}} \quad (3.20)$$

u_{icD_x} : Ayak etrafında D_x çaplı malzeme için oyulmayı başlatan ortalama akım hızı olup şu şekilde hesaplanır,

$$u_{icD_x} = 0.645 \frac{D_x}{b} \frac{\sigma}{\phi}^{0.053} u_{cD_x} \quad (3.21)$$

u_{cD_x} : Tabanda D_x çaplı malzemede hareketi başlatan ortalama hız olup SI biriminde şu şekilde hesaplanır,

$$u_{cD_x} = 6.19 d_0^{1/6} D_x^{1/3} \quad (3.22)$$

Çizelge 3.2. Taban şekili katsayısı (Richardson ve Davis, 2001)

Taban Durumu	K_b
Temiz su oyulması	1.1
Düz taban ve ters basamaklar	1.1
Küçük basamaklar	1.1
Orta basamaklar	1.1-1.2
Büyük basamaklar	1.3

K_s , Dairesel için 1, Kare için 1.1, uçları inceltirilmiş ayaklar için 0.9 alınır.

K_α : $\alpha = 0$ için 1 alınacaktır.

Yanmaz (2001): Yanmaz (2001), hareketli taban durumu için denge oyulma miktarını dairesel ayak tipleri için denklem 3.23'deki gibi vermiştir,

$$\frac{d_s}{b} = 1.564 \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{d_0}{b} F_r^{0.413} \quad (3.23)$$

d_s : oyulma miktarı

b : ayak etkin tesir genişliği

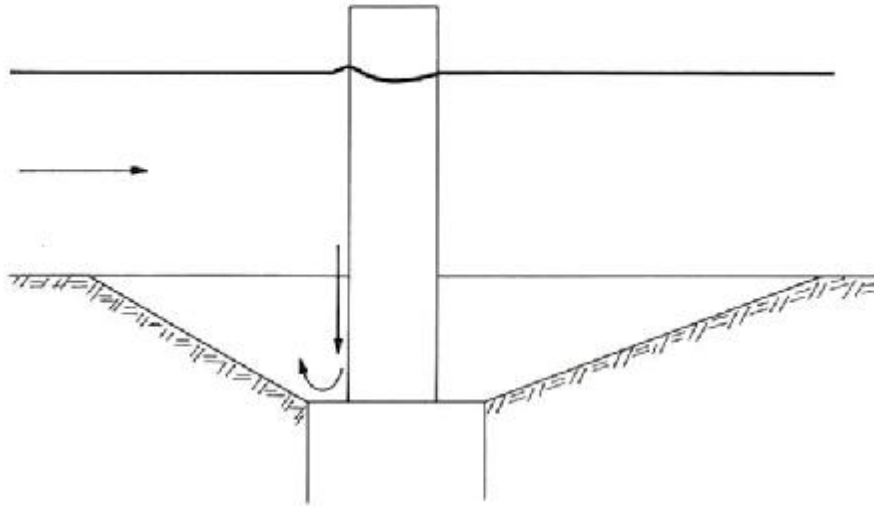
d_0 : Ayak üzerindeki etkin su yüksekliği

3.2. Köprü Ayaklarındaki Oyulmalara Karşı Alınabilecek Tedbirler

Akımdan kaynaklanan ve köprünün stabilizesini bozan en büyük yapısal etki köprü ayakları etrafındaki aşırı oyulmadır. Hareketli tabanlı akarsulara yerleştirilen köprü ayakları etrafında yapının güvenliğini azaltan oyulmalar meydana gelmektedir. Köprü ayakları etrafında oyulmayı azaltmaya yönelik olarak birçok çalışma yapılmış ve çeşitli önlemler geliştirilmiştir.

Bu önlemlerden önemli olanları;

Keson temellerin teşkili: Akarsu yatağına yapılan, köprü ayağına temel teşkil edecek büyük boyutlu temellere keson temel adı verilmektedir. (Şekil 3.1) Bu temellerin yapılmasıyla köprü ayakları etrafında oluşacak olan oyulmanın maksimum derinliğinde %50'ye varan azalma olduğu belirlenmiştir (Üç ve Yüksel, 1988).



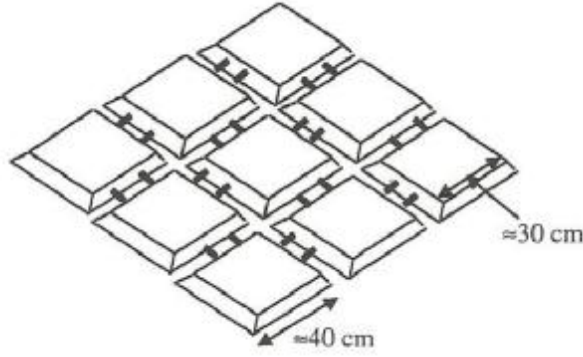
Şekil 3.1. Keson temel (Raudkivi, 1990)

Ayakların etrafına anroşman yerleştirilmesi: Bu yöntem pratikte en çok uygulanan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde esas olan ayakların etrafına büyük boyutlu taş blokların yerleştirilmesidir. Ayaklar etrafında oyulmaya neden olan, ayak önünde ve yan tarafında oluşan vortekslerin etkileri en aza indirilmektedir (Üç ve Yüksel, 1988).

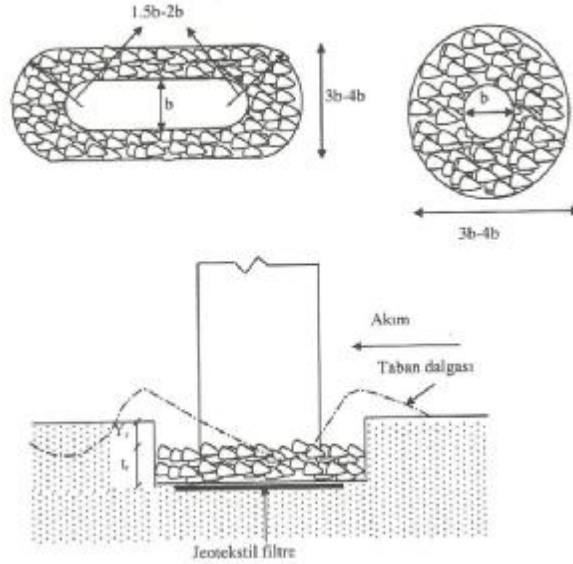
Ayakların temel seviyelerini düzenlemek ayakların temel derinliklerinin artırılmasıyla köprünün karşılaşıacağı riskler azaltılabilir (Yanmaz, 2002).

Taban seviyesinde kaplama yapılması köprü ayakları etrafında oyulmayı önlemek amacıyla kullanılabilir. (Şekil 3.2) Ortalama taban seviyesinin altında bir dizi riprap tabakası yapılmak suretiyle ayaklar etrafındaki oyulma önenebilir.

(Şekil 3.3) Riprap büyüklüğünün doğru seçilmesi bu önlemin tam olarak işlevini yerine getirebilmesi açısından önemlidir. Riprap büyüklüğü yeterli değilse, yüksek hızlı akımlarda büyük kayma gerilmeleri sonucunda riprap tabakası harekete geçebilir. Riprap tabakasının harekete geçmesi halinde alttaki ince toprağın erozyonu sonucunda riprap tabakasında oturma problemi oluşabilir. Bu problemi önlemek için riprap tabakasıyla ince toprak arasına uygun bir filtre tabakası yerleştirilmelidir (Yanmaz, 2002).

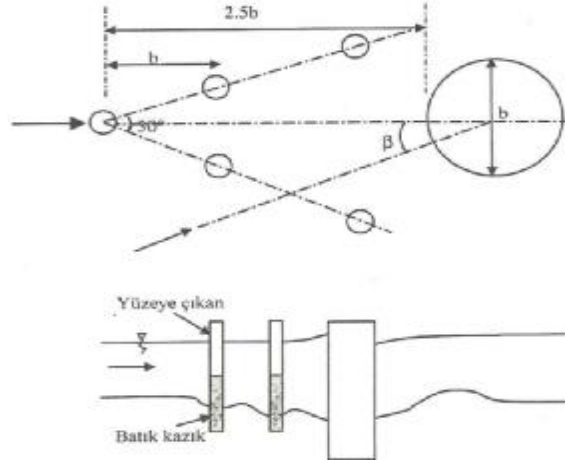


Şekil 3.2. Birbirine bağlanmış beton plaklar (Yanmaz, 2002)



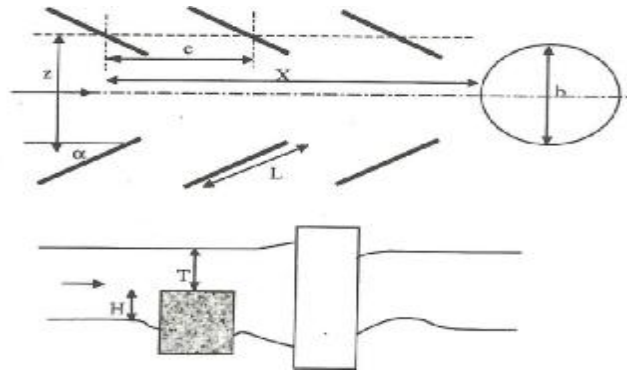
Şekil 3.3. Ayak etrafındaki riprap kaplama (Melville ve Coleman, 2000)

Köprülerin orta ayaklarının memba tarafına Şekil 3.4'deki gibi memba kazığı denilen kazıklar, uygun sayı ve konumda yerleştirilmeleriyle, akım hızını keserek akımı orta ayaklardan saptırmak suretiyle orta ayakların etrafında oluşacak oyulmaları azaltırlar (Yanmaz, 2002).



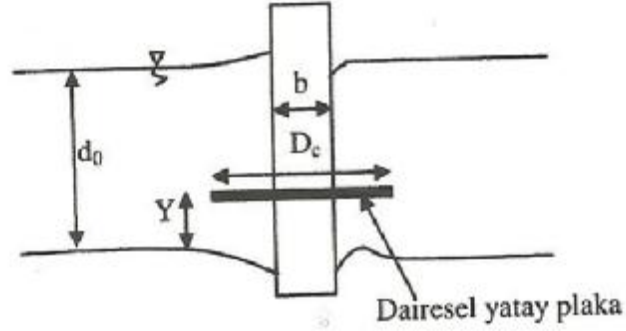
Şekil 3.4. Memba kazıkları (Melville ve Coleman, 2000)

Memba plakaları memba kazıklarına alternatif olarak kullanılabilir. Belli sayıda ve konumdaki plakalar Şekil 3.5'deki gibi orta ayaklar etrafına yerleştirilir. Bu plakaların kullanılmasıyla orta ayaklar etrafındaki oyulmanın azaldığı gözlenmiştir (Yanmaz, 2002).



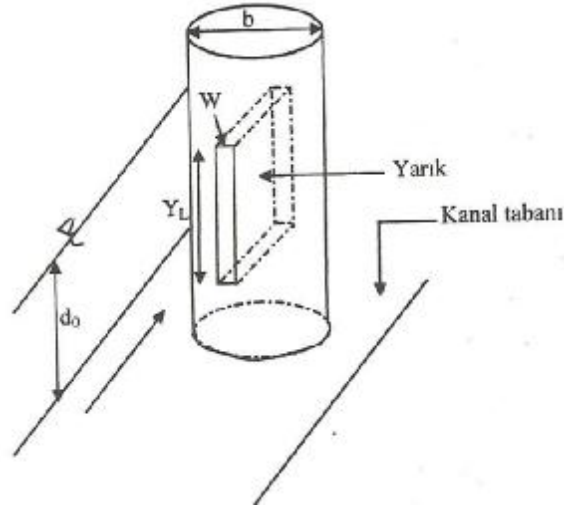
Şekil 3.5. Memba plakaları (Melville ve Coleman, 2000)

Ayaklar üzerinde Şekil 3.6'daki gibi taban seviyesine yakın dairesel plakalar yerleştirilmesiyle taban düşey akım ve at nalı çevrıntilerinin etkisinden korunarak akım koşullarına karşı daha güvenli bir duruma gelir (Yanmaz, 2002).



Şekil 3.6. Ayak üzerinde dairesel plaka (Yanmaz, 2002)

Ayaklar üzerine Şekil 3.7'deki gibi uygun boyutlarda yarıklar açılması suretiyle ayağın memba tarafındaki düşey akımı bozarak at nalı çevrıntisinin etkisi azaltılabilir. Bu metodun uygulanabilmesi için akımın açılı gelmemesi gerekir (Yanmaz, 2002).



Şekil 3.7. Ayakta yarıklar oluşturulması (Yanmaz, 2002)

3.3. Çalışma Alanı Hakkında Genel Bilgi

3.3.1. Havzanın Konumu

Ceyhan Havzası Doğu Akdeniz bölgesinde yer alıp, batıda Seyhan, doğuda Asi ve Fırat, kuzeyde Kızılırmak havzaları güneyde ise Akdeniz ile çevrilidir. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Türkiye'nin havza haritası, (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Stratejik Plan, 2015 – 2019)

3.3.2. Havzanın Akım Özellikleri

Ceyhan havzasına ait yıllık ortalama akış 7,180 milyar m³ olarak belirlenmiş olup, Türkiye'nin 25 havzasındaki yıllık 186 milyar m³ lük su potansiyelinin yaklaşık % 3,9'unu teşkil etmektedir. (Çizelge 3.3)

Bu tezde, Ceyhan havzası DSİ/EİE akım gözlem istasyonlarının yılda anlık maksimum akım (m³/s) ve gözleendiği gün-ay yıllık toplam akım değerleri (mm) Çizelge 3.4'de verilen Q₂₅ ve Q₁₀₀ değerleri kullanılacaktır. Bu değerler Türkiye akarsu havzaları maksimum akımlar frekans analizi kitabından temin edilmiştir.

Çizelge 3.3. Türkiye'nin havzalarına ait teknik veriler, (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Stratejik Plan, 2015 – 2019)

TÜRKİYE'NİN HAVZALARI					
No	Havza	Yağış Alanı km ²	Ortalama Yıllık Akış (km ³)	Potansiyel İştirak Oranı	Ortalama Yıllık Verim (l/s/km ²)
	Adı				
21	Fırat-Dicle Havzası	184.918	52,94	28,5	21,4
22	Doğu Karadeniz Havzası	24,077	14,90	8	19,5
17	Doğu Akdeniz Havzası	22.048	11,07	6	15,6
9	Antalya Havzası	19.577	11,06	5,9	24,2
13	Batı Karadeniz Havzası	29.598	9,93	5,3	10,6
8	Batı Akdeniz Havzası	20.953	8,93	4,8	12,4
2	Marmara Havzası	24.100	8,33	4,5	11
18	Seyhan Havzası	20.450	8,01	4,3	12,3
20	Ceyhan Havzası	21.982	7,18	3,9	10,7
15	Kızılırmak Havzası	78.180	6,48	3,5	2,6
12	Sakarya Havzası	58.160	6,40	3,4	3,6
23	Çaruh Havzası	19.872	6,30	3,4	10,1
14	Yeşilirmak Havzası	36.114	5,80	3,1	5,1
3	Susurluk Havzası	22.399	5,43	2,9	7,2
24	Aras Havzası	27.548	4,63	2,5	5,3
16	Konya Kapalı Havzası	53.850	4,52	2,4	2,5
7	Büyük Menderes Havzası	24.976	3,03	1,6	3,9
25	Van Gölü Havzası	19.405	2,39	1,3	5
4	Kuzey Ege Havzası	10.003	2,09	1,1	7,4
5	Gediz Havzası	18.000	1,95	1,1	3,6
1	Meriç-Ergene Havzası	14.560	1,33	0,7	2,9
6	Küçük Menderes Havzası	6.907	1,19	0,6	5,3
19	Asi Havzası	7.796	1,17	0,6	3,4
10	Burdur Göller Havzası	6.374	0,50	0,3	1,8
11	Akarçay Havzası	7.605	0,49	0,3	1,9
Toplam		779.452	186,05	100	209,30

Çizelge 3.4. Ceyhan havzası DSİ/EİE akım gözlem istasyonlarının yılda anlık maksimum akım (m³/s) ve gözleendiği gün-ay yıllık toplam akım değerleri (mm) (Türkiye akarsu havzaları maksimum akımlar frekans analizi, MAFA, DSİ/EİE)

Adı	Ceyhan nehri – Ceyhan Köprü
No – KR.	2012 – EİE (K)
YA. – H	19727.2 km ² – 18 m
UDF	LN3
2	1058.34
5	1359.18
10	1526.26
25	1712.38
75	1836.83
100	1952.01

3.3.3. Havzanın iklim ve bitki örtüsü

Ceyhan havzasının güneybatı kısımlarında tipik Akdeniz iklimi, memba kısımlarında ise kara iklimi hâkimdir.









3.4. Çalışma Sahası Hakkında Genel Bilgi

3.4.1. Ceyhan Köprüsü Özellikleri

Ceyhan nehri köprüsü, Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolunun Ceyhan nehri geçişine inşa edilmiştir. Sağ taşıma yolu otoyolun 116+124.85 – 116+364.01 kilometreleri arasında olup boyu 239.16 metredir. Sol taşıma yolu otoyolun 116+154.89 – 116+392.01 kilometreleri arasında olup boyu 237.12 metredir. Her bir taşıma yolu 6 açıklıklı olup akslar arası mesafe 39.69 metredir. Ceyhan nehri köprü açıklığından Şekil 3.9'daki gibi akım yönünde sağ dış kenar, sol iç kenar olacak şekilde kıvrım yaparak geçmektedir. Köprü nihai projeleri (As-Built) Karayolları onayları, 1989 yılında imalat bilgileri işlenerek arşivlenmiştir. (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11) Ceyhan nehri köprüsüne ait sağ ve sol platform boy kesitleri Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'de mevcuttur. Proje bilgileri okunarak köprüye ve nehre ait kesit geometrileri Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'deki gibi oluşturulmuştur.



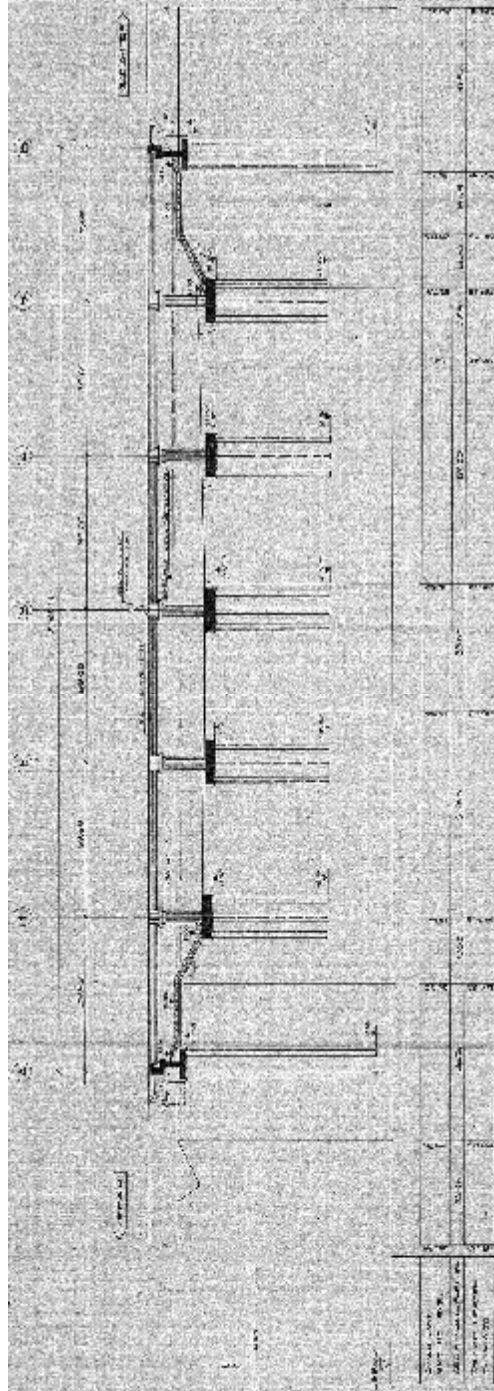
Şekil 3.9. TAG Otoyolu, Ceyhan nehri kesişimi, CitySurf KGM

NIHAİ PROJE AS-BUILT				
		Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Republic of Turkey Ministry of Public Works and Settlement General Directorate of Highways		
PROJE AD PROJECT	(TARSUS - POZANTI) AYRIMI / INT ADANA - TOPRAKKALE - GAZİANTEP OTOYOLU / MOTORWAY			
PAFTA ADI DRAWING	CEYHAN NEHİRİ VIYADÜĞÜ GENEL VAZİYET PLAN-SAĞ PLATFORM CEYHAN RIVER VIADUCT GENERAL LAYOUT - RIGHT GARRIAGEWAY			
PROJE TAŞIROUNU Engineering Services Sub-Contractor	YAPAN DESIGNED BY L. CRESTA	ÇİZEN DRAWN BY E. MICHELI	KONTROL CHECKED BY M. RASTELLI	TARİH DATE TEMMUZ JULY 1989
 SPEA-TECNIC Joint-venture Nominated Sub-Contractor for Design and Engineering Services	ÖLÇEK SCALE 1:500	PAFTA NO / DRAWING NO D 11 0 0 F S T 5 0 0 1		
	REVİZYON REVISION	1		
	2			
	3			
MÜTEAHHİT CONTRACTOR	 TEKFEN NURAYIYIN KAPLAN İnşaat ve Tesisat A.Ş. Teknik Müdür  IMPRESIT FİAT/IMPRESIT GROUP ORTAK GİRİŞİM / JOINT VENTURE PILOT FIRMA/PILOT FIRM: TEKFEN İNŞAAT VE TESİSAT A.Ş.			
İmza/Signature				
MÜHENDİS ENGINEER	 temat KEMAL İYAL Kontrol Mühürü Başkan Yrd. İZMİR ÇIKARILMIŞ VE MALİ HESAPLARI TEKNİK A.Ş. Dar Al-Handasah Consultants (Share & Partners) Dar Mühendislik Müşavirlik A.Ş. ORTAK GİRİŞİM / JOINT VENTURE			
MUSTAFA TAYLAN Saniye Müdürü				
İmza/Signature				
Kontrol/Checked by	Uygunluk/Exp. Recommended by	Onay/Approved		
 BÜLENT CÖMÜŞÖZ Karayolları 5. Bölge Müd. Otoyollar Elit Arazî Muh.		 ŞEREF AKMAN Karayolları 5. Bölge Müd. Otoyol Proje Baş. Müh.		

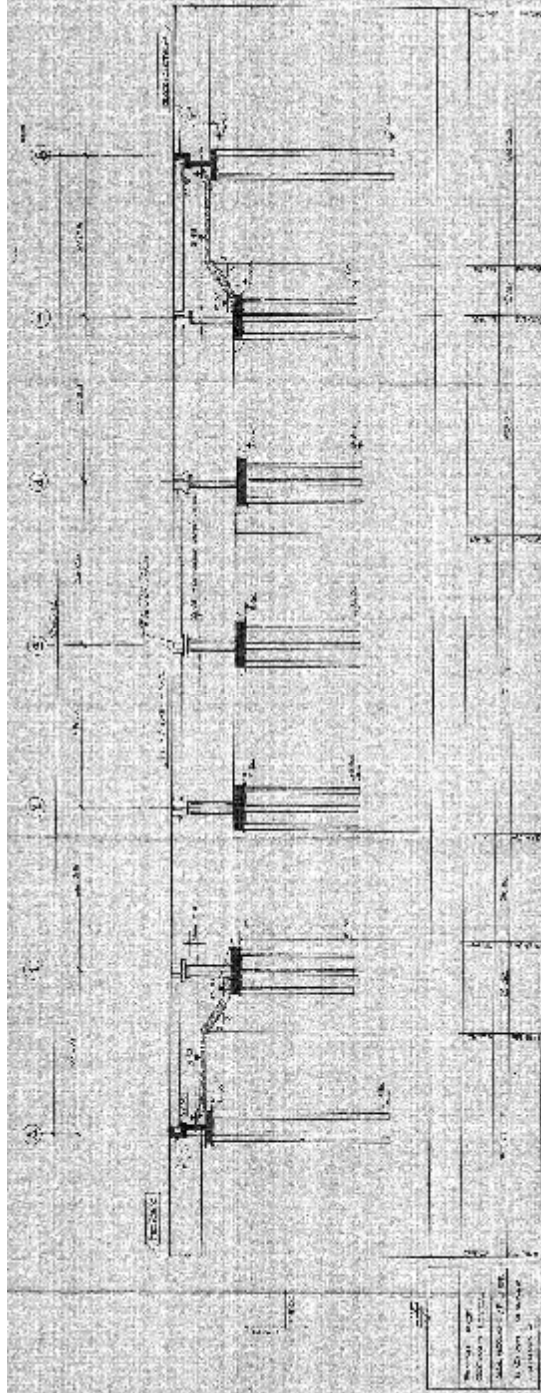
Şekil 3.10. Ceyhan nehri köprüsü sağ platform proje onay kapak

NIHAJ PROJE AS-BUILT			
		Türkiye Cumhuriyeti Eğitim, Kültür ve Turizm Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Republic of Turkey Ministry of Public Works and Settlement General Directorate of Highways	
PROJE ADI PROJECT:	(TARSUS – ROZANT) AYIRIMI / INT ADANA – TOPRAKKALE – GAZİANTEP OTOYOLU / MOTORWAY		
PAFTA ADI DRAWING	CEYHAN NEHİRİ VIYADÜĞÜ GENEL VAZİYET PLAN-SOL PLATFORM CEYHAN RIVER VIADUCT GENERAL LAYOUT-LEFT CARRIAGEWAY		
PROJE TASARIMCI Engineering Services, Sub-Contractor	YAPAN DESIGNED BY	ÇİZEN DRAWN BY	KONTROL CHECKED BY
 SPEA-TECNIC İnşaat Mühendislik Hizmetleri Associated Sub-Contractor for Design and Engineering Services	L. CRESTA	E.M. CHERI	M. RASTELLI
	ÖLÇEK SCALE	PAFTA NO / DRAWING NO.	
	1:500	D 11 0 0 F S T S O 0 2	
REVİZYON REVISION	1		
	2		
	3		
MÜTEAHHİT CONTRACTOR	 TEKFEK İNŞAAT VE TESİSAT A.Ş.	 NURİNTEN KAPCAN Teknik Müdür	 IMPRESIT FİDİATÖR GRUBU
İmza/Signature	ORTAK GİRİŞİM / JOINT VENTURE PILOT FIRMA/BİLUT FİRMA, TEKFEK İNŞAAT VE TESİSAT A.Ş.		
MÜHENDİS ENGINEER	 TEMAT TEKNİK ENJİNİRCİLİK VE İNŞAAT MÜHÜRLEME TİCARET A.Ş.	 KEMAL AYDIL Kontrol Feskhatai/Başkan Yard.	
MUSTAFA TAYLAN Şantiye Müdürü	Dar Al-Handasa Consultants (Share & Partners) DAM - Dar Mühendislik Mühürleme A.Ş. ORTAK GİRİŞİM / JOINT VENTURE		
İmza/Signature			
Kontrol/Checked by	Uygunluk/ App. Recommended by	Onay/ Approved	
			
A. BÜLENT GÜNEŞ Karayolları 5. Bölge Müd. Özyollar ENK Arazi Müh.		ŞEREF AKMAN Karayolları 5. Bölge Müd. Ölçü, Proje Başl. Müh.	

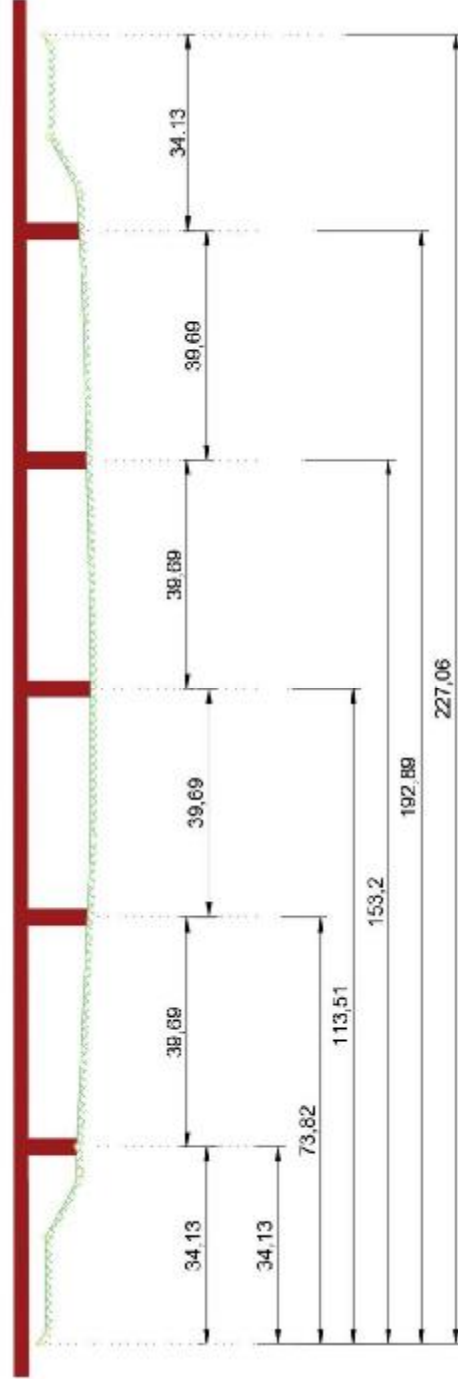
Şekil 3.11. Ceyhan nehri köprüsü sol platform proje onay kapak



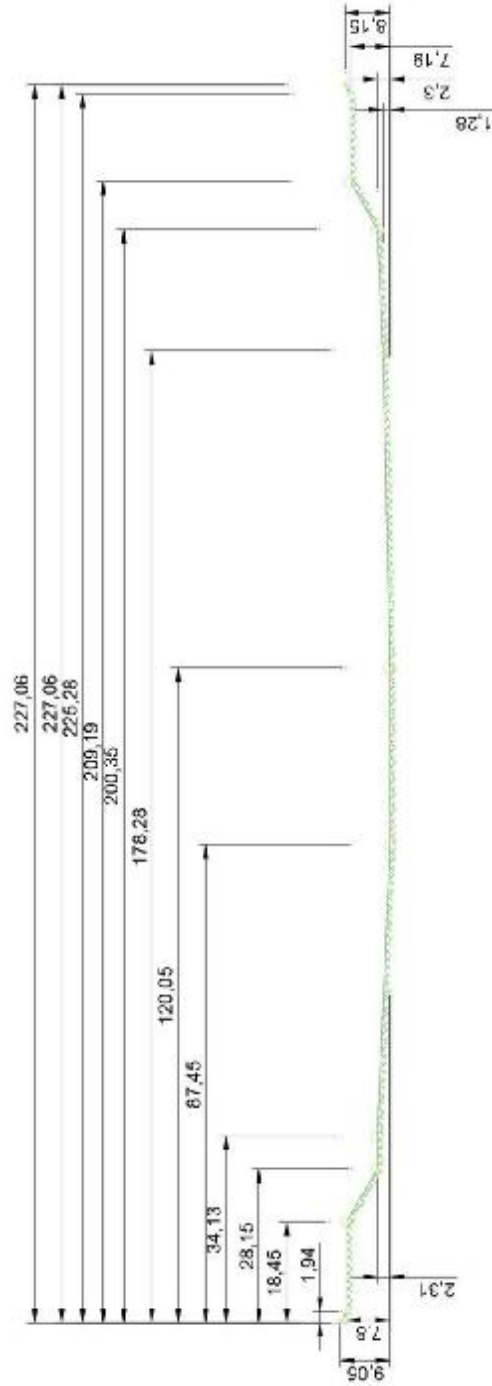
Şekil 3.12. Ceyhan nehri köprüsü sağ platform boy profili



Şekil 3.13. Ceyhan nehri köprüsü sol platform boy profili



Şekil 3.14. Ceyhan nehri köprüsü nehir açıklığı profili



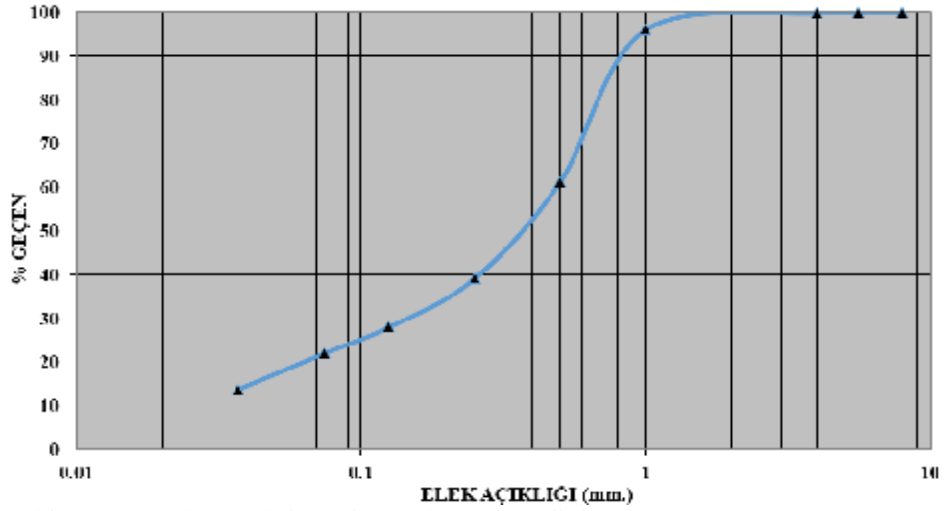
Şekil 3.15. Ceyhan nehri batimetrisi

3.4.2. Ceyhan Nehri Taban Malzemesi ve Danelerin Grup Özellikleri

Çalışma alanından alınan arazi numunesine (Şekil 3.16) laboratuvarda yapılan elek analizi sonuçları Şekil 3.17’de mevcuttur.



Şekil 3.16. Ceyhan köprüsünün memba kısmına ait zemin görüntüsü



Şekil 3.17. Ceyhan nehri zemin gradasyon grafiği

3.5. Arazi Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler

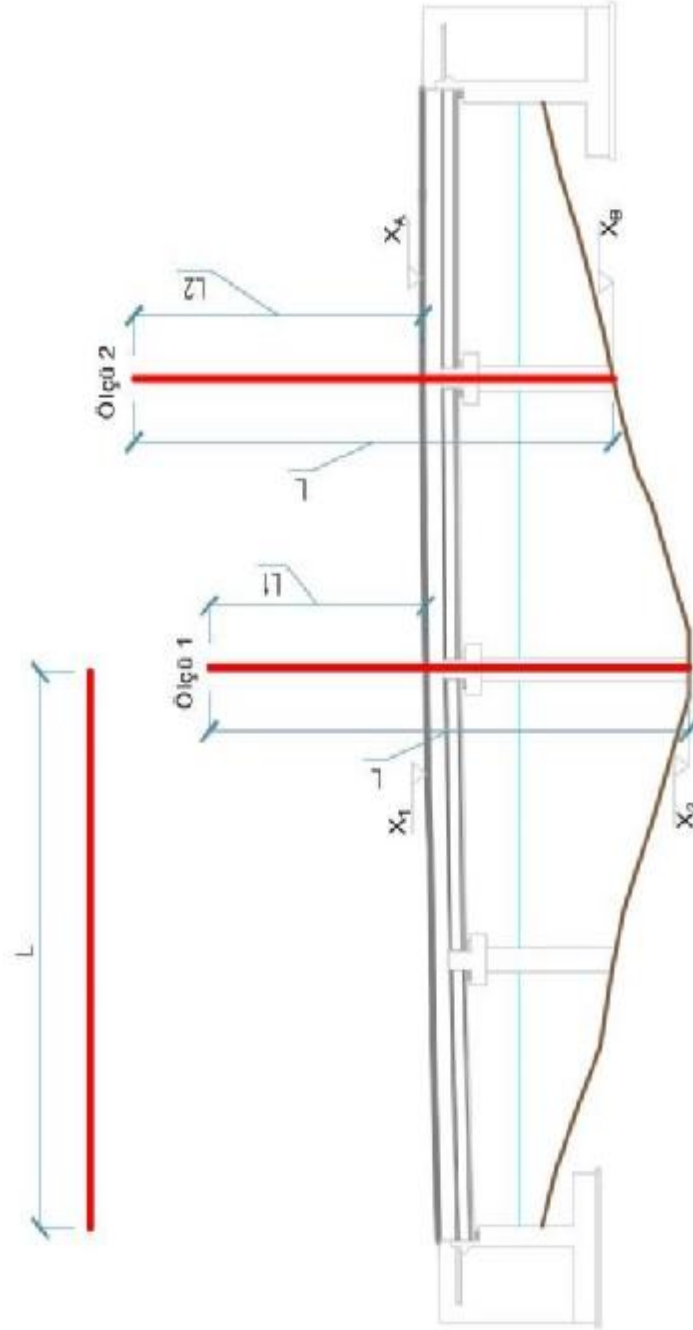
3.5.1. Oyulma Ölçüm Yöntemi

Arazi çalışmalarında kullanılacak oyulma ölçüm metodu Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Etüt İdaresinin kullanmış olduğu saha araçları (Şekil 3.18) oyulma ölçüm tekniğine uygun olarak hazırlandı.

Yeterli ağırlıktaki kütle boyu bilinen bir ipin ucuna bağlanarak deniz seviyesi kotu belirlenmiş noktadan, ölçüm istenen bölge üzerine düşey ekseni boyunca sarkıtıldı. Ölçüm yapılan tarafta kalan L_1 boyu L boyundan çıkartılarak bulunan mesafe, belirlenmiş olan deniz kotundan düşülerek istenen noktanın kotu belirlenmiş oldu. Kot taşıma işlemi bütün ayak ve köprü en kesiti boyunca istenen aralıklarda yapıldı. Ölçüm metodunun grafiksel gösterimi Şekil 3.19'daki gibi oluşturuldu.



Şekil 3.18. DSİ ve EİEİ arazi ölçüm aracı ile yapılan bir ölçüm

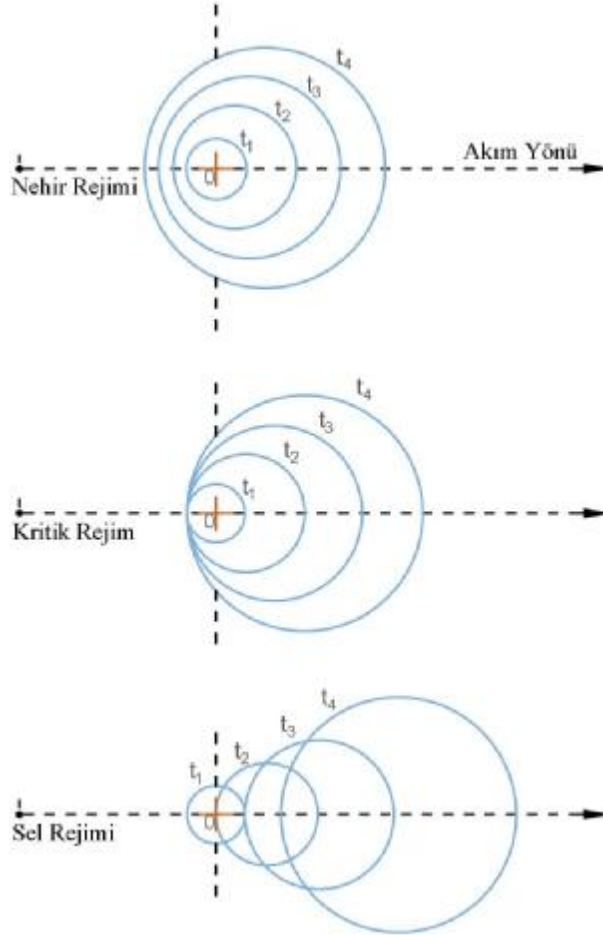


$$X_2 = X_1 - (L - l_1) , \quad X_A = X_B - (L - l_2)$$

Şekil 3.19. Ölçüm metodunun grafiksel gösterimi

3.5.2 Nehir Rejiminin Gözlemlenmesi

Akım rejimine göre dalgalar, memba ve mansap yönünde aynı anda veya sadece mansap yönünde yayılırlar. Nehir rejiminde dalga yayılması hem mansap hem de memba yönünde olurken, sel rejiminde dalgalar sadece mansap yönünde yayılır. Kritik akım durumunda ise yayılma başlangıç noktası membada sabit kalmak üzere mansap yüzü zamanla akım yönünde ilerler (Şekil 3.20) (Yanmaz, 2002). Ölçüm çalışmalarının doğruluğunu taban hareketinin minimuma yakın olmasına bağlıdır. Bu nedenle ölçüm çalışmalarında nehir rejimi koşulları aranmalıdır.



Şekil 3.20. Akarsuda yüzey dalgasının zamana bağlı yayılımı

3.6. HEC-RAS Yöntemi

HEC-RAS programı, Hydrologic Engineering Center's River Analysis System (Hidrolojik Mühendislik Merkezi Nehir Analiz Sistemi), US Army Corps of Engineers (ABD Kara Kuvvetleri Mühendisleri Birliği) Kuruluşu tarafından geliştirilmiştir.

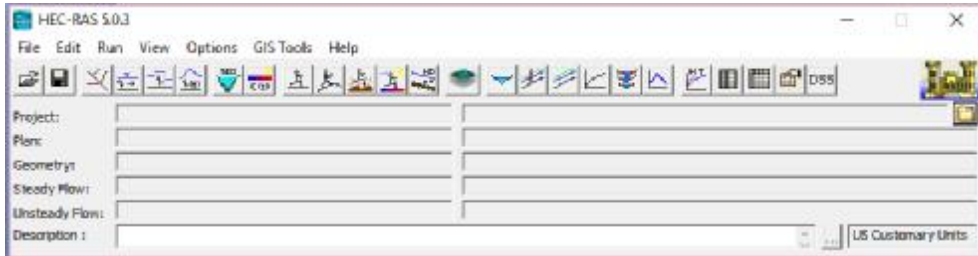
Program <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/> adresinden ücretsiz olarak temin edilebilmektedir.

Bu tez kapsamında internet adresi üzerindeki en güncel sürüm olan HEC-RAS 5.0.3 sürümü kullanılmıştır. Programın sorunsuz bir şekilde çalıştırılması için bilgisayarınızın Windows XP, Vista, W7, W8, W8.1, W10 sistemlerinden birine sahip olup 32-bit ya da 64-bit alt yapısına sahip olması gerekmektedir.

Program bilgisayarınıza indirilip yükleme işlemi yapıldıktan sonra Masaüstü ekranınıza Şekil 3.21'deki ikon belirir. Program çalıştırıldığında Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'deki arayüz ekranı kullanıldı.



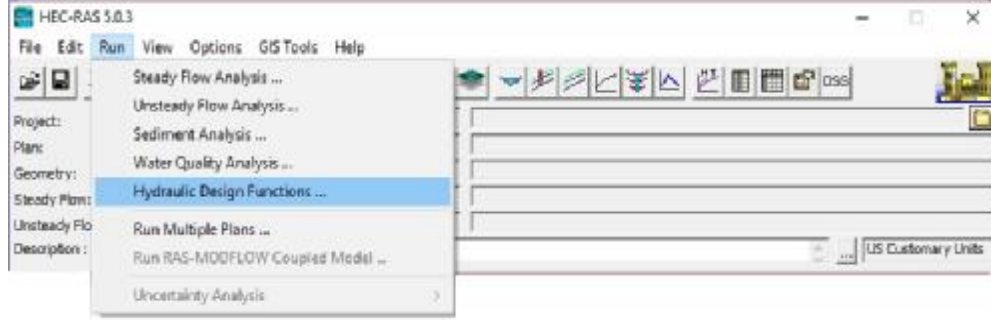
Şekil 3.21. HEC-RAS 5.0.3 Masaüstü ikon görünümü



Şekil 3.22. HEC-RAS 5.0.3 Sürümü masaüstü program arayüz görünümü

Ek-1 de HEC-RAS arayüzünde bulunan sekmelerin işlevleri açıklandı.

HEC-RAS paket programı, bir boyutlu olarak, 4 farklı nehir analizi ve Hidrolik hesaplamalar yapabilmektedir.



Şekil 3.23. HEC-RAS 5.0.3 Analiz menüsü

Bunlar;

- 1) Düzenli Akım Analizi,
- 2) Değişken Akım Analizi,
- 3) Sediment Analizi,
- 4) Su Kalitesi Analizi,
- 5) Hidrolik Dizayn Fonksiyonları,

HEC-RAS tarafından su yüzü kesitlerini hesaplamak için bir boyutlu enerji denklemi kullanılmaktadır. Bu denklemle birlikte enerji kayıpları için Manning denklemindeki sürtünme katsayısı, daralma ve genişleme değişikliklerine bağlı hız yüksekliğindeki değişim için kinetik enerji düzeltme katsayısı, su yüzünün ani değiştiği yerlerde momentum denklemi kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, HEC-RAS programının arayüz sekmeleri kullanılarak Ceyhan nehri ve Ceyhan köprüsünün modellenmesi yapıldı. EK 2'de Ceyhan köprüsüne ait HEC-RAS çözüm aşamaları görsellerle özetlendi. Programın analiz yöntemi ve hidrolik hesaplamalarından yararlanılarak ayaklar üzerindeki su kotu ve ayaklar üzerindeki oyulma miktarları hesaplandı.

HEC-RAS programında oyulma hesabı yapılması için izlenmesi gereken kılavuz plan Çizelge 3.5'deki gibi hazırlandı.

Çizelge 3.5. HEC-RAS programında oyulma hesabı yapılması için izlenmesi gereken kılavuz plan hazırlandı

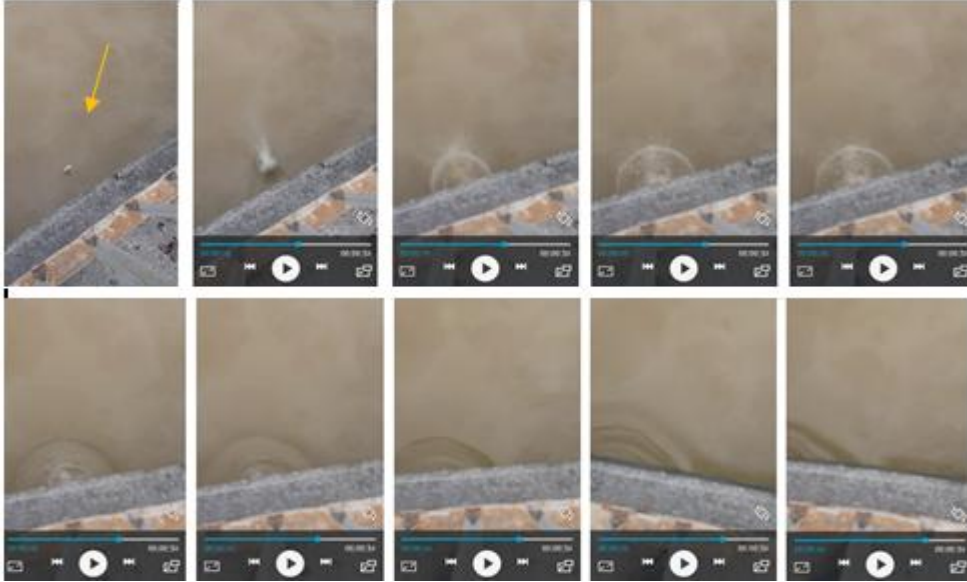


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

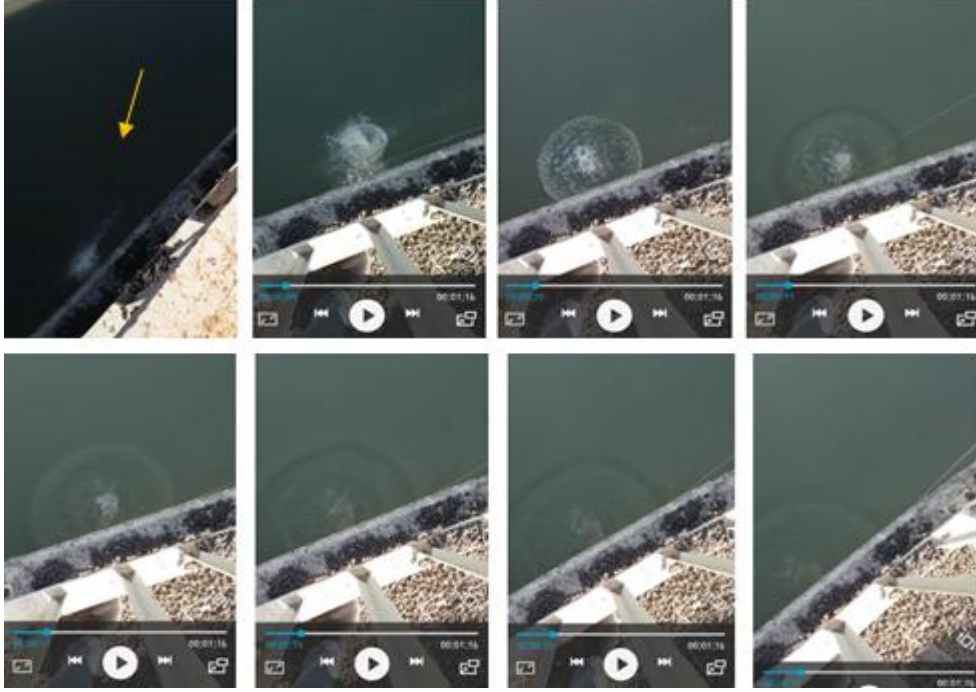
4.1. Ölçüm Çalışmaları

Mayıs ayında yapılan saha ölçümlerinde akış rejiminin kritik rejim olduğu görüntüleri Şekil 4.1’de mevcuttur. Kritik rejimde akış olmasından dolayı su üzerindeki bulanıklık ve dalgalanma hareketi net bir şekilde görülmektedir. Kritik rejimde nehir tabanı hareketinin fazla olmasından dolayı oyulma ölçüm değerleri güvenilir bulunmamıştır.

Kasım ayında yapılan saha ölçümlerinde akış rejiminin nehir rejimi olduğu görüntüleri Şekil 4.2’de mevcuttur. Nehir rejiminde akış olmasından dolayı su üzerindeki duruluk ve dalgalanma hareketi net bir şekilde görülmektedir. Nehir rejiminde nehir tabanı hareketinin kritik rejime oranla daha stabil olmasından dolayı oyulma değeri daha güvenilir bulunmuştur. Ölçüm çalışması taban hareketinin en düşük seviyede olduğu kasım ayında yapıldı. Ceyhan Köprüsü üzerinde yapılan ölçümlere ait fotoğraflar Şekil 4.3’de sıralı şekilde özetlendi.



Şekil 4.1. Kritik rejimde saha gözlemleri



Şekil 4.2. Nehir rejiminde saha gözlemleri



Köprü genişleme derzi referans alınarak ölçüm noktaları belirlendi.



Gergin ip



Gözle muayene



Etkili yükseklik



Ölçüm

Şekil 4.3. Ceyhan köprüsü üzerinde yapılan ölçümlere ait görüntüler

4.2. LN3 25 Yıllık Debiye Göre Orta Ayaklardaki Oyulmaların Hesabı

$$Q = A * K * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = 1712.38 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$V = K * R^{2/3} * I^{1/2} \quad \text{m/s}$$

$$A = 287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y \quad \text{m}^2$$

$$n = 0.034 \quad \text{Mannig pürüzlülük katsayısı, DSİ}$$

$$K = 1/n \quad 1/0.034 \quad \text{Strickler yatak pürüzlülüğü katsayısı}$$

$$R = A/P \quad \frac{(287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y)}{(172.2 + 3.6y)}$$

$$A \text{ Alan (m}^2\text{)} / P \text{ Islak Çevre (m)} = R \text{ Hidrolik Yarıçap (m)}$$

$$I = Y/X \quad (13.89 - 13.82) / 26 \quad \text{Akarsu taban eğimi}$$

y	→	1.5	1.4	1.3	1.35	1.34
		↓	↓	↓	↓	↓
A	→	547.29	547.07	546.87	546.97	546.95
K	→	29.41	29.41	29.41	29.41	29.41
R	→	3.09	3.00	2.90	2.95	2.94
I	→	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027	0.0027

$$Q = I^{1/2} * K * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$y=1.5 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1712.38 \neq 1772.3$$

$$y=1.4 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1712.38 \neq 1735.8$$

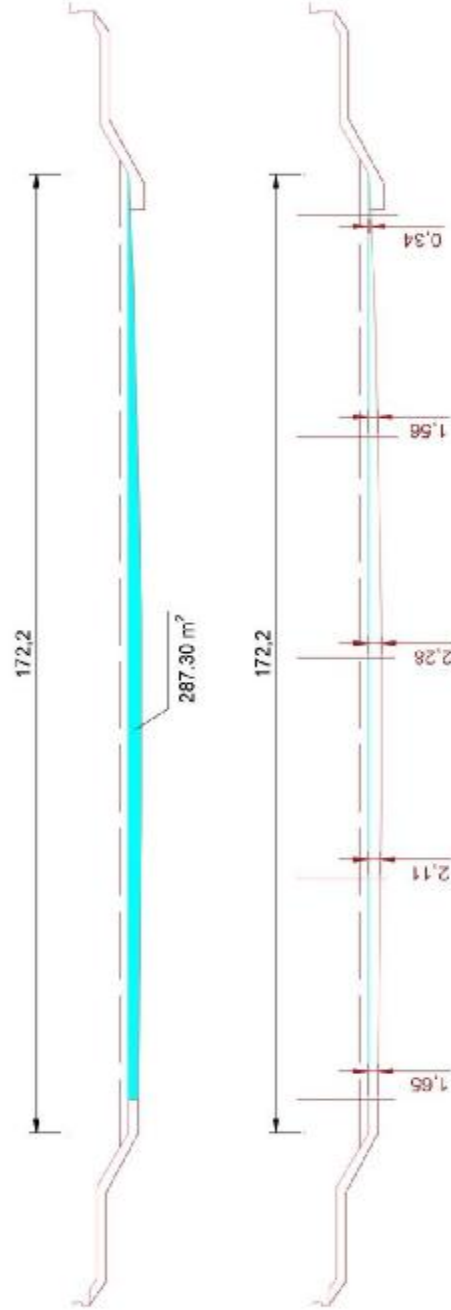
$$y=1.3 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1712.38 \neq 1698.8$$

$$y=1.35 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1712.38 \neq 1717.3$$

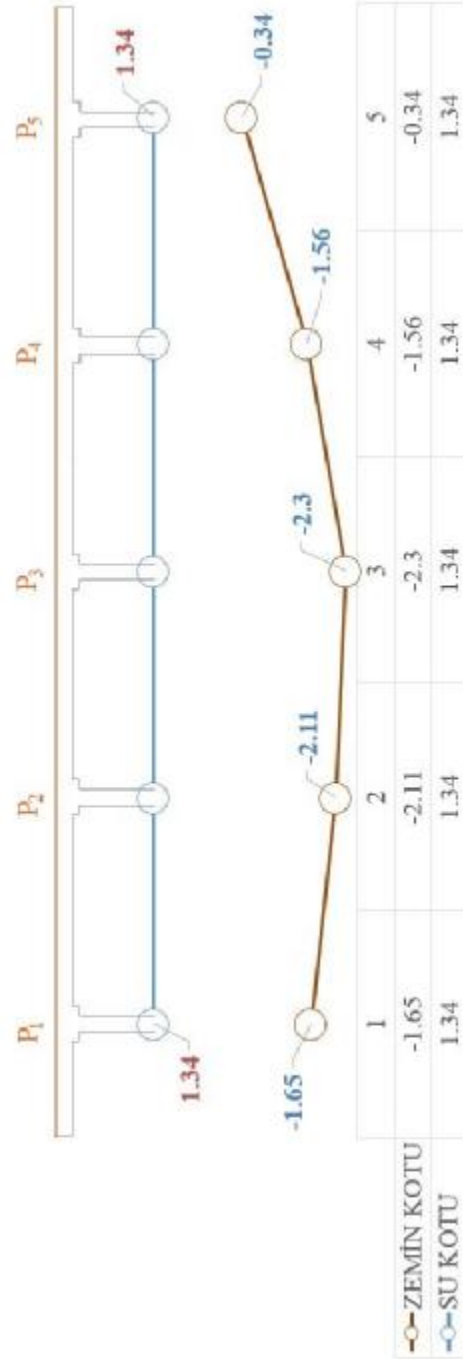
$$y=1.34 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1712.38 \quad 1713.6$$

Çizelge 4.1. LN3 Q25 Ayaklardaki su kotu yükseklikleri

d1	d2	d3	d4	d5	m
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	



Şekil 4.4. Debi kesit alanının hesaplanması

Şekil 4.5. Ayaklardaki su kotu yükseklikleri - Q₂₅

4.2.1. Tabandaki Oyulma Şeklinin Tespiti

$D_{\max} = 1.7$ mm ise Melville ve Coleman'a göre (Günyaktı, 1988) karışık agreganın medyan çapı;

$$D_{50a} = D_{\max} / 1.8$$

$$D_{50a} = 1.7 / 1.8 = 0.94$$

Köprü açıklığında ortalama akım hızı ;

$$u = Q / A_T$$

$$u = 1712.38 / (287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y)$$

$$u = 1712.38 / 933.98$$

$$u = 1.83 \text{ m/sn}$$

Akımın ortalama hızı, u , kritik ortalama hızdan, u_c , büyükse tabanda hareket vardır (Yanmaz, 2002).

Kritik ortalama hız şu bağıntıdan bulunabilir :

$$\frac{u_c}{u_{*c}} = 5.75 \log(5.53(\frac{y}{d_{50}}))$$

$D_{50} = 0.38$ mm ise Melville ve Coleman'dan (Laursen, 1956) Üniform agrega için geçerli medyan çapı cinsinden kritik kayma gerilmesi hızı;

$$0.1 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1 \text{ mm}$$

$$U_{*c} = 0.0115 + 0.0125 D_{50}$$

$$U_{*c} = 0.015 \text{ m/sn}$$

Kritik ortalama hız Melville ve Coleman'dan (Laursen, 1956) ;

$$\frac{u_c}{u_{*c}} = 5.75 \log(5.53(\frac{y}{d_{50}}))$$

$$u_c / 0.015 = 5.75 \log (5,53 * (3.64 / 0.38))$$

$$u_c = 0.15 \text{ m/sn}$$

$$u \geq u_c$$

Hareketli Taban oyulması vardır.

Üniformluk kat sayısı, C_u , tane dağılımının üniform veya üniform olmayan (geniş dağılımlı) malzeme olarak tasnif edilmesini sağlamaktadır.

Bu parametre şöyle tanımlanmaktadır:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$C_u > 3.0$ Taban malzemesi geniş dağılımlı olduğu kabul edilmektedir.

Granülometri Eğrisinden;

$$C_u > 3.0 \text{ (üniformluk katsayısı)}$$

$C_u > 3$ olduğundan Ceyhan Köprüsü enkesitinde taban malzemesinin geniş dağılımlı (karışık agregası) olduğu kabul edilir.

4.2.2. Daralma Oyulmasının Hesabı

Akarsu köprü geçişlerinde köprü kenar ayakları veya varsa köprü orta ayakları sebebiyle akarsu net açıklığında azalma olabilir. Bu daralma sebebiyle membada kabarma ve hızda artma meydana gelir. Hızda meydana gelen artmalar

akarsu tabanındaki kayma gerilmelerinin de artmasına neden olur. Eğer tabandaki kayma gerilmelerinin artışı fazla olursa tabanda ciddi miktarda oyulmalar meydana gelebilir.

Ceyhan nehrinin debisinin tamamı köprü net açıklığında azalma olmadan geçmektedir. Köprü yeterli genişlikte olduğu için daralma oyulması hesabı ihmal edilmiştir. Kenar ayak olası oyulmalara karşı taş tahkimatlar ile güçlendirilmiştir. (Şekil 4.6) 100 yıllık akım koşullarına göre yapılan tahkiklerde su üst kotu kenar ayak alt kotundan aşağıda kaldığı tespit olunmuştur.



Şekil 4.6. Ceyhan köprüsü kenar ayak taş tahkimat

4.2.3. Orta Ayaklar Etrafındaki Oyulmanın Hesabı

Laursen (1963)

$$\frac{d_s}{b} = 1.11 \left(\frac{d}{b} \right)^{0.5}$$

Dairesel Ayak,
Hareketli Taban

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

1 Numaralı Ayak İçin :	$d_s / 2.8 = 1.11 * (2.99 / 2.8)^{0.5}$	$d_s_{Laursen} = 3,21$ m
2 Numaralı Ayak İçin :	$d_s / 2.8 = 1.11 * (3.45 / 2.8)^{0.5}$	$d_s_{Laursen} = 3,45$ m
3 Numaralı Ayak İçin :	$d_s / 2.8 = 1.11 * (3.64 / 2.8)^{0.5}$	$d_s_{Laursen} = 3,54$ m
4 Numaralı Ayak İçin :	$d_s / 2.8 = 1.11 * (2.9 / 2.8)^{0.5}$	$d_s_{Laursen} = 3,16$ m
5 Numaralı Ayak İçin :	$d_s / 2.8 = 1.11 * (1.68 / 2.8)^{0.5}$	$d_s_{Laursen} = 2,41$ m

Neill (1973)

$$\frac{d_s}{b} = K_s$$

$K_s = 1.5$ (dairese),
 $K_s = 2$ (dikdörtgen)

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

1 Numaralı Ayak İçin : $ds/2.99=1.5$ $ds_{Neil} = 4.49$ m

2 Numaralı Ayak İçin : $ds/3.45=1.5$ $ds_{Neil} = 5.18$ m

3 Numaralı Ayak İçin : $ds/3.64=1.5$ $ds_{Neil} = 5.46$ m

4 Numaralı Ayak İçin : $ds/2.9=1.5$ $ds_{Neil} = 4.35$ m

5 Numaralı Ayak İçin : $ds/1.68=1.5$ $ds_{Neil} = 2.52$ m

Jain ve Fischer (1980)

$$\frac{d_s}{b} = 2.0(F_r - F_{rc})^{0.25} \frac{C}{e} \frac{\bar{O}}{b}^{0.5}$$

Dairesel Ayak,
Hareketli Taban
Fr-Frc > 0.2

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$Fr = u / (g * D)^{1/2}$$

$$U = 3.22$$

$$Uc = 0.18$$

$$Fr = 0.58$$

$$Fc = 0.03$$

$$Fr - Fc > 0.2$$

	$ds/2.8 = 2*(0.58-$	
1 Numaralı Ayak İçin :	$0.03)^{0.25}*(2.99/2.8)^{0.5}$	$ds_{J. ve F.} = 4.98 \text{ m}$
	$ds/2.8=2*(0.58-0.03)$	
2 Numaralı Ayak İçin :	$^{0.25}*(3.45/2.8)^{0.5}$	$ds_{J. ve F.} = 5.35 \text{ m}$
	$ds/2.8=2*(0.58-$	
3 Numaralı Ayak İçin :	$0.03)^{0.25}*(3.64/2.8)^{0.5}$	$ds_{J. ve F.} = 5.50 \text{ m}$
	$ds/2.8=2*(0.58-$	
4 Numaralı Ayak İçin :	$0.03)^{0.25}*(2.9/2.8)^{0.5}$	$ds_{J. ve F.} = 4.91 \text{ m}$
	$ds/2.8=2*(0.58-$	
5 Numaralı Ayak İçin :	$0.03)^{0.25}*(1.68/2.8)^{0.5}$	$ds_{J. ve F.} = 3.74 \text{ m}$

Günyaktı (1988)

$$\frac{d_s}{b} = 1.183 \frac{d}{b}^{0.471}$$

Dairesel Ayak,
Genel Oyulma

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

$b = 2.8 \text{ m}$ (Ayak Genişliği)

1 Numaralı Ayak İçin :	$ds = /2.8=1.183*(2.99/2.8)^{0.471}$	$ds_{günyaktı} = 3.42 \text{ m}$
2 Numaralı Ayak İçin :	$ds = /2.8=1.183*(3.45/2.8)^{0.471}$	$ds_{günyaktı} = 3.65 \text{ m}$
3 Numaralı Ayak İçin :	$ds = /2.8=1.183*(3.64/2.8)^{0.471}$	$ds_{günyaktı} = 3.75 \text{ m}$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds = 2.8 = 1.183 * (3.64/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı} = 3.37 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds = 2.8 = 1.183 * (1.68/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı} = 2.60 \text{ m}$$

Johnson (1992)

d1	d2	$\frac{d_s}{b} = 2.02 \cdot C_d \cdot \frac{d_s}{b} \cdot Fr_r^{0.21} \cdot \sigma_g^{-0.24}$	Dairesel Ayak, Hareketli Taban		
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$Fr = u / (g * D)^{1/2} = 0.584$$

$$\sigma_g = (D_{84.1} / D_{15.9})^{0.5} = (0.7 / 0.01)^{0.5} = 8.37$$

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8 = 2.02 * (2.99/2.8)^{0.02} * (0.584)^{0.21} * (8.37)^{-0.24} \quad ds_{Johnson} = 3.04 \text{ m}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8 = 2.02 * (3.45/2.8)^{0.02} * (0.584)^{0.21} * (8.37)^{-0.24} \quad ds_{Johnson} = 3.05 \text{ m}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8 = 2.02 * (3.64/2.8)^{0.02} * (0.584)^{0.21} * (8.37)^{-0.24} \quad ds_{Johnson} = 3.05 \text{ m}$$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8 = 2.02 * (2.9/2.8)^{0.02} * (0.584)^{0.21} * (8.37)^{-0.24} \quad ds_{Johnson} = 3.04 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8 = 2.02 * (1.68/2.8)^{0.02} * (0.584)^{0.21} * (8.37)^{-0.24} \quad ds_{Johnson} = 3.00 \text{ m}$$

Melville (1997)

$$D_s = K_{yb} K_I K_d K_s K_a$$

Genel Oyulma

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

$b = 2.8$ m (Ayak Genişliği)

$$K_{yb} = 2 \cdot (2.8 \cdot d)^{0.5}$$

$$K_d = 1$$

$$K_s = 1 \text{ dairesel}$$

$$K_a = 1 \quad \alpha = 0$$

1 Numaralı Ayak İçin : $ds_{\text{Melville}} = 5.79$ m

2 Numaralı Ayak İçin : $ds_{\text{Melville}} = 6.22$ m

3 Numaralı Ayak İçin : $ds_{\text{Melville}} = 6.38$ m

4 Numaralı Ayak İçin : $ds_{\text{Melville}} = 5.70$ m

5 Numaralı Ayak İçin : $ds_{\text{Melville}} = 4.34$ m

Richardson ve Davis (2001)

$$\frac{d_s}{b} = 2.0 K_s K_a K_b K_z \frac{z}{b} \frac{\sigma}{\rho} \frac{\omega}{\sigma}^{0.35} F_r^{0.43}$$

Genel Oyulma

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

$b = 2.8$ m (Ayak Genişliği)

$K_s = 1$ Dairesel

$K_\alpha = 1$ $\alpha=0$

$K_b = 1.1$

$K_z = 1$ $D_{50} < 2$

$$Fr = u / (g * D)^{1/2} = 0.584$$

1 Numaralı Ayak İçin :	d_s Richardson ve Davis	5.00	m
2 Numaralı Ayak İçin :	d_s Richardson ve Davis	5.26	m
3 Numaralı Ayak İçin :	d_s Richardson ve Davis	5.36	m
4 Numaralı Ayak İçin :	d_s Richardson ve Davis	4.95	m
5 Numaralı Ayak İçin :	d_s Richardson ve Davis	4.09	m

Yanmaz (2001)

$$\frac{d_s}{b} = 1.564 \frac{u}{\bar{c}} \frac{\bar{c}}{b} \frac{\bar{c}}{\bar{c}} F_r^{0.413}$$

Dairesel Ayak,
Hareketli Taban

d1	d2	d3	d4	d5	
2.99	3.45	3.64	2.9	1.68	m

$b = 2.8$ m (Ayak Genişliği)

$$Fr = u / (g * D)^{1/2} = 0.584$$

1 Numaralı Ayak İçin :	$d_s/2.8 = 1.564 * (2.99/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$d_{s_{Yanmaz}} = 3.60$	m
2 Numaralı Ayak İçin :	$d_s/2.8 = 1.564 * (3.45/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$d_{s_{Yanmaz}} = 3.82$	m

3 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8=1.564*(3.64/2.8)^{0.405}$ $*(0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz}= 3.90 \text{ m}$
4 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8=1.564*(2.9/2.8)^{0.405}$ $*(0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz}= 3.56 \text{ m}$
5 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8=1.564*(1.68/2.8)^{0.405}$ $*(0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz}= 2.85 \text{ m}$

4.3. LN3 100 Yıllık Debiye Göre Orta Ayaklardaki Oyulmaların Hesabı

$$Q = A * K * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = 1952.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = K * R^{2/3} * I^{1/2} \text{ m/s}$$

$$A = 287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y \text{ m}^2$$

$$n = 0.034 \text{ Mannig pürüzlülük katsayısı, DSİ}$$

$$K = 1/n \quad 1/0.034 \text{ Strickler yatak pürüzlülüğü katsayısı}$$

$$R = A/P \quad (287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y) / (172.2 + 3.6y)$$

$$A \text{ Alan (m}^2) / P \text{ Islak Çevre (m)} = R \text{ Hidrolik Yarıçap (m)}$$

$$I = Y/X \quad (13.89 - 13.82) / 26 \quad \text{Akarsu taban eğimi}$$

$$y \rightarrow 2$$

↓

$$A \rightarrow 548.60$$

$$K \rightarrow 29.41$$

$$R \rightarrow 3.55$$

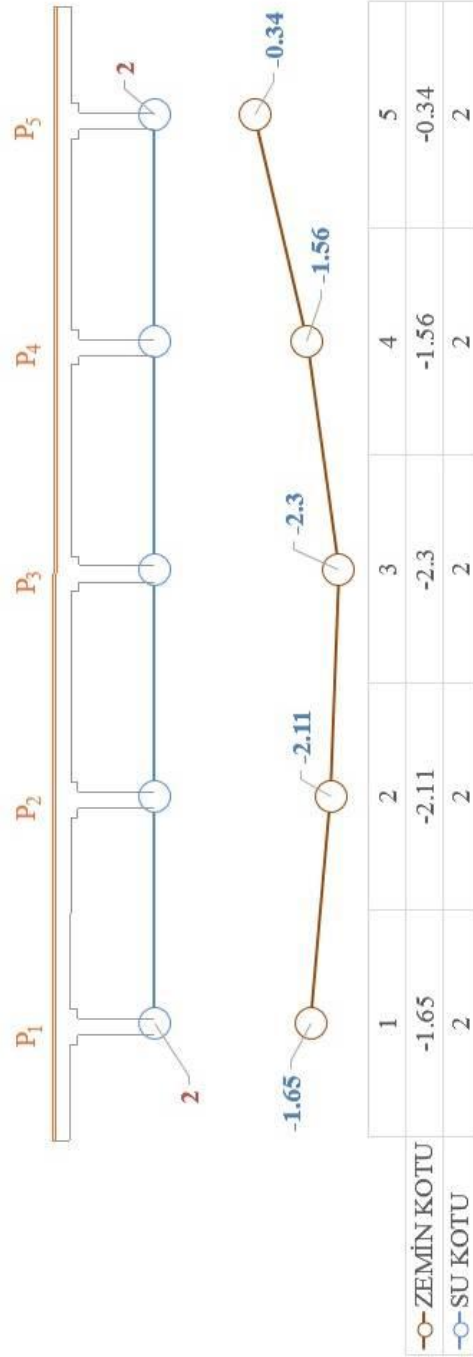
$$I \rightarrow 0.0027$$

$$Q = A * K * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$y=2 \text{ için} \quad \rightarrow \quad 1952.01 \quad 1950$$

Çizelge 4.2. LN3 Q₁₀₀ Ayaklardaki su kotu yükseklikleri

d1	d2	d3	d4	d5	m
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	

Şekil 4.7. Ayaklardaki su kotu yükseklikleri Q_{100}

4.3.1. Tabandaki Oyulma Şeklinin Tespiti

$D_{max} = 1.7$ mm ise Melville ve Coleman'a göre (Günyaktı, 1988) karışık agreganın medyan çapı;

$$D_{50a} = D_{amax} / 1.8$$

$$D_{50a} = 1.7 / 1.8 = 0.94$$

Köprü açıklığında ortalama akım hızı ;

$$u = Q / A_T$$

$$u = 1952.01 / (287.3 + ((172.2 * 2 + 1.5 * y + 1.5 * y) / 2) * y)$$

$$u = 1952.01 / 1055.49$$

$$u = 1.85 \text{ m/sn}$$

Akımın ortalama hızı, u , kritik ortalama hızdan, u_c , büyükse tabanda hareket vardır. (Yanmaz 2002)

Kritik ortalama hız şu bağıntıdan bulunabilir :

$$\frac{u_c}{u_{*c}} = 5.75 \log(5.53 \left(\frac{y}{d_{50}}\right))$$

$D_{50} = 0.38$ mm ise Melville ve Coleman'dan (Laursen, 1956) Üniform agrega için geçerli medyan çapı cinsinden kritik kayma gerilmesi hızı;

$$0.1 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1 \text{ mm}$$

$$u_{*c} = 0.0115 + 0.0125 D_{50}$$

$$u_{*c} = 0.015 \text{ m/s}$$

Kritik ortalama hız Melville ve Coleman'dan (Laursen, 1956) ;

$$U_c / U_{*c} = 5.75 \log (5.53*(y/D_{50}))$$

$$U_c / 0.015 = 5.75 \log (5.53 * (3.64 / 0.38))$$

$$U_c = 0.15 \text{ m/s}$$

$$U \geq U_c$$

Hareketli Taban oyulması vardır.

Üniformluk kat sayısı, C_u , tane dağılımının üniform veya üniform olmayan (geniş dağılımlı) malzeme olarak tasnif edilmesini sağlamaktadır.

Bu parametre şöyle tanımlanmaktadır:

$$C_u = D_{60} / D_{10}$$

$C_u > 3.0$ Taban malzemesi geniş dağılımlı olduğu kabul edilmektedir.

Granülometri Eğrisinden;

$$C_u > 3.0 \text{ (üniformluk katsayısı)}$$

$C_u > 3$ olduğundan Ceyhan Köprüsü enkesitinde taban malzemesinin geniş dağılımlı (karışık agrega) olduğu kabul edilir.

4.3.2. Daralma Oyulmasının Hesabı

Akarsu köprü geçişlerinde köprü kenar ayakları veya varsa köprü orta ayakları sebebiyle akarsu net açıklığında azalma olabilir. Bu daralma sebebiyle membada kabarma ve hızda artma meydana gelir. Hızda meydana gelen artmalar akarsu tabanındaki kayma gerilmelerinin de artmasına neden olur. Eğer tabandaki kayma gerilmelerinin artışı fazla olursa tabanda ciddi miktarda oyulmalar meydana gelebilir.

Ceyhan Nehrinin debisinin tamamı köprü net açıklığında azalma olmadan geçmektedir. Köprü yeterli genişlikte olduğu için daralma oyulması hesabı ihmal edilmiştir.

4.3.3. Orta Ayaklar Etrafındaki Oyulmanın Hesabı

Laursen (1963)

$$\frac{d_s}{b} = 1.11 \left(\frac{d_0}{b} \right)^{0.5}$$

Dairesel Ayak,
Hareketli Taban

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

1 Numaralı Ayak İçin : $d_s / 2.8 = 1.11 * (3.65 / 2.8)^{0.5}$ $d_s = 3.55$ m

2 Numaralı Ayak İçin : $d_s / 2.8 = 1.11 * (4.11 / 2.8)^{0.5}$ $d_s = 3.77$ m

3 Numaralı Ayak İçin : $d_s / 2.8 = 1.11 * (4.3 / 2.8)^{0.5}$ $d_s = 3.85$ m

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 2.8 = 1.11 * (4.3 / 2.8)^{0.5} \quad ds = 3.50 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 2.8 = 1.11 * (2.34 / 2.8)^{0.5} \quad ds = 2.84 \text{ m}$$

Neill (1973)

$$\frac{d_s}{b} = K_s$$

$K_s = 1.5$ (dairesel),
 $K_s = 2$ (dikdörtgen)

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

$b = 2.8 \text{ m}$ (Ayak Genişliği)

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 3.65 = 1.5 \quad ds_{Neill} = 5.48 \text{ m}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 4.11 = 1.5 \quad ds_{Neill} = 6.17 \text{ m}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 4.30 = 1.5 \quad ds_{Neill} = 6.45 \text{ m}$$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 3.56 = 1.5 \quad ds_{Neill} = 5.34 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds / 2.34 = 1.5 \quad ds_{Neill} = 3.51 \text{ m}$$

Jain ve Fischer (1980)

$$\frac{d_s}{b} = 2.0 (F_r - F_{rc})^{0.25} \frac{C}{e} \frac{l_0}{b} \frac{\delta}{\phi}^{0.5}$$

Dairesel Ayak,
 Hareketli Taban
 $F_r - F_{rc} > 0.2$

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

$b = 2.8$ m (Ayak Genişliği)

$$Fr = U / (g * D)^{1/2}$$

$$U = 3.22$$

$$Uc = 0.18$$

$$Fr-Fc > 0.2$$

$$Fr=0.58$$

$$Fc=0.03$$

$$Fr-Fc > 0.2$$

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=2 * (0.58-0.03)^{0.25} * (3.65/2.8)^{0.5} \quad ds_{J \text{ ve } F} = 5.51 \text{ m}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=2*(0.58-0.03)^{0.25} * (4.11/2.8)^{0.5} \quad ds_{J \text{ ve } F} = 5.84 \text{ m}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=2*(0.58-0.03)^{0.25} * (4.3/2.8)^{0.5} \quad ds_{J \text{ ve } F} = 5.98 \text{ m}$$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=2*(0.58-0.03)^{0.25} * (3.56/2.8)^{0.5} \quad ds_{J \text{ ve } F} = 5.44 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=2*(0.58-0.03)^{0.25} * (2.34/2.8)^{0.5} \quad ds_{J \text{ ve } F} = 4.41 \text{ m}$$

Günyaktı (1988)

$$\frac{d_s}{b} = 1.183 \frac{C_0}{C} \frac{U}{b}^{0.471}$$

Dairesel Ayak,
Genel Oyulma

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=1.183*(3.65/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı}= 3.75 \text{ m}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=1.183*(4.11/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı}= 3.97 \text{ m}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=1.183*(4.3/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı}= 4.05 \text{ m}$$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=1.183*(4.3/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı}= 3.71 \text{ m}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } ds/2.8=1.183*(2.34/2.8)^{0.471} \quad ds_{günyaktı}= 3.04 \text{ m}$$

Johnson (1992)

$$\frac{d_s}{b} = 2.02 \frac{d_1}{b} \frac{\sigma_g^{0.02}}{\sigma_g} Fr^{0.21} \sigma_g^{-0.24} \quad \text{Dairesel Ayak, Hareketli Taban}$$

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$Fr= U/(g*D)^{1/2} = 0,584$$

$$\sigma_g = (D_{84.1}/D_{15.9})^{0.5} = (0.7/0.01)^{0.5} = 8.37$$

$$ds/2.8=2.02*(3.65/2.8)^{0.02}$$

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } *(0.584)^{0.21}*(0.584)^{-0.24} \quad ds_{Johnson}= 3.05 \text{ m}$$

$$ds/2.8=2.02*(4.11/2.8)^{0.02}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } *(0.584)^{0.21}*(0.584)^{-0.24} \quad ds_{Johnson}= 3.06 \text{ m}$$

$$ds/2.8=2.02*(4.3/2.8)^{0.02}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } *(0.584)^{0.21}*(0.584)^{-0.24} \quad ds_{\text{Johnson}}= 3.06 \text{ m}$$

$$ds/2.8=2.02*(3.56/2.8)^{0.02}$$

$$4 \text{ Numaralı Ayak İçin : } *(0.584)^{0.21}*(0.584)^{-0.24} \quad ds_{\text{Johnson}}= 3.05 \text{ m}$$

$$ds/2.8=2.02*(2.34/2.8)^{0.02}$$

$$5 \text{ Numaralı Ayak İçin : } *(0.584)^{0.21}*(0.584)^{-0.24} \quad ds_{\text{Johnson}}= 3.02 \text{ m}$$

Melville (1997)

$$D_s = K_{yb} K_l K_d K_s K_a$$

Genel Oyulma

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$K_{yb} = 2*(2.8*b)^{0.5}$$

$$K_d = 1$$

$$K_s = 1 \quad \text{dairesel}$$

$$K_\alpha = 1 \quad \alpha=0$$

$$1 \text{ Numaralı Ayak İçin : } \quad ds_{\text{melville}}= 6.39 \text{ m}$$

$$2 \text{ Numaralı Ayak İçin : } \quad ds_{\text{melville}}= 6.78 \text{ m}$$

$$3 \text{ Numaralı Ayak İçin : } \quad ds_{\text{melville}}= 6.94 \text{ m}$$

4 Numaralı Ayak İçin : $ds_{melville} = 6.31 \text{ m}$

5 Numaralı Ayak İçin : $ds_{melville} = 5.12 \text{ m}$

Richardson ve Davis (2001)

$$\frac{d_s}{b} = 2.0 K_s K_a K_b K_z \frac{\omega}{\epsilon} \frac{\sigma}{b} \frac{\delta}{\delta}^{0.35} Fr^{0.43} \text{ Genel Oyulma}$$

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

$b = 2.8 \text{ m}$ (Ayak Genişliği)

K_s	1	dairesel
K_a	1	$\alpha=0$
K_b	1.1	
K_z	1	$D50 < 2$
Fr	0.584	

1 Numaralı Ayak İçin : $ds_{R ve D} = 5.36 \text{ m}$

2 Numaralı Ayak İçin : $ds_{R ve D} = 5.59 \text{ m}$

3 Numaralı Ayak İçin : $ds_{R ve D} = 5.68 \text{ m}$

4 Numaralı Ayak İçin : $ds_{R ve D} = 5.32 \text{ m}$

5 Numaralı Ayak İçin : $ds_{R ve D} = 4.59 \text{ m}$

Yanmaz (2001)

$$\frac{d_s}{b} = 1.564 \frac{d}{b} \frac{\dot{\theta}}{\dot{\theta}_0} F_r^{0.413}$$

Dairesel Ayak,
Hareketli Taban

d1	d2	d3	d4	d5	
3.65	4.11	4.3	3.56	2.34	m

b = 2.8 m (Ayak Genişliği)

$$Fr = u / (g \cdot D)^{1/2} = 0.584$$

1 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8 = 1.564 * (3.65/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz} = 3.90$	m
2 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8 = 1.564 * (4.11/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz} = 4.10$	m
3 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8 = 1.564 * (4.3/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz} = 4.17$	m
4 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8 = 1.564 * (3.56/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz} = 3.87$	m
5 Numaralı Ayak İçin :	$ds/2.8 = 1.564 * (2.34/2.8)^{0.405} * (0.584)^{0.413}$	$ds_{Yanmaz} = 3.26$	m

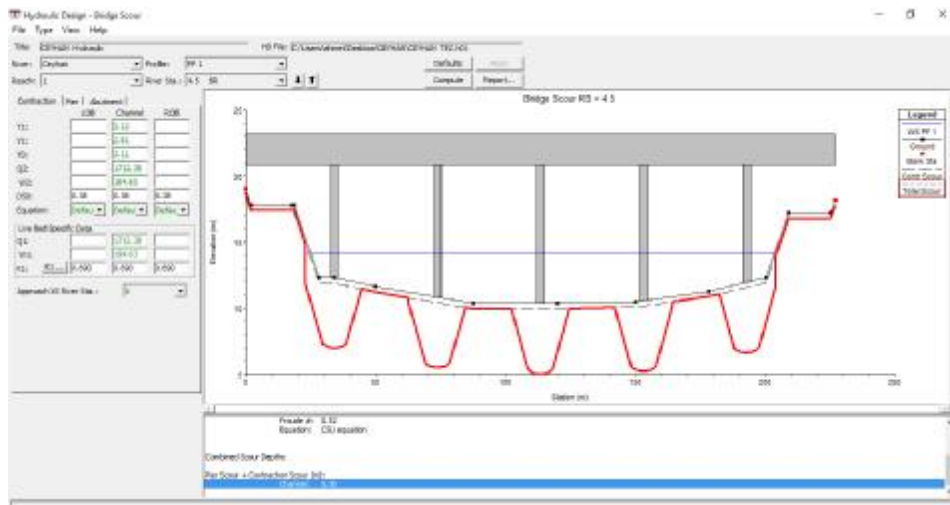
4.4 HEC-RAS Analiz Sonuçları

4.4.1 LN3 25 Yıllık Akım Koşullarında HEC-RAS

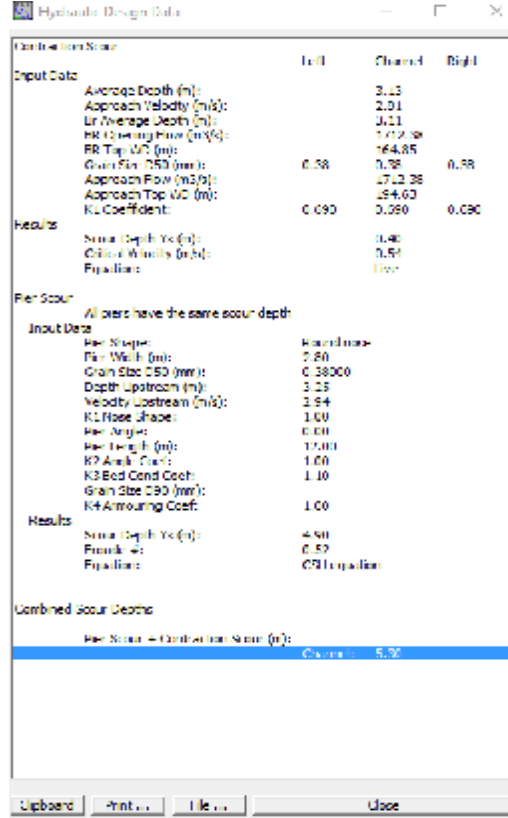
Karayollarından temin edilen proje verilerinden hazırlanan geometrik veriler ve akım verileri HEC-RAS 5.0.3 programına modellemesi yapıldı. (Şekil 4.8) Analiz sonuçları raporlandı. (Şekil 4.9) (Şekil 4.10)



Şekil 4.8. HEC-RAS 5.0.3 25 Yıllık akım koşullarının hesaplama arayüzü



Şekil 4.9. HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz sonuç ekranı



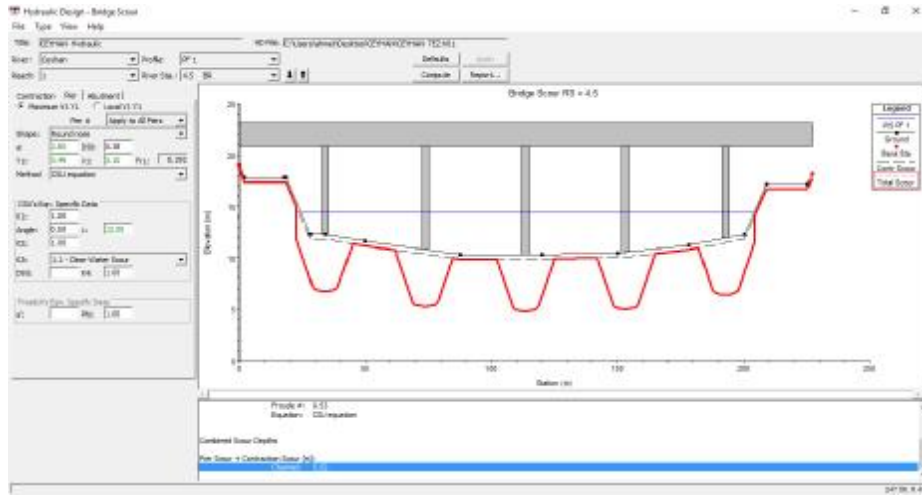
Şekil 4.10. HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz sonuç raporu

4.4.2 LN3 100 Yıllık Akım Koşullarında HEC-RAS

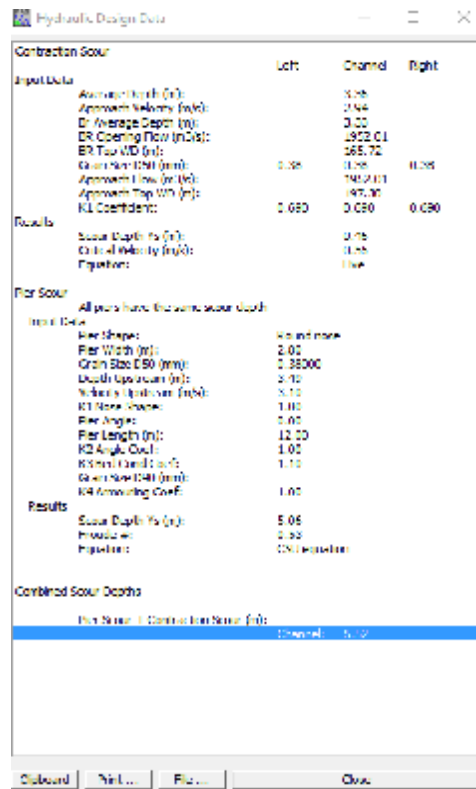
Karayollarından temin edilen proje verilerinden hazırlanan geometrik veriler ve akım verileri HEC-RAS 5.0.3 programına modellenmesi yapıldı. (Şekil 4.11) Analiz sonuçları raporlandı. (Şekil 4.12) (Şekil 4.13)



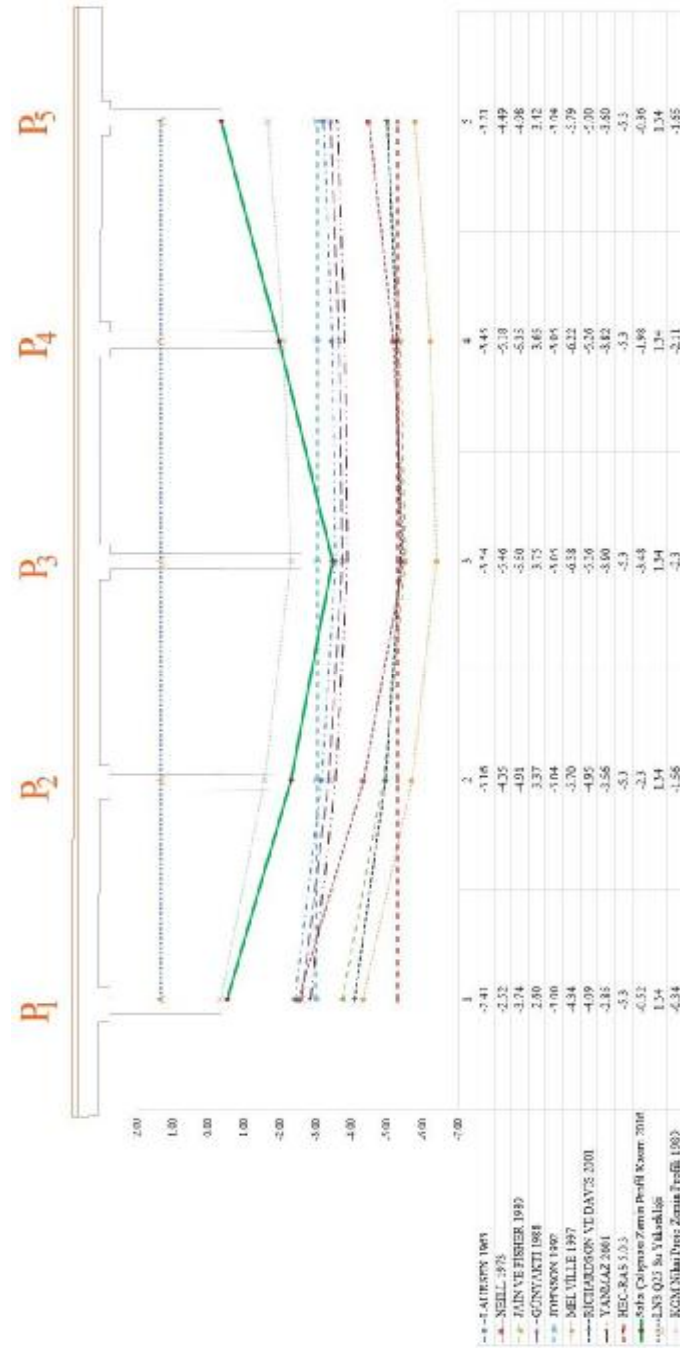
Şekil 4.11. HEC-RAS 5.0.3 100 Yıllık akım koşullarının hesaplama arayüzü



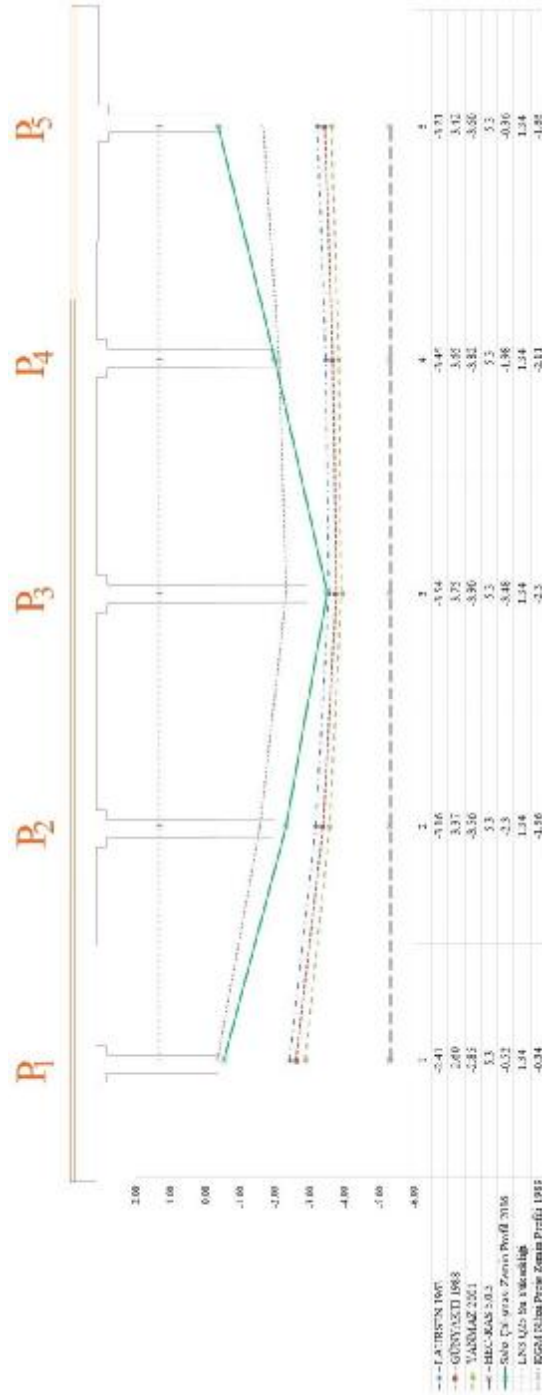
Şekil 4.12. HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz sonuç ekranı



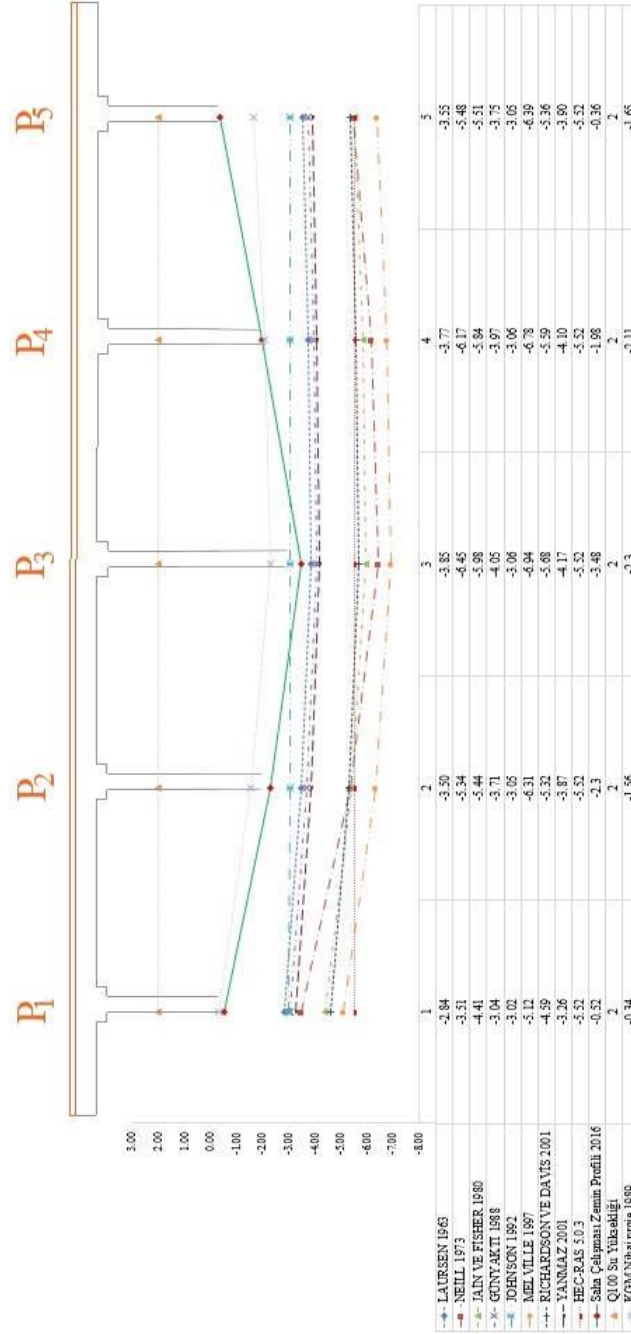
Şekil 4.13. HEC-RAS 5.0.3 100 Yıllık debi oyulma sonuçları



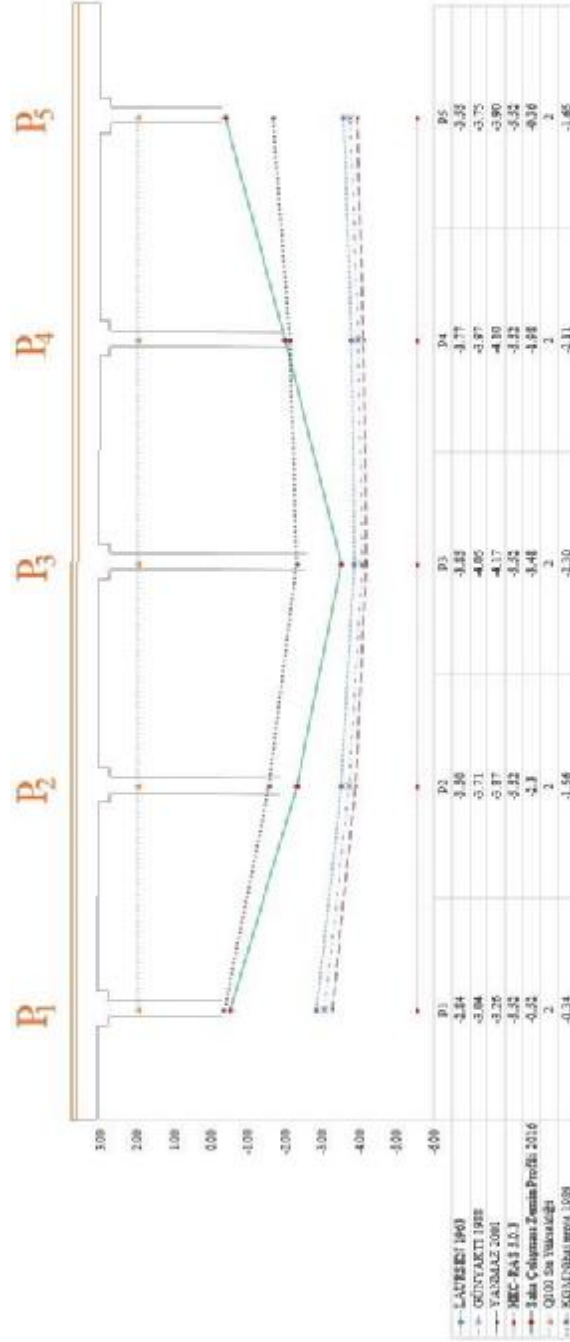
Şekil 4.14. Sonuçların karşılaştırılması grafiği Q25



Şekil 4.15. En yakın sonuçların karşılaştırma grafiği Q25



Şekil 4.16. Sonuçların karşılaştırılması grafiği Q100

Şekil 4.17. En yakın sonuçların karşılaştırma grafiği Q₁₀₀

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ceyhan Viyadüğü orta ayaklarındaki oyulmalar için yapılan bu çalışmada araştırmacılar tarafından türetilmiş olan bağıntılar ve HEC-RAS programı birbirlerinden farklı sonuçlar vermiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Köprü yapım yılı itibari ile 29 yılını tamamlamış olup bu tez kapsamında 25 yıllık ve 100 yıllık debiler için hesaplamalar yapılmıştır. Karşılaştırma grafikleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15, 25 yıllık debi esas alınarak çizilmiştir. Bu grafiklere göre arazide ölçülen oyulma derinliğine en yakın üç sonucun Laursen, Günyaktı ve Yanmaz olduğu tespit edilmiştir. Köprüden 29 yıllık debi geçmesine rağmen araştırmacılar ile arasındaki farklılığın hareketli taban oyulması koşulları ve akış rejimindeki düzensizlikten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.
2. Karşılaştırma grafikleri Şekil 4.16 ve Şekil 4.17, 100 yıllık debi esas alınarak çizilmiştir. Bu grafiklere göre arazide ölçülen oyulma derinliğine en yakın üç sonucun Laursen, Günyaktı ve Yanmaz olduğu tespit edilmektedir. Fakat 29 yıllık oyulma derinliği göz önüne alındığında oyulmanın lineer artışı düşünüldüğünde Richardson ve Davis, Jain ve Fischer, Neil, Melville ve HEC-RAS' dan elde edilen sonuçlarında dikkate alınması gerekliliği tespit edilmiştir. Araştırmacılar ile gerçek sonuçlar arasındaki farklılığın debi periyodunun henüz 100 yıllık debi periyoduna ulaşmamasında, hareketli taban oyulması koşulları geçerli olmasından ve akış rejimindeki düzensizlikten kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.
3. Arazi ölçümlerinde elde edilen oyulma değerleri ile araştırmacıların bağıntı sonuçları kıyaslanırsa nehrin talveg ekseninde ki oyulmanın çakıştığı fakat

nehirin sağ ve sol eksenlerinde bu çakışmanın olmadığı gözlenmektedir. Oyulmaya eşdeğer en yakın bağıntının Neill'e ait olduğu tespit edilmiştir.

4. Nehrin talveg noktasındaki oyulmanın diğer noktalara oranla daha fazla olmasının sebebi, talveg kesitinde akım hızının en yüksek olmasındandır. Arazi ölçümleri ve bağıntı sonuçları kıyaslandığında eş değer çakışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Akım hızı ile oyulmanın doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır.
5. Oyulma bağıntıları kendi türetilme koşullarında geçerli olup, bu bağıntılar farklı akım ve taban malzemesi değerleri gibi çeşitli parametrelerden etkilenmekte olduğu bilinmektedir. Ceyhan Köprüsü Arazi ölçümleri sonucunda elde edilen oyulma değerlerinin araştırmacılardan Günyaktı ve Yanmaz' ın bağıntı sonuçlarına en yakın çıkması Türkiye havza özellikleri değerlendirilerek yapılan bağıntıların Türkiye havza koşullarında oluşan oyulma değerlerine en yakın çıktığı sonucunu doğrulamıştır.
6. Ceyhan Nehri 100 yıllık akım koşulları gözetilerek yapılan hesaplamalar sonucunda Ceyhan Viyadüğünün 2 ve 3 numaralı orta ayakların temel alt kotunun oyulma çukuru içerisinde kalacağı gözlenmiştir.
7. Ceyhan Nehri 25 ve 100 yıllık akım koşulları gözetilerek yapılan oyulma hesaplamalarında debinin köprünün kenar ayaklarına çıkmadığı tespit edilmiştir. Kenar ayaklar olası debi artışlarına karşı taş tahkimat uygulaması ile güçlendirilmiştir.
8. Köprü giriş alt kotu yeterli yükseklikte olup olası debi artışları için yeterli hava payı bırakıldığı gözlenmiştir.
9. Ceyhan köprüsünde 29 yıllık oyulma sonucu 4 ve 5 numaralı ayaklarda birikme olduğu tespit olunmuştur. Bunun hareketli taban oyulması ve Ceyhan nehrinin köprü açıklığından kıvrım yaparak geçmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

5.2. Öneriler

Ceyhan Nehri Viyadüğünün kazık temeller üzerine inşa edilmesi oyulma problemlerine karşı güvenilirliğini arttırmıştır. Fakat oyulma derinliğine bağlı olarak kazık temeller üzerine taşıma gücü kayıpları dikkate alınarak köprü statik sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda köprünün oyulmaya karşı güvenilirliği noktasında kesin sonuçlara varılacaktır.

Ceyhan nehri viyadüğünün oyulmaya karşı güvenilirliklerini arttırmak için bir dizi önlemler alınması gerekebilir. Köprü ayaklarında oyulma kaynaklı maddi hasar ve manevi kayıpların önlenmesi için aşağıdaki öneriler teklif edilebilir.

1. Köprülerin oyulmaya karşı analizlerinin yapılabilmesi için köprülerin güvenilirliğini değerlendirmek üzere Karayolları Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ortak çalışma grupları oluşturması,
2. Köprü teknik verileri ile Hidrolik tabanlı verilerin ortak veri bankasında tutulması,
3. Köprü ayakları üzerine debi ve oyulma ölçümü yapan Elektronik cihazların yerleştirilerek kayıtların tutulması, Bu Cihazların Akıllı Ulaşım Sistemlerine Dahil Edilmesi,
4. Köprü memba ve mansap bölgesinden kontrolsüz malzeme alımlarının tespit edilmesi için düzenli gözlem denetimlerinin yapıp kayıt altına alınması,
5. Köprü memba ve mansap bölgesine oluşturulacak debi savaklama yapılarıyla suyun hızı düşürülmesi,
6. Köprü projelerinde oyulma hesaplarının dikkate alınarak temel alt kotu ve kazık temel boylarının hesap edilmesi,
7. Köprü projelendirilmesinde köprü ayaklarındaki oyulmaların hesabında literatüre girmiş programlar ile yapılacak analiz verilerinden dikkatli bir şekilde yararlanılması ve kazık temel boylarının hesap edilmesi,

8. Menderesli akan akarsularda ayak üzerinde etki eden oyulma ve birikme kaynaklı statik yüklerin tesirlerinin önüne geçilmesi için, kıvrımlar üzerine ayak yerleştirilmemesi, zorunlu hallerde ayak açıklığı geniş köprü tasarımlarının tercih edilmesi, mühendislik ekonomisi ve güvenli tarafta kalmak için önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Başak, V., Başlamişli, Y., Ve Ergün, Ö., 1975. Bir Doğru Üzerinde Yer Alan Kazık Grubu Etrafında Yerel Oyulmalar. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. Rapor No: Hi-583.
- Başak, V., Başlamişli, Y., Ve Ergün, Ö. 1977. Doğrusal Eksenli ve Dairesel Kesitli Kazık Grubu Etrafında Meydana Gelen Yerel Oyulmalar. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. Rapor No: Hi-641.
- Breusers, H.N.C., Nicollet G. Ve Shen H.W., 1977. Local Scour Araund Cylindrical Piers. Journal of the Hydraulics Research, IAHR, 15(3), 211-252.
- Breusers, H.N.C., ve Raudkivi, A.J., 1991. Scouring-Hydraulic Structures Design Manual 2. International Association for Hydraulic Research. A. A. Bakema, Rotterdam, Brookfield, Hollanda.
- Carstens, M.R., 1966. Similarity Laws for Localized Scour. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. 92(HY3), 13-36.
- Carstens, M.R., 1966. Similarity Laws for Local Scour. Proceedinds. ASCE. HY3, P. 4818, May.
- Chabert, J. ve Engeldinger, P., 1956. Etude des Affoilements Autour des Piles des Ponts. Rotaire National d'Hydrolique, Chatou, Fransa.
- Chee, 1982. Live Bed Scour at Bridge Piers. University of Aucland, New Zealand. Rep. No. 290.
- Chiev, 1982. Local Scour at Bridge Piers. University of Aucland. New Zealand. Rep. No. 355.
- Ettema, R., 1976. Influence of Bed Material Gradation on Local Scour. M. Eng. Thesis, University of Auckland, New Zealand.
- Ettema R., 1980. Scour at bridge piers. Doktora tezi, Auckland Üniversitesi, Auckland, Yeni Zelanda.

- Gedeli, F., 2006. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa Gediz Köprüsü Orta Ayaklardaki Oyulma Üzerine Yöntem Araştırılması.
- Günyaktı, A., 1988. Köprü Ayakları Etrafında Oyulma Derinliğinin Grafik Yöntemle Tayini. Mühendislik ve Çevre Bilimleri Tübitak, 12(1) 96-108.
- Gedeli, F., 2006. Manisa Gediz Köprüsü Orta Ayaklardaki Oyulma Üzerine Yöntem Araştırılması. Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Hancu, S., 1971. Sur le Calcul des Affouillements Locaux Dans la Zone des Piles de Ponts. Proceeding 14 th IAHR Congress 3:299-313.
- Hec-Ras 5.0.3, September 2016. <http://www.hec.usace.army.mil>.
- Jain, S.C. ve Fischer E.E., 1980. Scour Araund Bridge Piers at High Flow Velocities. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 106(HY11), 1827-1842).
- Johnson, P.A., 1992. Reliability-based Pier Scour Engineering. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE, 118(10): 1344-1358.
- Komura, S., 1966. Equilibrium Depth of Scour in Long Constrictions. Journal of the Hydroulic Division. ASCE, 92(HY5).
- Kulga, Z., Dizdar, M. Türkiye akarsu havzaları maksimum akımları frekans analizi (Mafa) Kitabı.
- Laursen, E. M. ve Toch, A., 1956. Scour around Bridge Piers and Abutment. IOWA Highway Research Board Bulletin. ABD. No.4.
- Laursen, E. M., 1958. Scour at B. Crossings. Highway Research Board A.L. B. Lowa ABD. No8.
- Laursen, E. M., 1960. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydroulics Division. ASCE, ABD. 86(2), 39-54.
- Laursen E. M., 1963. An Analysis of relief bridges Scour. Journal of the Hydraulics Division, ASCE. ABD.
- Larras, J., 1972. Hydrouliques et Granulats. Ed. Eyrolles, Paris, France.
- Melville, B.W. 1977. Pier and Abutments Scour Integrated Approach. Journal of

- Hydraulic Engineering. ASCE. 123(2), 125-136.
- Melville, B.W. ve Raudkivi, A.J., 1977. Flow Characteristics in Local Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Research IAHR, 15(1):373-380.
- Melville, B.W. ve Shutherland, A.J., 1988. Design Method for Local Scour at Bridge Piers, Journal of Hydraulc Engineering. ASCE. 114(10):1210-1226.
- Neill, C.R., 1973. Guide to Bridge Hydraulics. Roads and Transportation Association of Canada, University of Toronto Press, Toronto, Kanada.
- Nicollet, G. ve Ramette, M. 1971. Affoilements au Voisinage de Piles de Pont Cylindriques Circularies. Proceedings XIV. IAHR Congress, Paris, Fransa, 315-322.
- Nicollet, C., 1971. Sur Problem des Affoilements au des Piles de Pont Cylidriques. L.N.H. Chatau, Paris.
- Richardson, E.V. ve Davis S.R., 2001. Evaluating Scour at Bridge. Hydraulic Engineering Circular No: 18, Yayın No: Fhwa Nhi 01-001, Fhwa, US. Dept. Of Transportation, Washington D.C., ABD.
- Richardson, E.V. ve Davis, S.R. 2001. Evaluating Scour at Bridges. Hydroulic Engineering Circular, No:18, Yayın No: Fhwa Nhi 01-001, Fhwa, US. Department of Transportation, Washington, D.C., ABD.
- Raudkivi, A.J., 1986. Functional Trends of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydroulic Engineering, ASCE, 112(1), 1-13.
- Shames, I.H. 1992. Mechanics of Fluids. McGraw Hill, Singapore.
- Shirhole, A.M. ve Holt, R.C., 1991. Planning for a Comprehensive Bridge Safety Program, Transportation Research Record 1290. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., ABD, 39-50.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Stratejik Plan, 2015 – 2019. Ankara.
- Üç, S., Ağaçoğlu, H. Köprü Ayaklarındaki Oyulma Derinliğinin Belirlenmesi ve Bir Uygulama. <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/12947.pdf>

- Üç, S., 1988. Vorteks Yayılma Frekansının Oyulma Derinliğine Etkisi Doktora tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul. 98.
- Üç, S. ve Yüksel, Y., 1988. Köprü ayaklarının menbana yerleştirilen pilot ayaklar ile yerel oyulmanın azaltılması. Yıldız Üniversitesi Dergisi. 8-16.
- Yanmaz, A.M. 1989. Time Dependent Analysis of Clear Water Scour Around Bridge Piers. Doktora Tezi Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara, Türkiye.
- Yanmaz, A.M. ve Üstün, İ. 2001. Generalized Reliability Model for Local Scour Around Bridge Piers of Various Shapes. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, Turkish Scientific and Technical Research Council. Ankara, Türkiye. 25.6.687-698.
- Yanmaz, M.A., 2002. Köprü Hidroliği. METU Press. Ankara, Türkiye. 1. Baskı, sf.148-173.

ÖZGEÇMİŞ

2002 yılında başladığı Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2007 yılında mezun oldu. 2005 yılında Ankara ilinde Koçoğlu firmasında Şantiye Stajını, 2006 yılında Mersin ilinde Mimart Firmasında Büro Stajını yaptı. 2007 – 2008 yıllarında Irak Süleymaniye'de Socar-Co. Müteahhidi Tekim-AŞ Firmasında Saha Mühendisi, 2008 – 2010 yıllarında Adana Pozantı'da Karayolları Müteahhidi Tekfen - Tubin - Özdemir O.G. Firmasında Büyük Sanat Yapıları Şefi, 2010 – 2014 yıllarında Mersin Yenicede Demiryolları Müteahhidi Ansaldo - İlci O.G. Firmasında Dizayn Şefi olarak çalıştı. Vergi Mükellefi olarak Mersin il ve ilçe Belediyelerinde İnşaat Mühendisleri Odası onaylı Fenni Mesul ve Statik Proje Müellifi işleri yaptı. 2014 Yılında KPSS Merkezi Yerleştirmesi ile Karayolları Mersin 5. Bölge Müdürlüğüne Kesin Hesap Mühendisi olarak atandı. 2017 yılı itibari ile Yapım Kontrol Mühendisi olarak görevini sürdürmekte. Evli ve bir çocuk babasıdır. gokalpbulut@yahoo.com

EKLER

EK 1

HEC-RAS 5.0.3 Arayüz işlem sekmeleri



- 1- File = Dosya İşlemleri
- 2- Edit = Düzenleme İşlemleri
- 3- Run = Program Çalıştırma İşlemleri
- 4- View = Program Girdi ve Sonuçlarını Görüntüleme İşlemleri
- 5- Options = Ayarlar
- 6- GIS Tools = Coğrafik Bilgi Sistemleri Araçları
- 7- Help = Yardım İşlemleri
- 8- Open, Save = Açma ve Kaydetme (Kısa Yol)
- 9- View, Edit Flow Data = Akım Verilerinin Girilmesi, Görüntülenmesi (Kısa Yol)
- 10- View, Edit Sediment Data = Sediment Verilerinin Girilmesi, Görüntülenmesi (Kısa Yol)
- 11- Perform Simulation = Similasyon Üzerinde performnsların Görüntülenmesi (Kısa Yol)
- 12- Open Ras Mapper = Haritalandırma Kılavuzu Açma (Kısa Yol)
- 13- View Sections, Profiles = Kesit ve Profil Görüntüleme (Kısa Yol)
- 14- View Summary Tables = Özet Tablo Görüntüleme (Kısa Yol)
- 15- File Names = Dosya İsimleri ve Uzantılarının görüntülenmesi
- 16- Descriptions = Açıklamalar
- 17- Unit Sytem = Ölçülendirme Birim Sistemi

EK 2

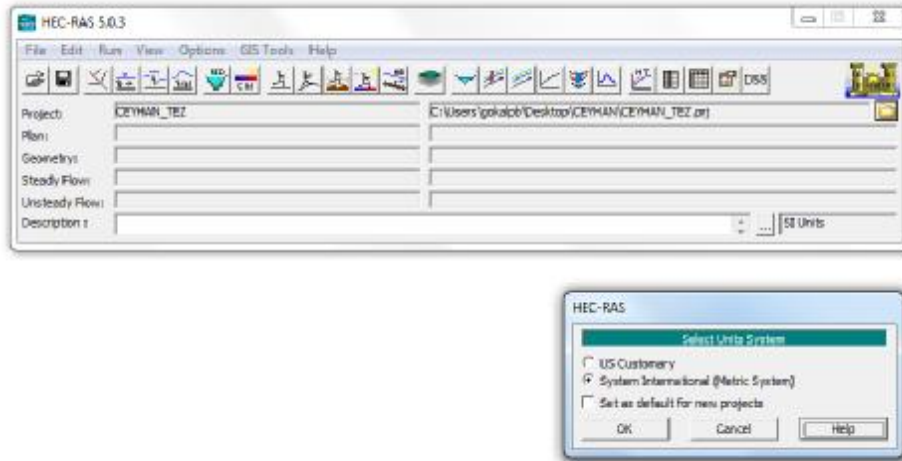
Ceyhan Köprü Proje Dosyasına Başlama

File → New Project → Create Folder



HEC-RAS 5.0.3 Yeni proje dosyası başlatma

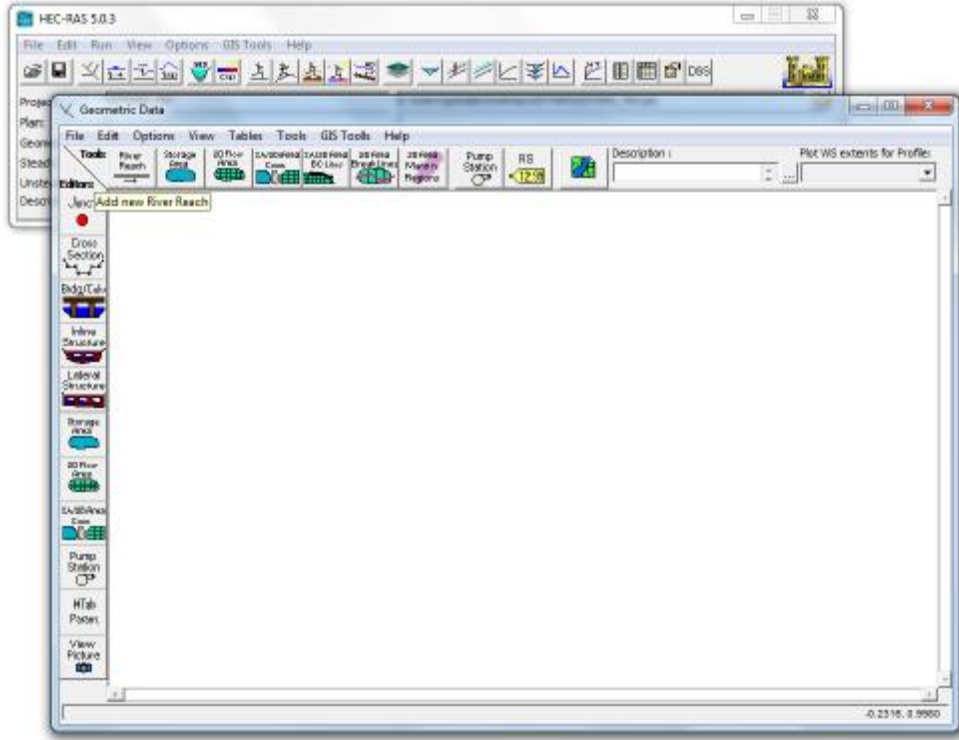
Options → Unit System → SI (Metric System)



HEC-RAS 5.0.3 Birim sistemi deęiřtirme

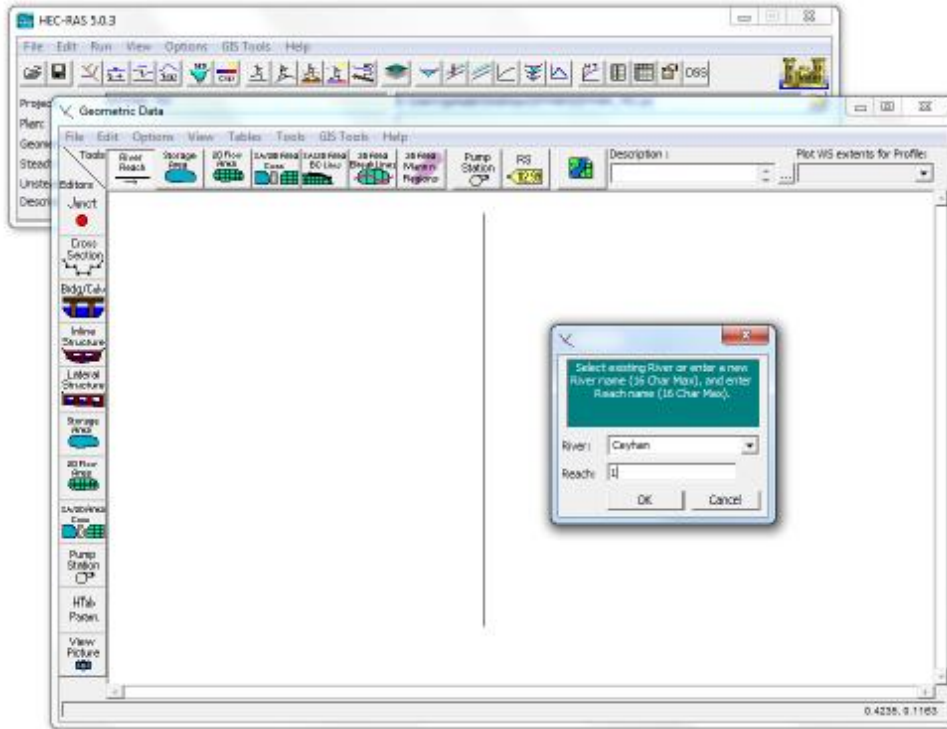
Nehir Güzergâhının Girilmesi

Edit → Geometric Data



HEC-RAS 5.0.3 Geometrik veri giriş menüsü

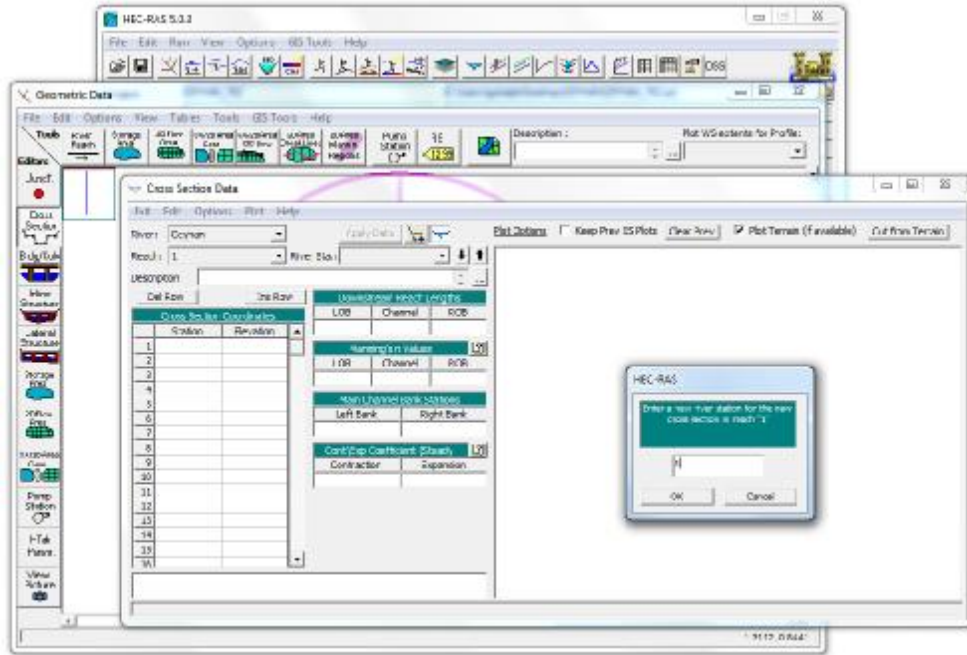
Add New River Reach



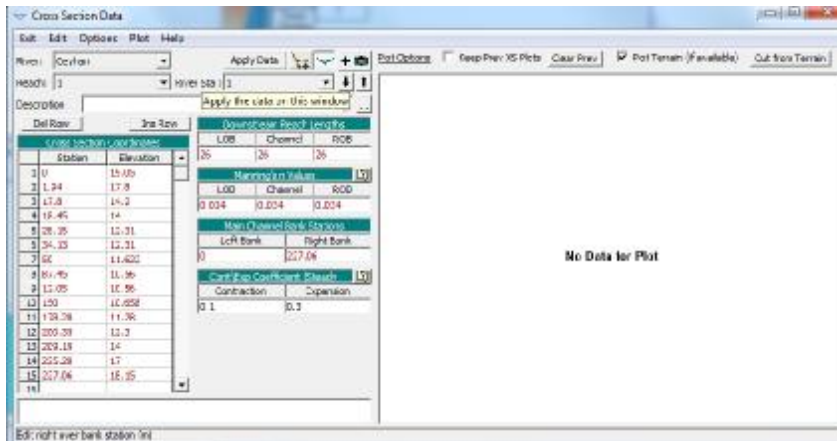
HEC-RAS 5.0.3 Akarsu güzergâhı ekleme

Enine Kesitlerin Girilmesi

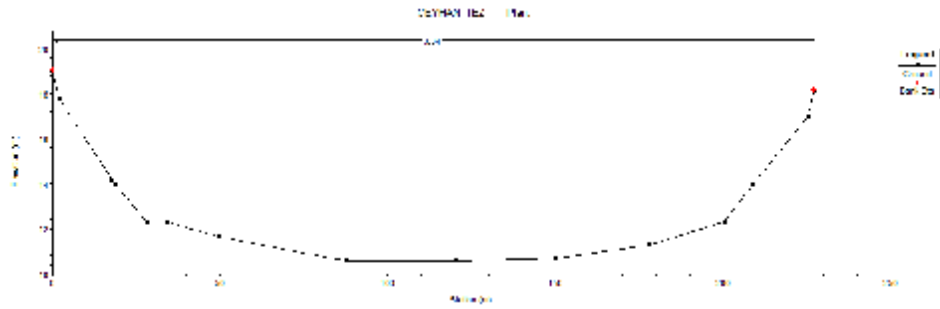
Cross Section Data Options → Add New Cross Section



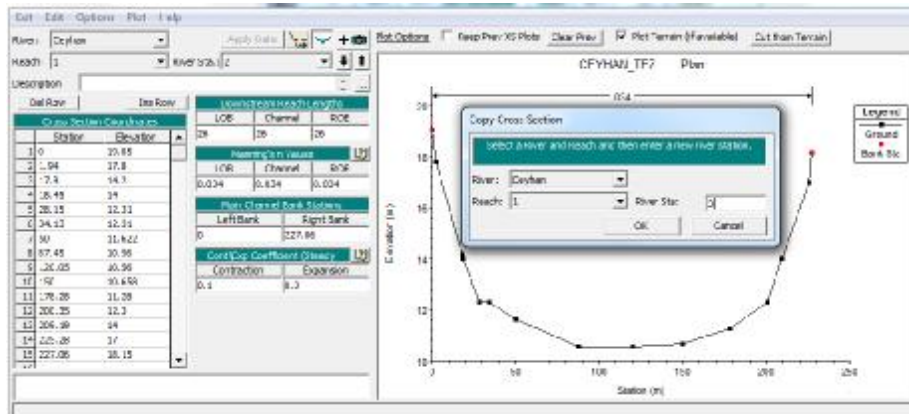
HEC-RAS 5.0.3 En kesit adet bilgilerinin girilmesi



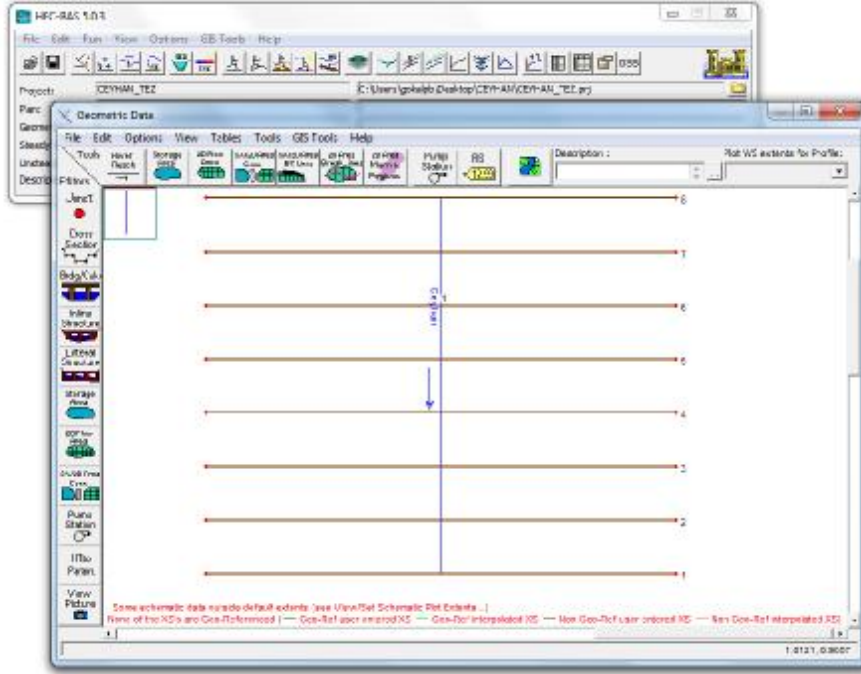
HEC-RAS 5.0.3 En kesit verilerinin girilmesi



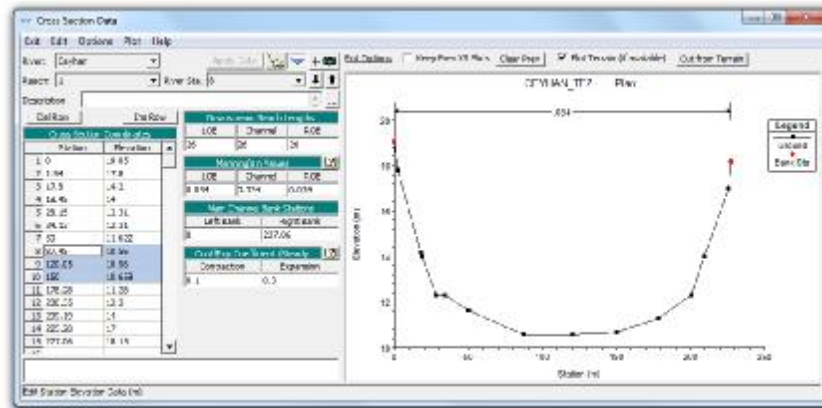
HEC-RAS 5.0.3 En kesit simülasyonu



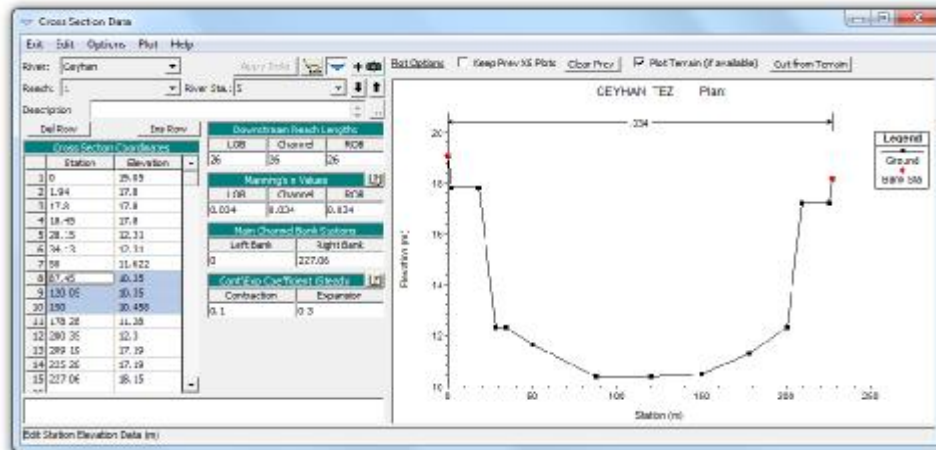
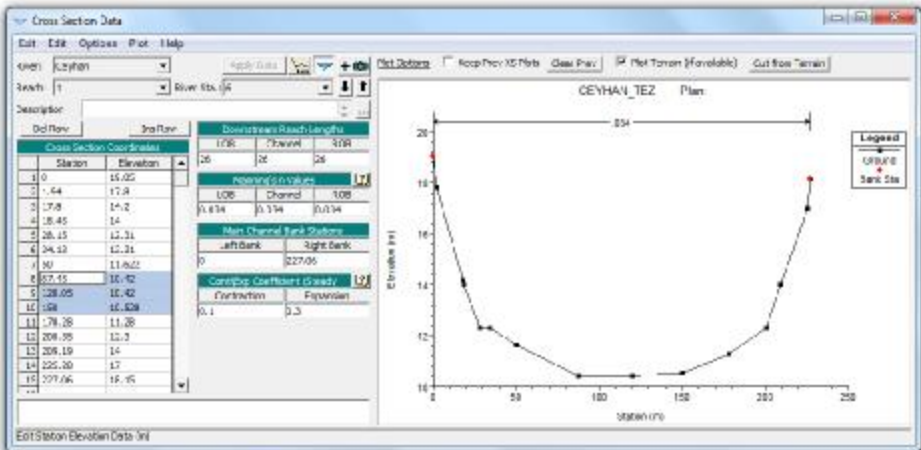
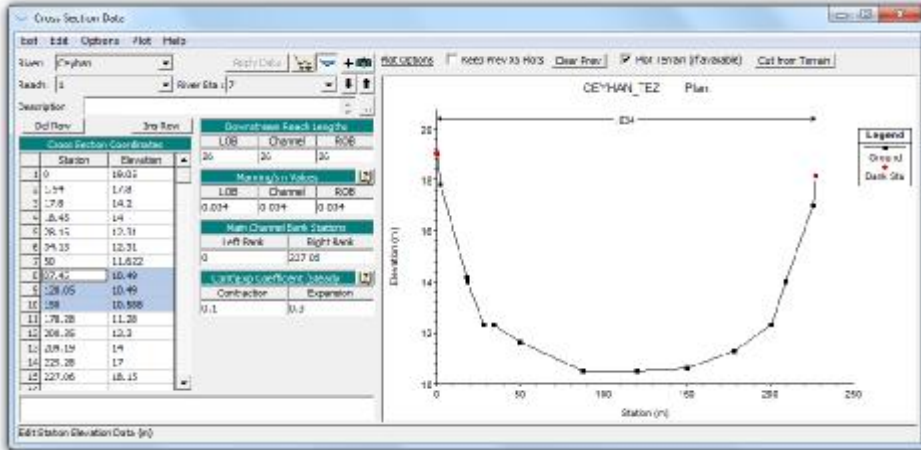
HEC-RAS 5.0.3 En kesit kopyalama editörü

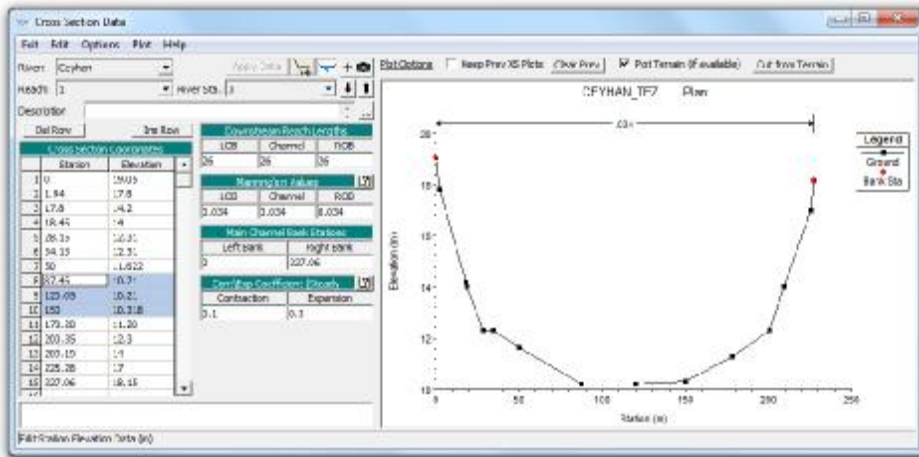
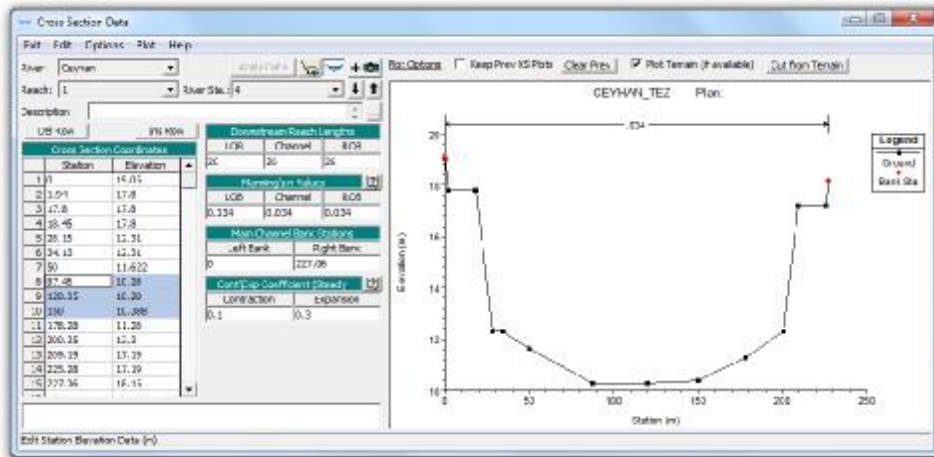


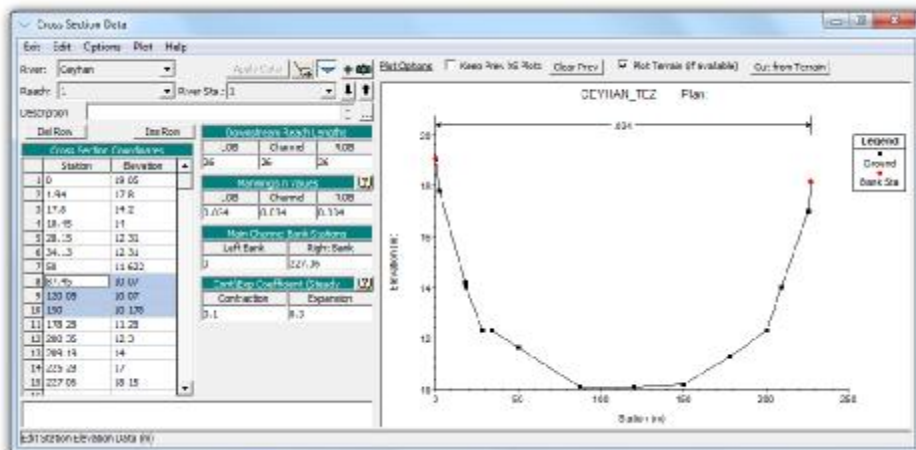
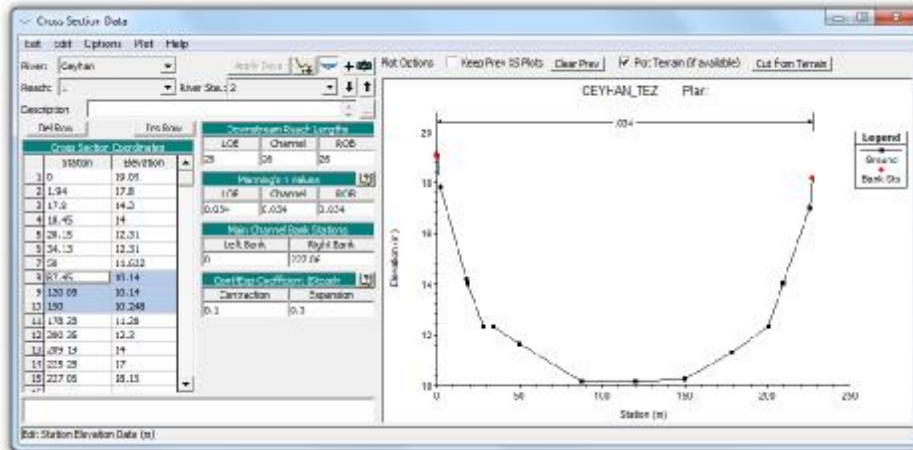
HEC-RAS 5.0.3 Plan görünüm simülasyonu



HEC-RAS 5.0.3 En kesitler üzerinde düzenleme yapılması

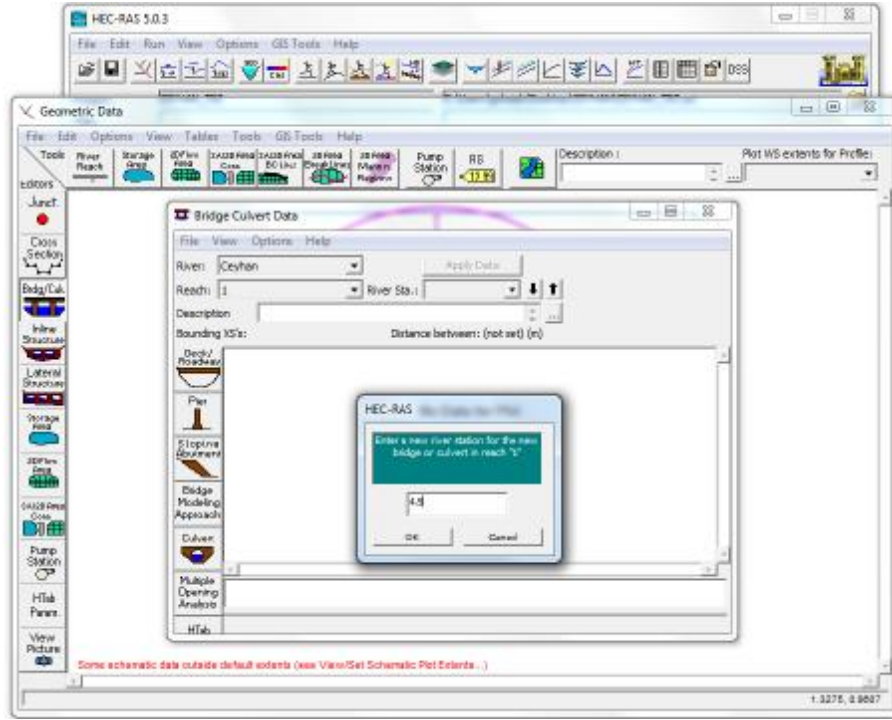




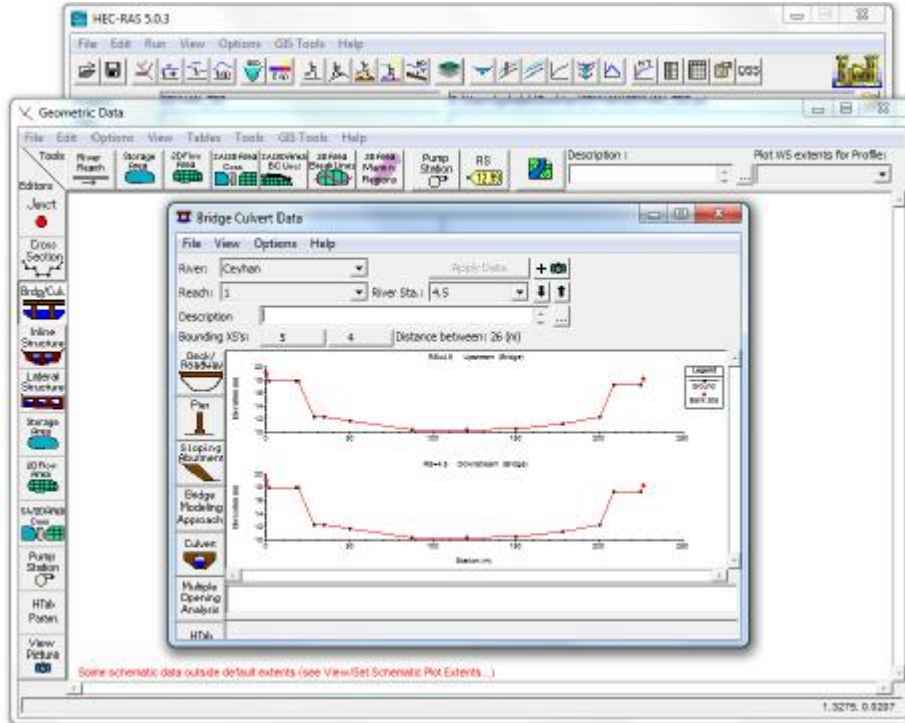


Köprü Bilgilerinin Girilmesi

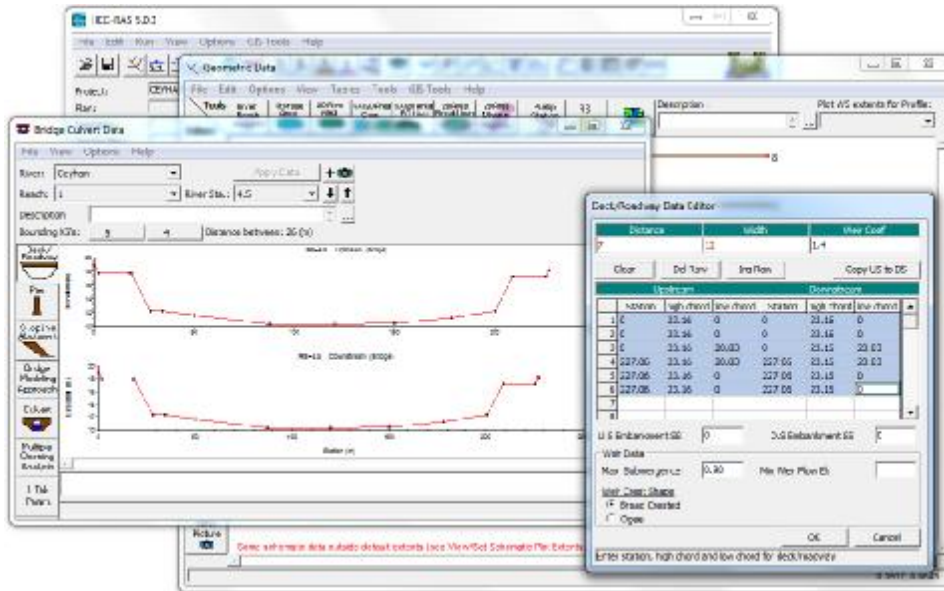
Add Bridge Culvert → Bridge Culvert Data → Options → Add



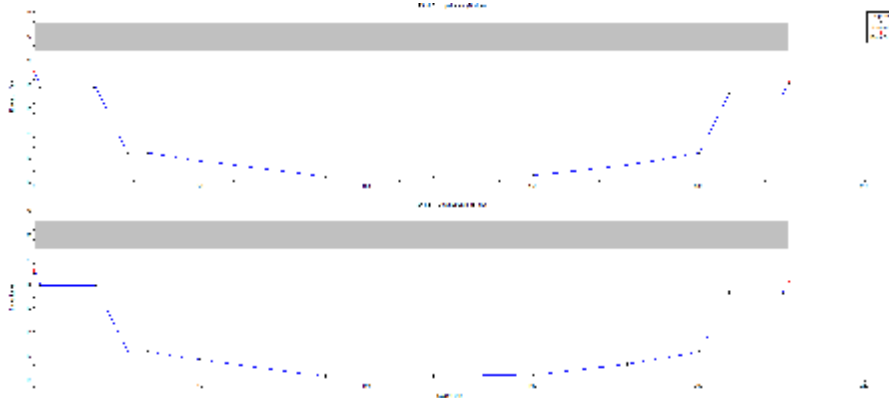
HEC-RAS 5.0.3 Köprü bilgilerinin girilmesi



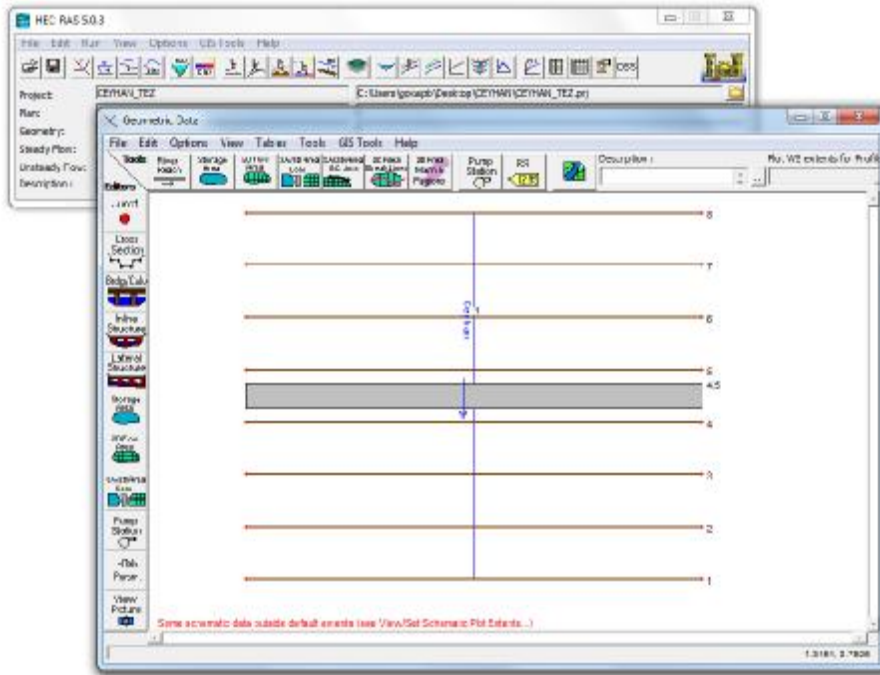
HEC-RAS 5.0.3 Köprü simülasyon ekranı



HEC-RAS 5.0.3 Köprü tabliye verilerinin girilmesi

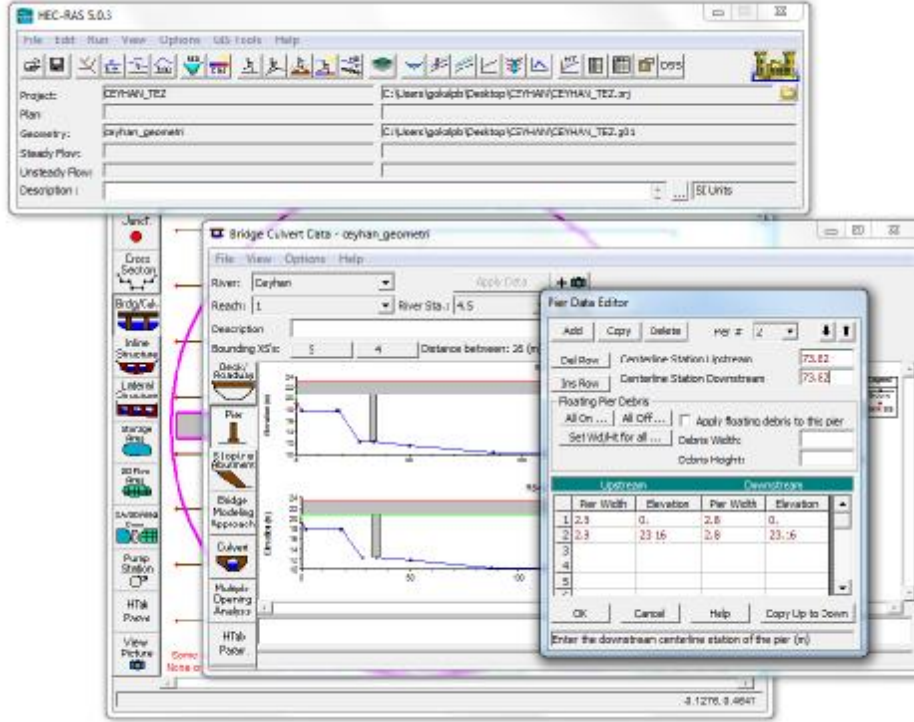


HEC-RAS 5.0.3 Köprü tabliye simülasyon görünümü

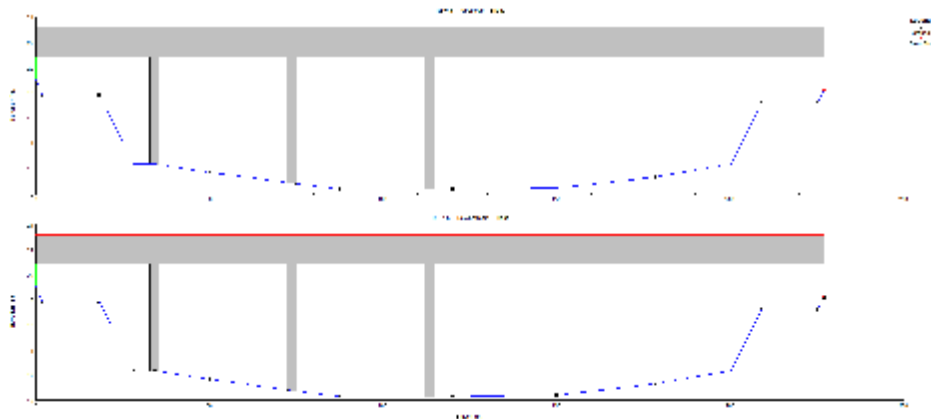
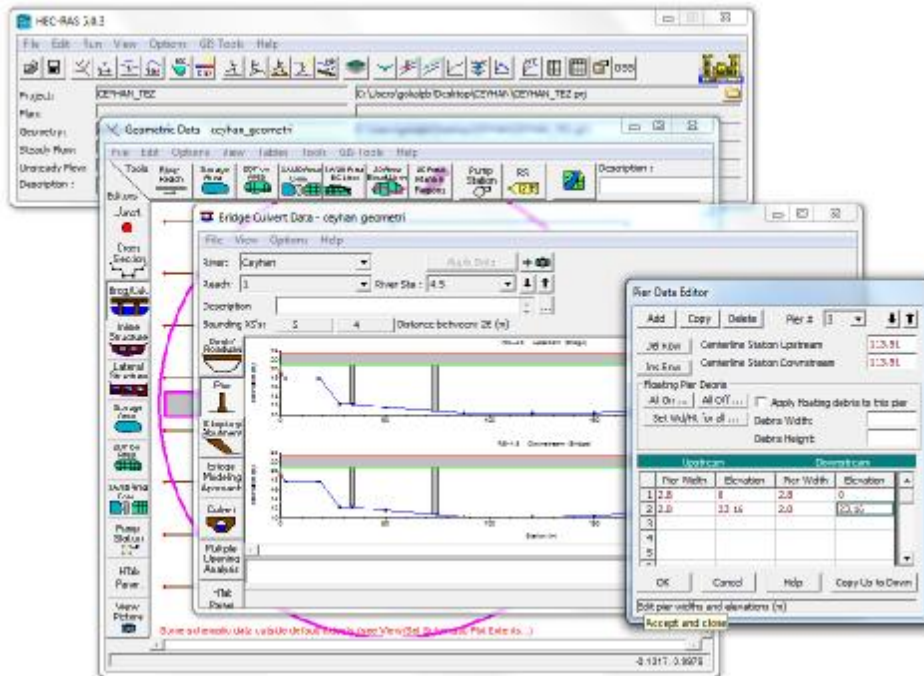


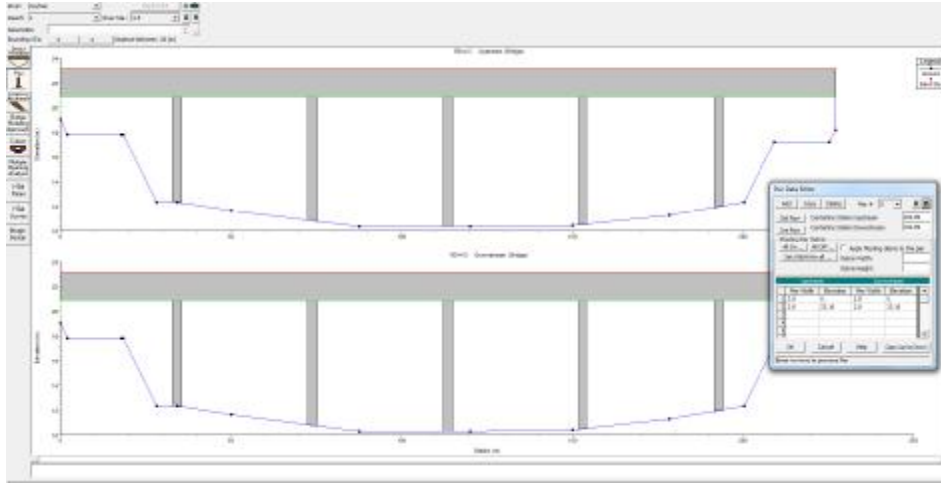
HEC-RAS 5.0.3 Köprü plan görünümü simülasyonu

Pier Data Editor



HEC-RAS 5.0.3 Köprü orta ayak verilerinin girilmesi





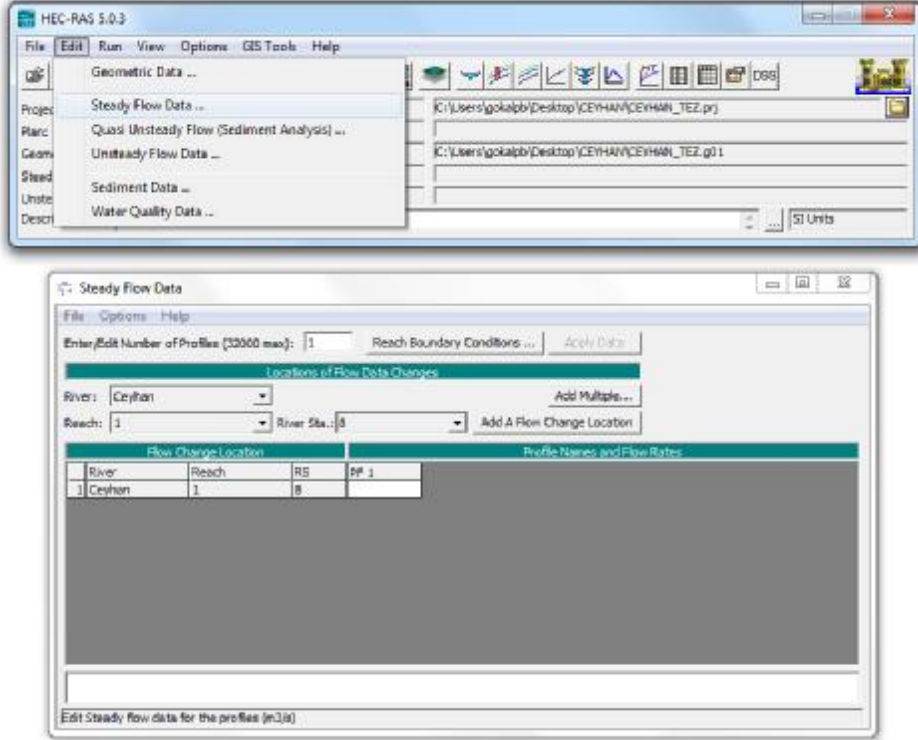
Geometry Data Editor → Save Geometry Data



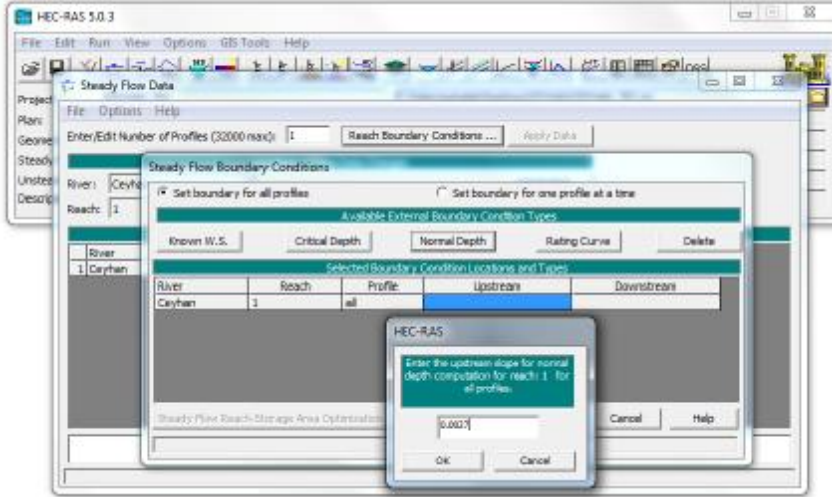
HEC-RAS 5.0.3 Geometrik verilerinin kayıt edilmesi

Q₂₅ Akım Koşullarının Girilmesi

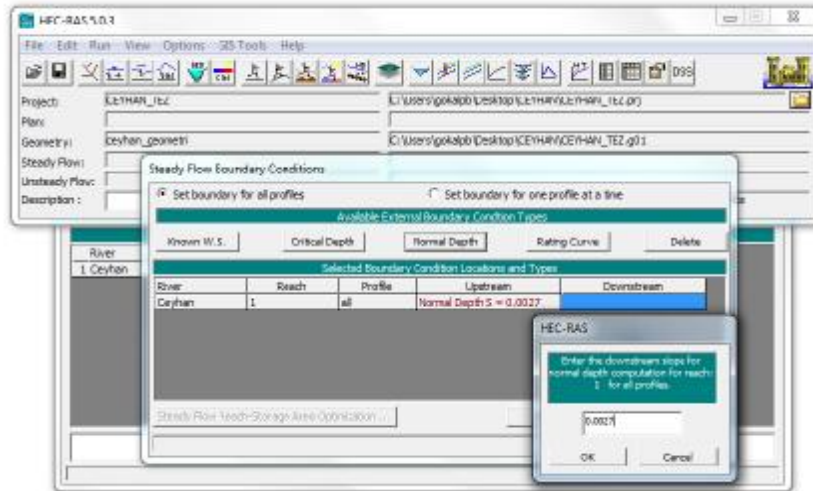
Edit → Steady Flow Data , Q₂₅ = 1712.38 m³/sn



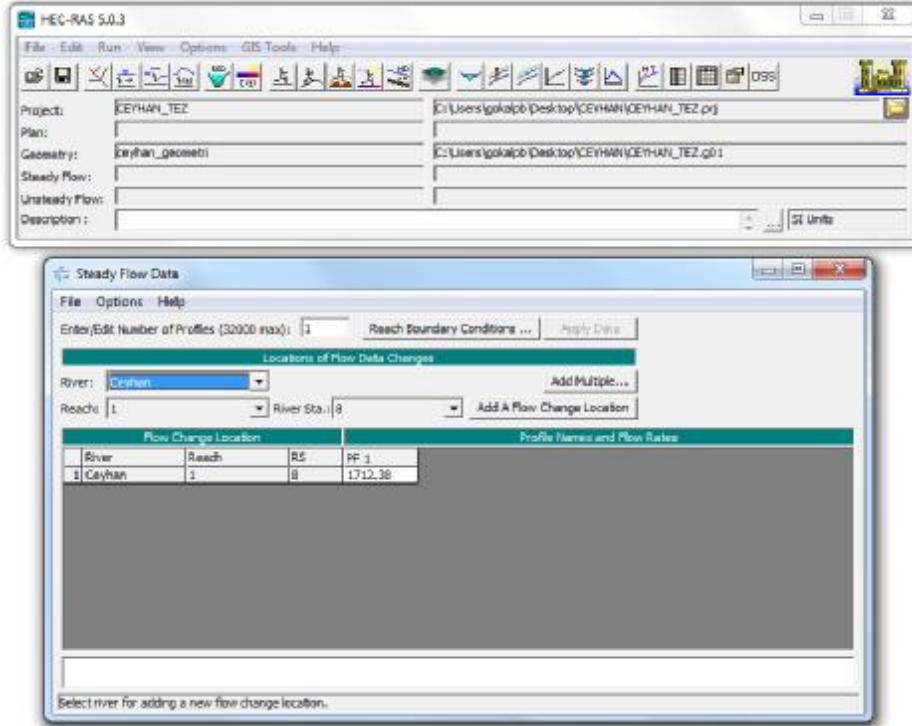
HEC-RAS 5.0.3 akım koşullarının girilmesi



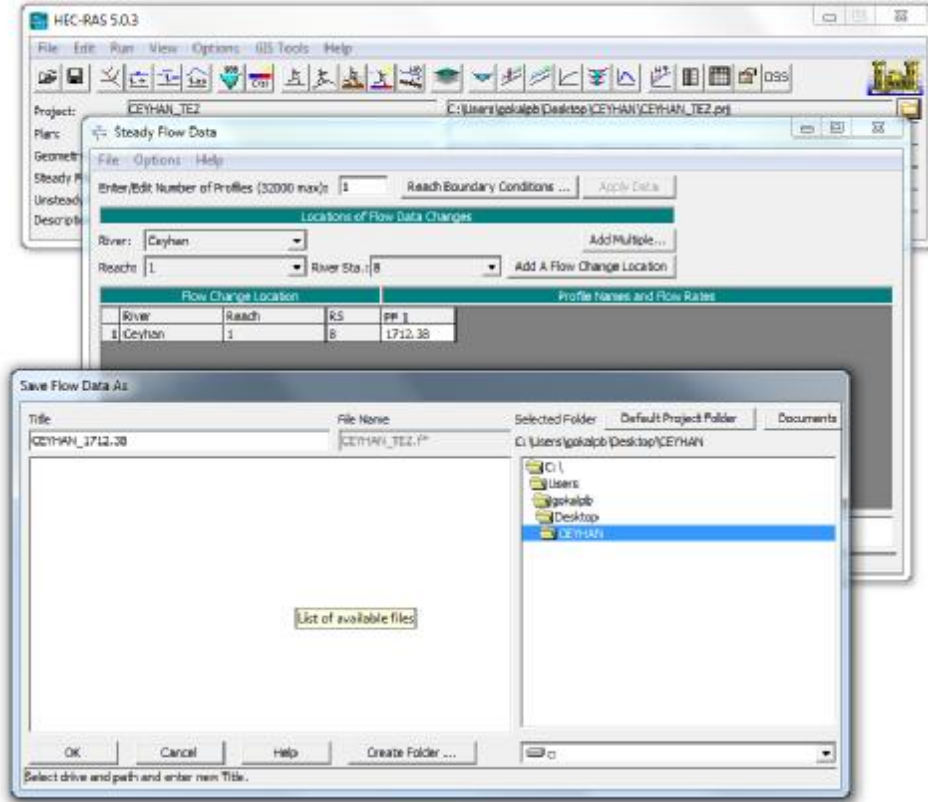
HEC-RAS 5.0.3 Mansap akarsu taban eğiminin girilmesi



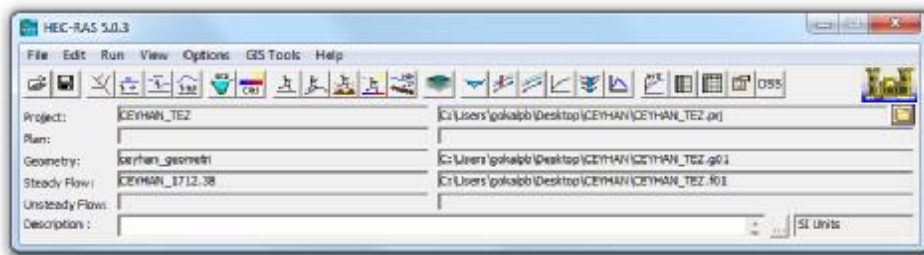
HEC-RAS 5.0.3 Memba akarsu taban eğiminin girilmesi



HEC-RAS 5.0.3 Debi verisininin girişi

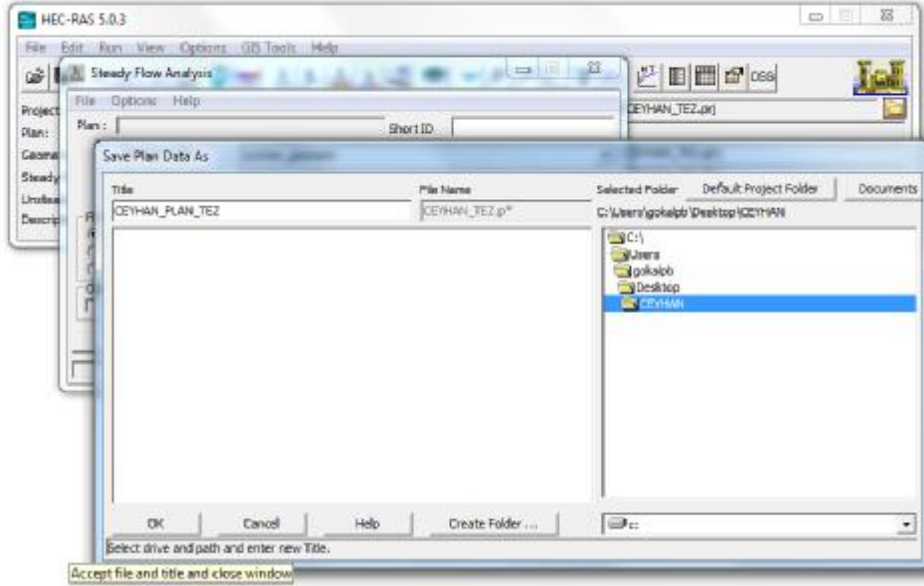


HEC-RAS 5.0.3 Akım koşullarının kaydedilmesi



Modelin Çalıştırılması,

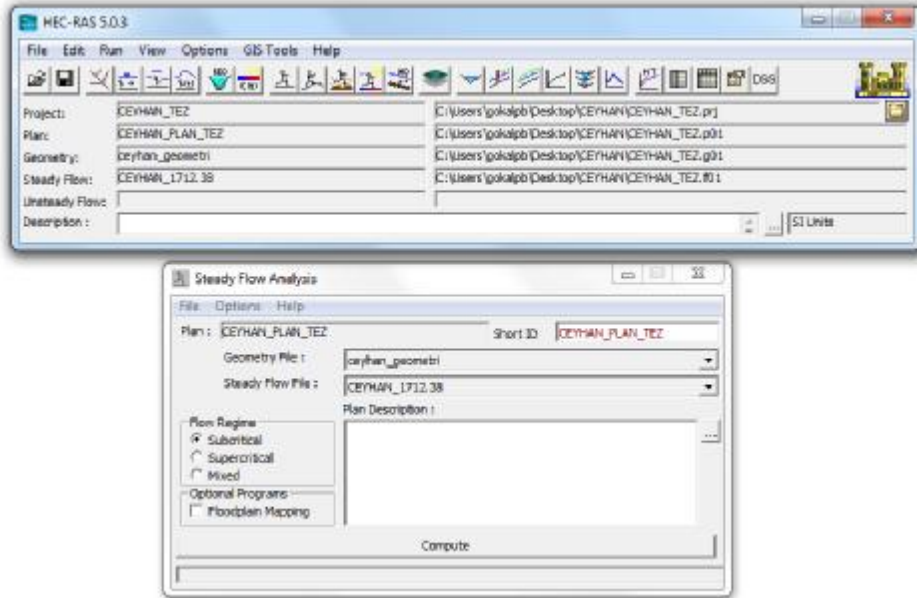
Run → Steady Flow Analysis → File → Save Plan



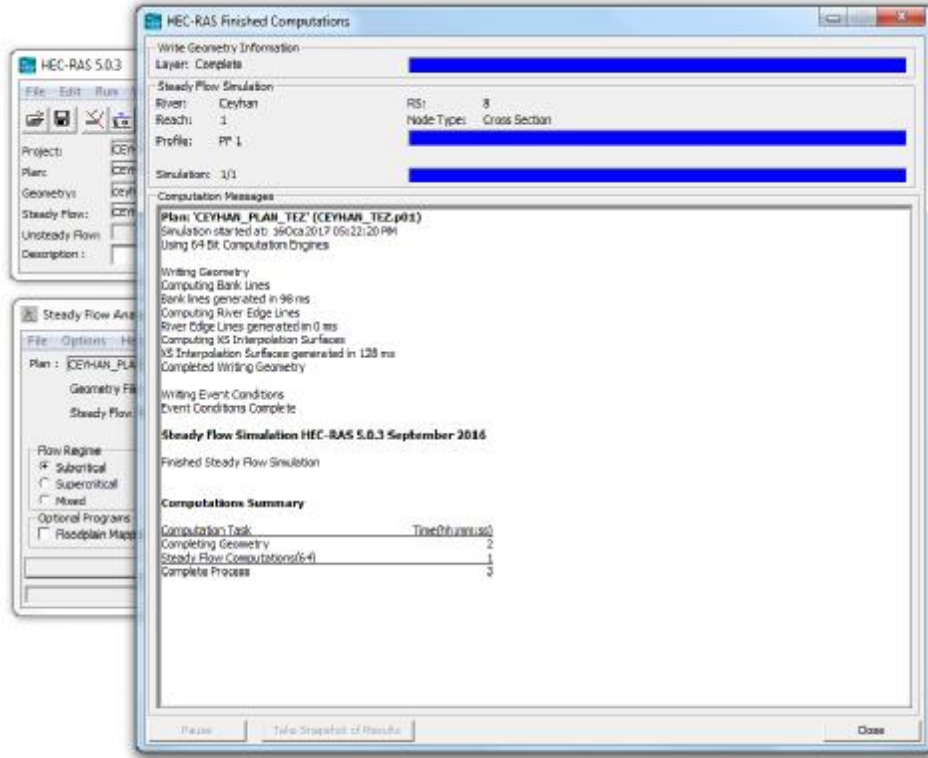
HEC-RAS 5.0.3 Plan koşullarının kaydedilmesi



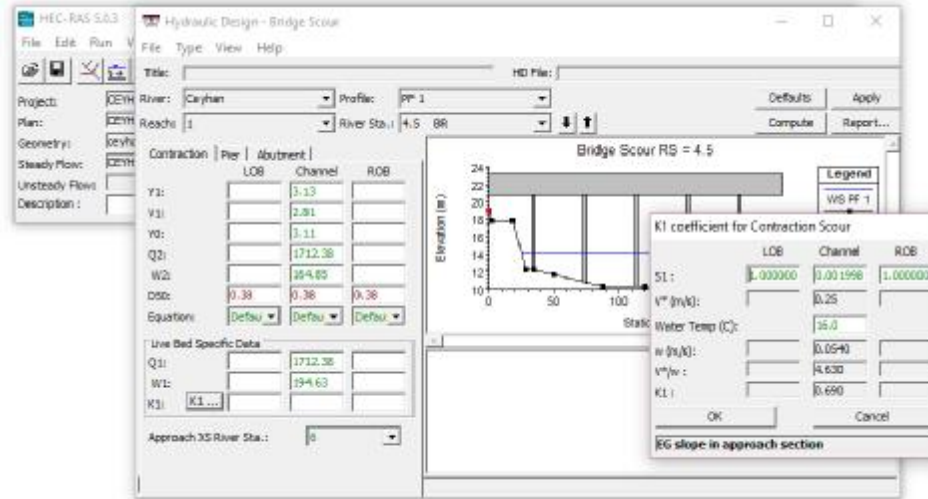
HEC-RAS 5.0.3 Plan koşullarının verilerinin kaydedilmesi



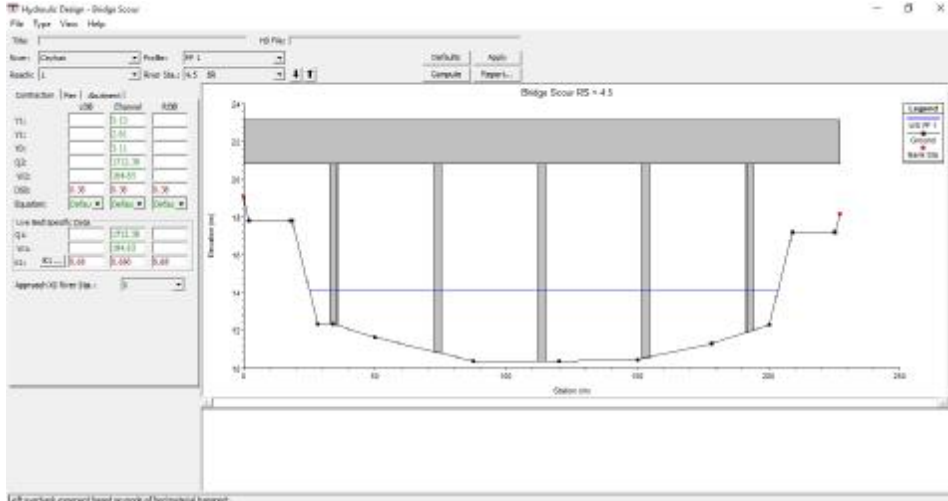
HEC-RAS 5.0.3 Analiz ekranı



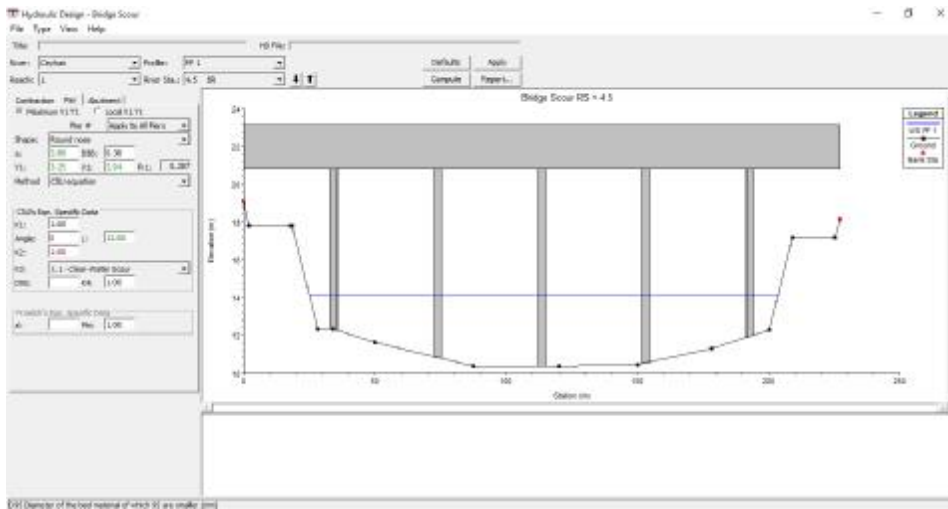
HEC-RAS 5.0.3 Analiz sonuç ekranı



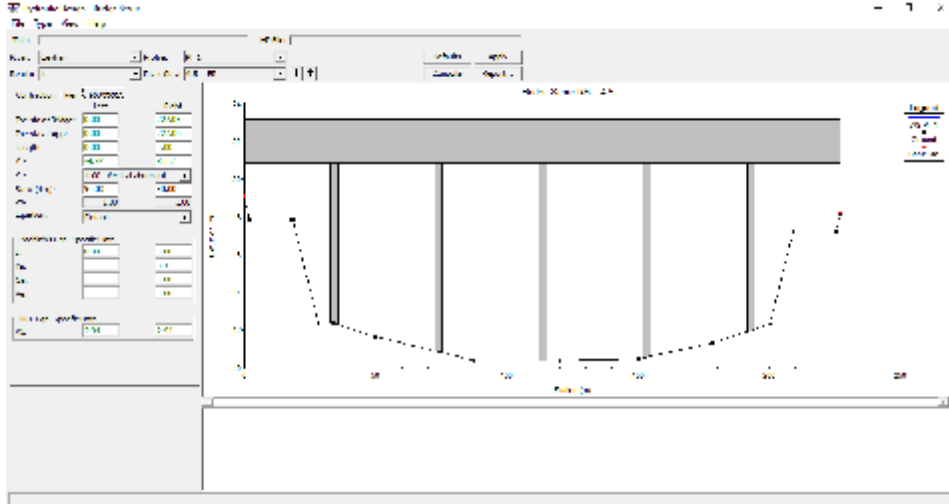
HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz ekranı



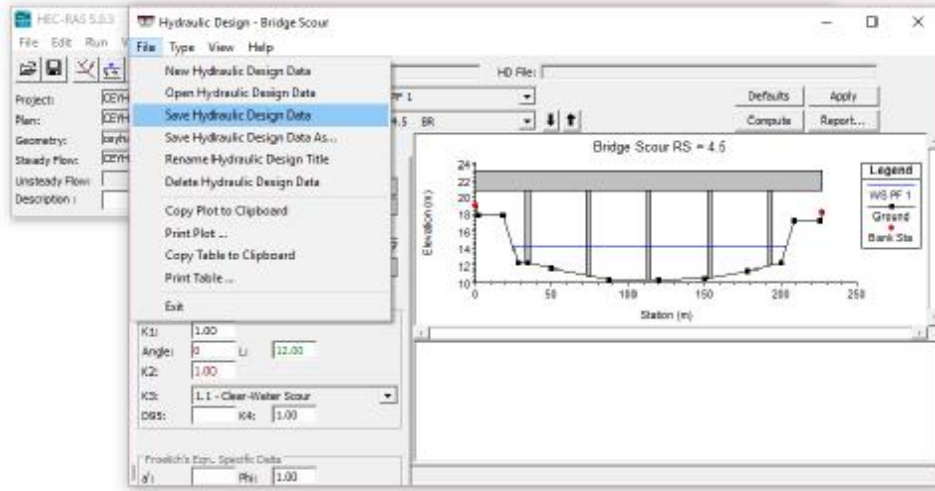
HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz veri giriş ekranı



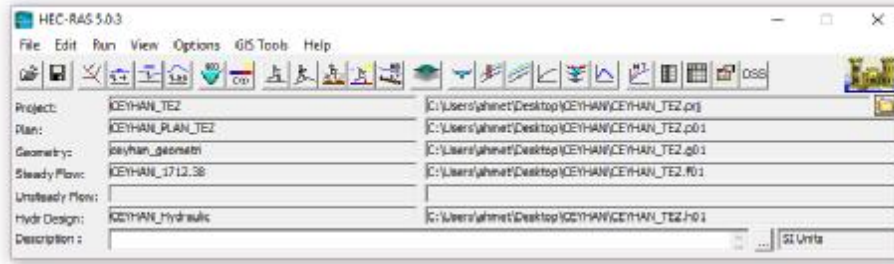
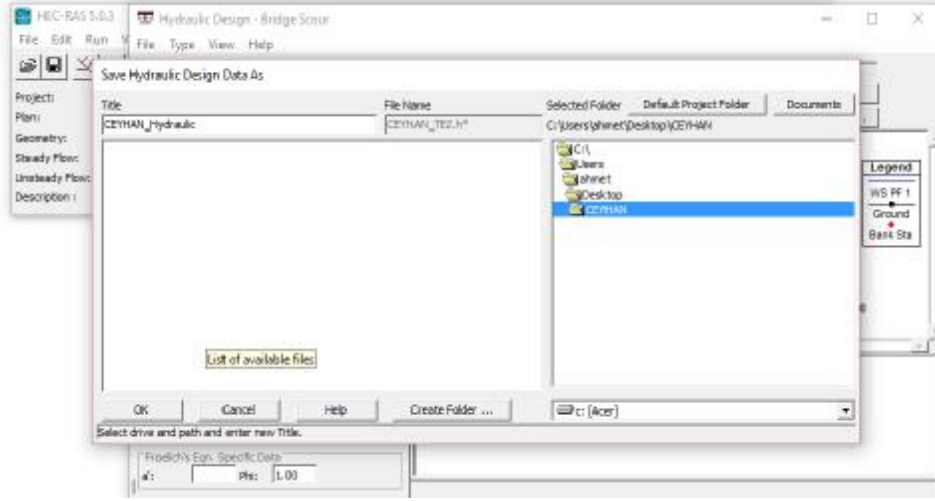
HEC-RAS 5.0.3 Köprü orta ayakları oyulma analiz veri giriş ekranı



HEC-RAS 5.0.3 Köprü kenar ayakları oyulma analiz veri giriş ekranı

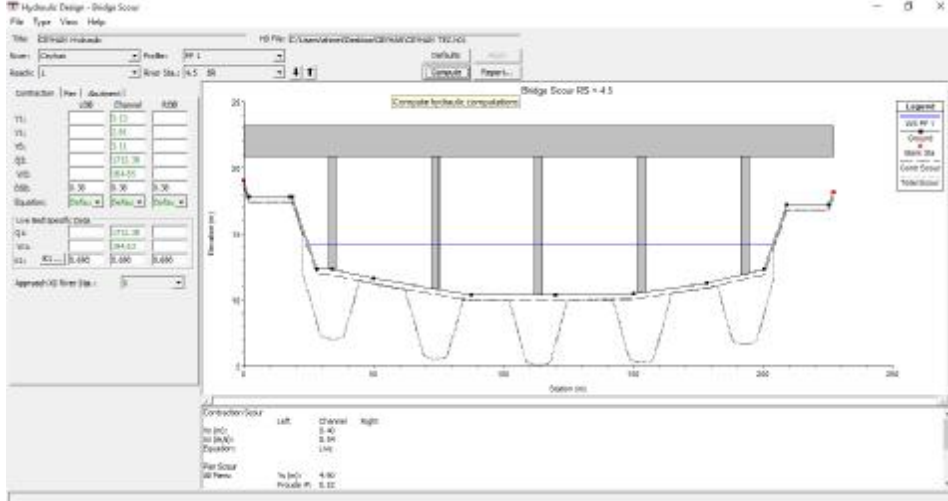


HEC-RAS 5.0.3 Hidrolik verilerin kaydedilmesi

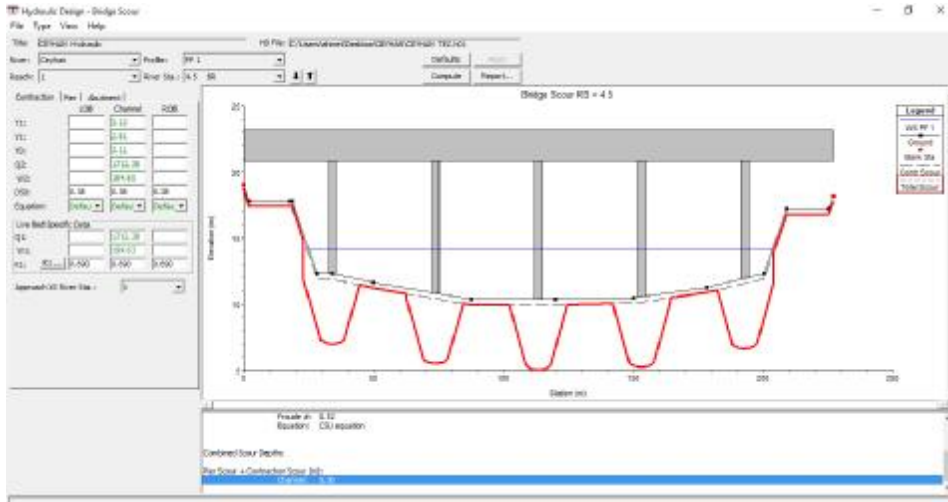


HEC-RAS 5.0.3 Hidrolik veri dosyasının oluşturulması

Oyulma ve Su Yüzeyi Profili Sonuçlarının Görülmesi



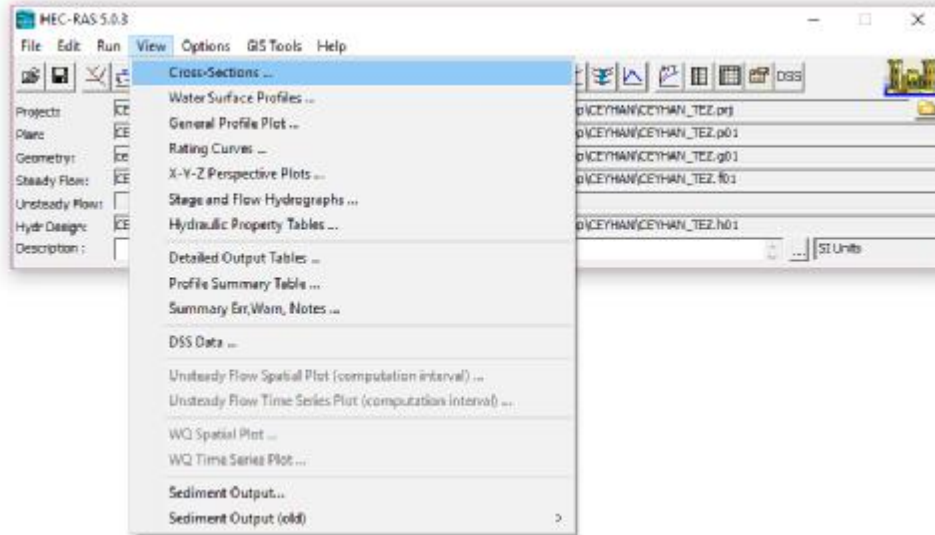
HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz ekranı



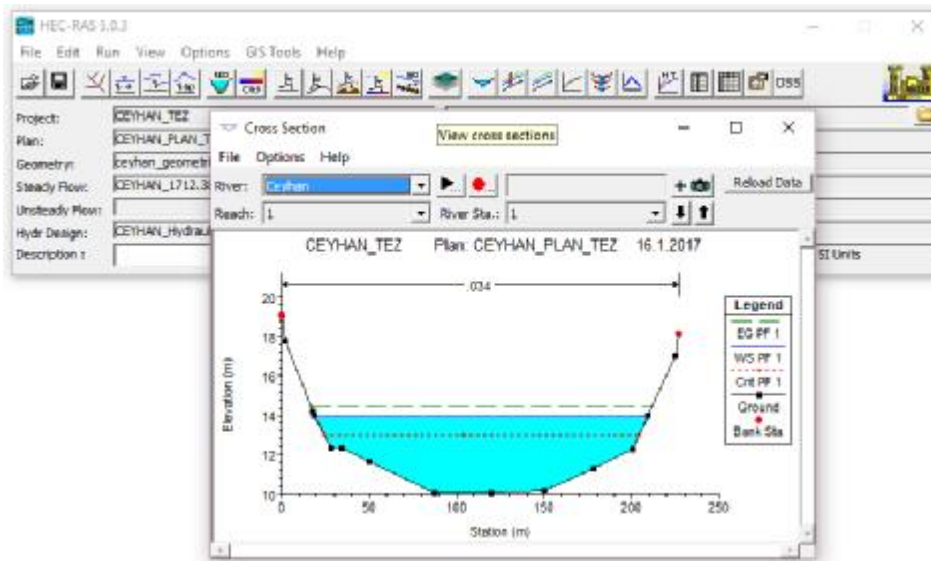
HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz sonuç ekranı

Hydraulic Design Data			
Contraction Scour			
	Left	Channel	Right
Input Data			
Average Depth (m):		3.13	
Approach Velocity (m/s):		2.81	
Br Average Depth (m):		3.11	
BR Opening Flow (m ³ /s):		1712.38	
BR Top WD (m):		164.85	
Grain Size D50 (mm):	0.38	0.38	0.38
Approach Flow (m ³ /s):		1712.38	
Approach Top WD (m):		194.63	
K1 Coefficient:	0.690	0.690	0.690
Results			
Scour Depth Ys (m):		0.40	
Critical Velocity (m/s):		0.54	
Equation:		Live	
Pier Scour			
All piers have the same scour depth			
Input Data			
Pier Shape:		Round nose	
Pier Width (m):		2.80	
Grain Size D50 (mm):		0.38000	
Depth Upstream (m):		3.25	
Velocity Upstream (m/s):		2.94	
K1 Nose Shape:		1.00	
Pier Angle:		0.00	
Pier Length (m):		12.00	
K2 Angle Coef:		1.00	
K3 Bed Cond Coef:		1.10	
Grain Size D90 (mm):			
K4 Armouring Coef:		1.00	
Results			
Scour Depth Ys (m):		4.90	
Froude #:		0.52	
Equation:		CSU equation	
Combined Scour Depths			
Pier Scour + Contraction Scour (m):			
		Channel:	5.30
Clipboard Print ... File ... Close			

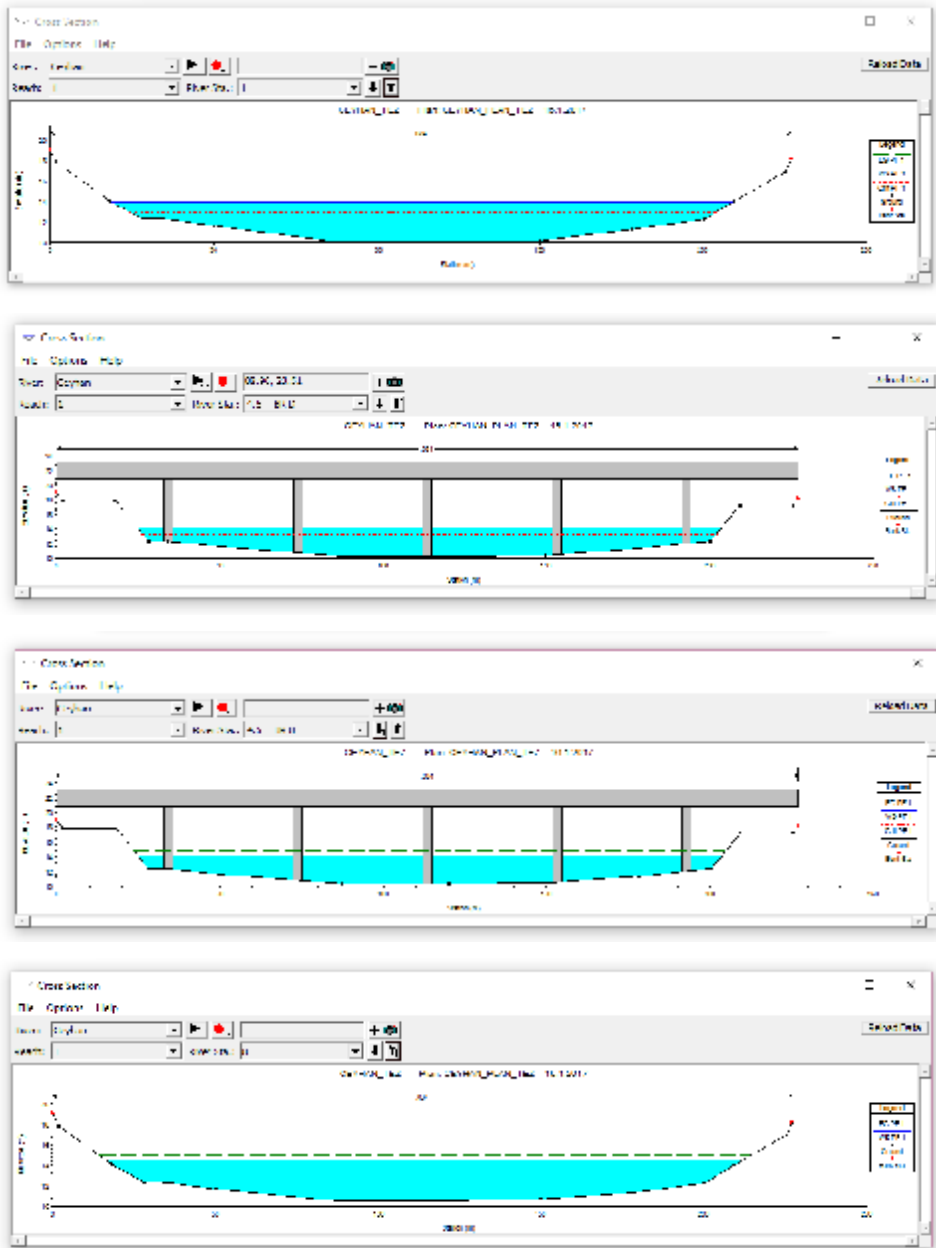
HEC-RAS 5.0.3 Köprü ayakları oyulma analiz sonuç rapor ekranı

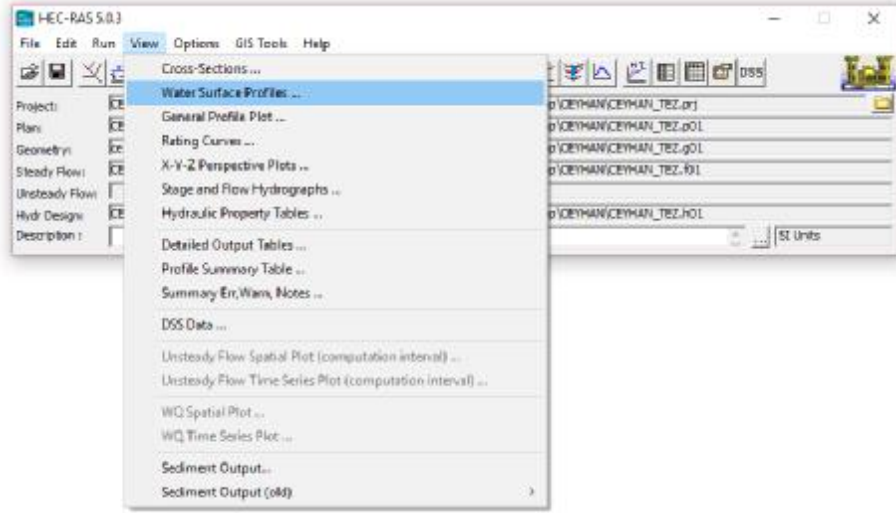


HEC-RAS 5.0.3 Simülasyon menüsü

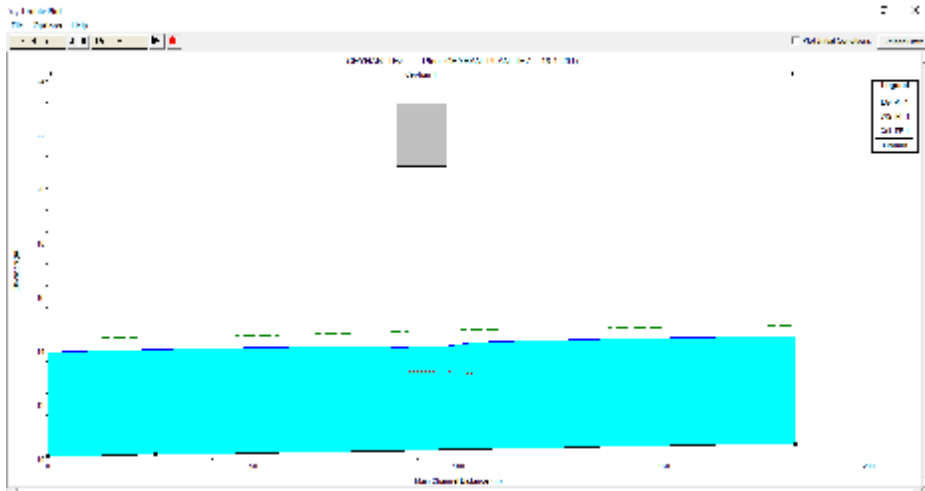


HEC-RAS 5.0.3 Kesit simülasyonu



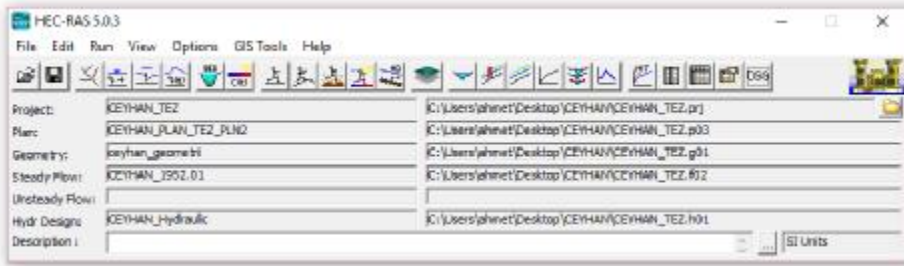
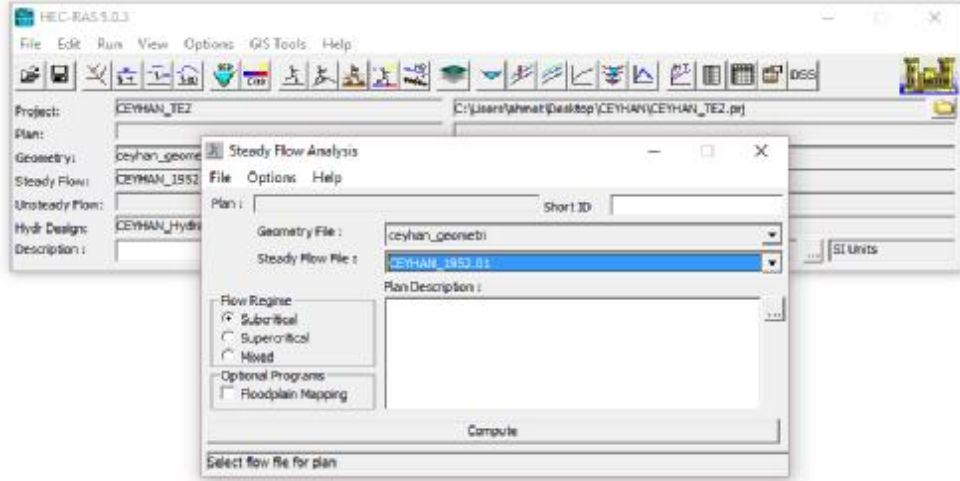


HEC-RAS 5.0.3 Su Yüzeyi profili simülasyon menüsü



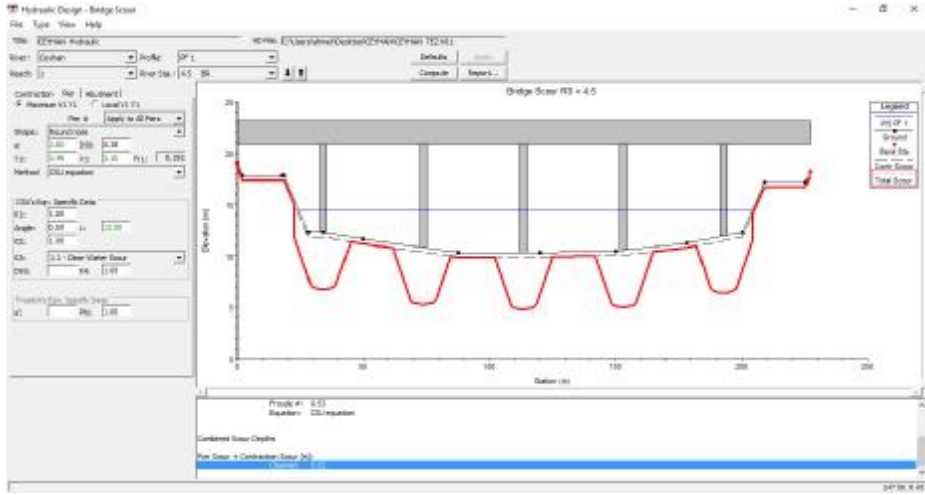
HEC-RAS 5.0.3 Su yüzeyi profili simülasyonu

Modelin Çalıştırılması



HEC-RAS 5.0.3 100 Yıllık akım koşullarının hesaplama ekranı

Oyulma ve Su Yüzei Profili Sonuçlarının Görülmesi

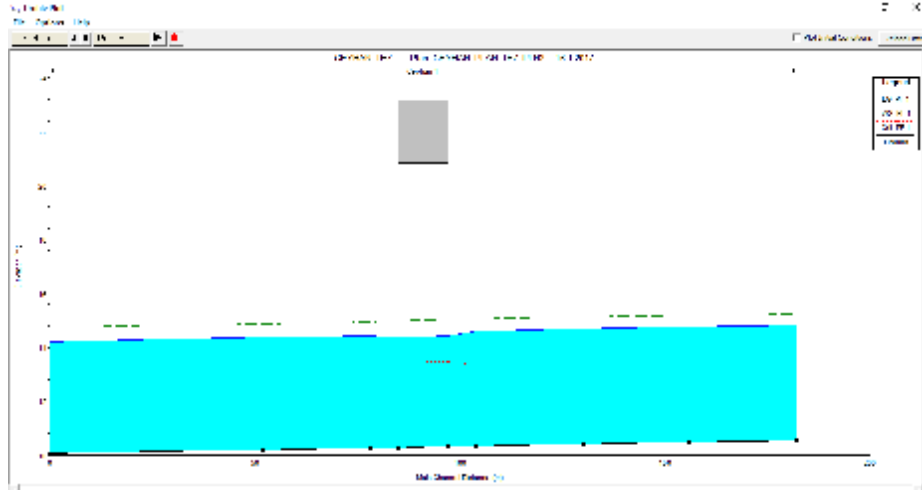


Hydraulics Design Data

Contraction Scour		Left	Channel	Right
Input Data				
Approach Length (m):			3.26	
Approach Velocity (m/s):			2.44	
D ₅₀ Average Depth (m):			0.00	
D ₅₀ Coating Flow (m/s):			1922.01	
D ₅₀ Top WD (m):			165.72	
Gravel Size (mm):	0.38		0.38	0.38
Approach F ₁₀₀ (m/s):			140.211	
Approach Top 10% (m):			47.30	
K _L Coefficient:	0.650		0.050	0.050
Results				
Scour Depth (m):			0.76	
Critical Velocity (m/s):			1.25	
Equation:			None	
Flar Scour				
All points have the same scour depth				
Input Data				
Bar Shape:			Round nose	
Bar Width (m):			2.00	
Grain Size (mm):			0.38000	
Depth Upstream (m):			2.10	
Velocity Upstream (m/s):			3.10	
R1 Nose Shape:			1.00	
Bar Angle:			0.00	
Bar Length (m):			12.00	
R2 Angle Coef:			1.00	
R3 Angle Coef:			1.10	
Gravel Size (mm):			0.38000	
K _L Armoring Coef:			1.00	
Results				
Scour Depth (m):			5.06	
Procedure:			0.50	
Equation:			CS1 (Equation)	
Combined Scour Depths				
Flar Scour + Contraction Scour (m):				
			Channel	5.82

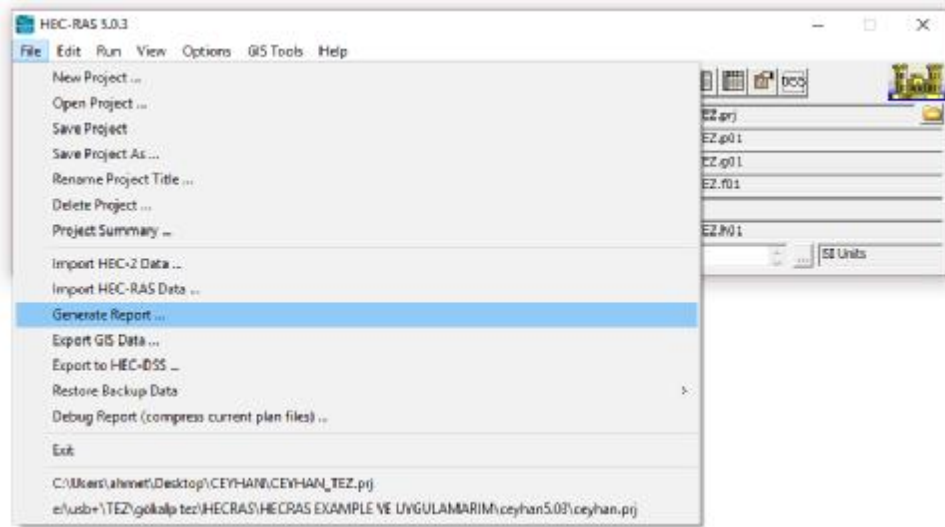
Clipboard Print... Plot... Close

HEC-RAS 5.0.3 100 Yıllık debi oyulma sonuçları

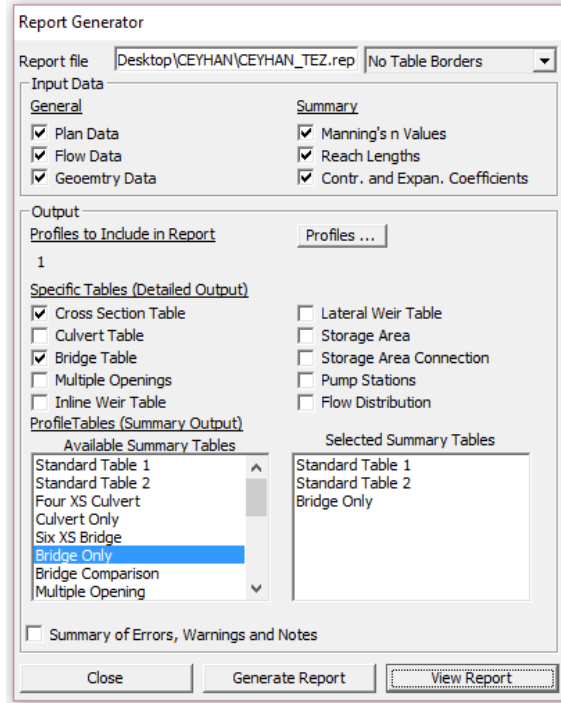


HEC-RAS 5.0.3 100 Yıllık debi su yüzeyi profili simülasyonu

HEC-RAS Analiz Raporlarının Hazırlanması



HEC-RAS 5.0.3 Rapor hazırlama menüsü



HEC-RAS 5.0.3 Rapor detaylarının girilmesi

EK 3

HEC-RAS Rapor Örneği

CEYHAN_TEZ.rep

HEC-RAS HEC-RAS 5.0.3 September 2016
U.S. Army Corps of Engineers
Hydrologic Engineering Center
609 Second Street
Davis, California

```
X   X XXXXXX   XXXX   XXXX   XX   XXXX
X   X X       X  X    X  X   X  X   X
X   X X       X      X  X   X  X   X
XXXXXXXX XXXX   X      XXX  XXXX  XXXXXX  XXXX
X   X X       X      X  X   X  X   X
X   X X       X  X    X  X   X  X   X
X   X XXXXXX   XXXX   X  X   X  X   XXXXX
```

PROJECT DATA

Project Title: Ceyhan_Tez
Project File : Ceyhan_Tez.prj
Run Date and Time: 16.1.2017 19:17:12

Project in SI units

PLAN DATA

Plan Title: Ceyhan_Plan_Tez
Plan File : C:\Users\ahmet\Desktop\Ceyhan\Ceyhan_Tez.p01

Geometry Title: ceyhan_geometri
Geometry File : C:\Users\ahmet\Desktop\Ceyhan\Ceyhan_Tez.g01

Flow Title : Ceyhan_1712.38
Flow File : C:\Users\ahmet\Desktop\Ceyhan\Ceyhan_Tez.f01

Plan Summary Information:

Number of:	Cross Sections	=	8	Multiple Openings	=	0
	Culverts	=	0	Inline Structures	=	0
	Bridges	=	1	Lateral Structures	=	0

Computational Information

Water surface calculation tolerance	=	0.003
Critical depth calculation tolerance	=	0.003
Maximum number of iterations	=	20
Maximum difference tolerance	=	0.1
Flow tolerance factor	=	0.001

Computation Options

CEYHAN_TE2.rep

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val	Sta n Val	Sta n Val
0 .034	0 .034	227.06 .034

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff Contr.
Expan.					
	0	227.06	26	26	.1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.93	Element	Left OB	Channel
Right OB				
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.54	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00				
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		618.88
E.G. Slope (m/m)	0.001914	Area (m2)		618.88
Q Total (m3/s)	1712.38	Flow (m3/s)		1712.38
Top Width (m)	195.75	Top Width (m)		195.75
Vel Total (m/s)	2.77	Avg. Vel. (m/s)		2.77
Max Chl Dpth (m)	3.98	Hydr. Depth (m)		3.16
Conv. Total (m3/s)	39144.8	Conv. (m3/s)		39144.8
Length Wtd. (m)	26.00	Wetted Per. (m)		196.24
Min Ch El (m)	10.56	Shear (N/m2)		59.18
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		163.75
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)		105.06
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		34.15

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan
 REACH: 1 RS: 7

INPUT
 Description:

CEYHAN_TEZ.rep

Station Elevation Data				num=						
Sta	Elev	Sta	Elev	15	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	14.2	18.45	14	28.15	12.31	
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.49	120.05	10.49	150	10.588	
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	14	225.28	17	227.06	18.15	

Manning's n Values				num=			
Sta	n Val	Sta	n Val	3	Sta	n Val	
0	.034	0	.034	227.06	.034		

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.
Expan.	0	227.06		26	26	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

		Element	Left OB	Channel
E.G. Elev (m)	14.88			
Right OB				
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.48	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00		Flow Area (m2)		614.55
Crit W.S. (m)		Area (m2)		614.55
E.G. Slope (m/m)	0.001951	Flow (m3/s)		1712.38
Q Total (m3/s)	1712.38	Top Width (m)		195.20
Top Width (m)	195.20	Avg. Vel. (m/s)		2.79
Vel Total (m/s)	2.79	Hydr. Depth (m)		3.15
Max Chl Dpth (m)	3.99	Conv. (m3/s)		38763.2
Conv. Total (m3/s)	38763.2	Wetted Per. (m)		195.68
Length Wtd. (m)	26.00	Shear (N/m2)		60.10
Min Ch El (m)	10.49	Stream Power (N/m s)		167.47
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)		89.03
Frctn Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)		29.06
C & E Loss (m)	0.00			

CROSS SECTION

CEYHAN_TEZ.rep

RIVER: Ceyhan
 REACH: 1

RS: 6

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num= 15		Elev		Sta		Elev		Sta		Elev	
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	14.2	18.45	14	28.15	12.31				
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.42	120.05	10.42	150	10.528				
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	14	225.28	17	227.06	18.15				

Manning's n Values

num= 3		Sta		n Val	
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.034	0	.034	227.06	.034

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left	Channel	Right	Coeff	Contr.
Expan.								
	0	227.06		26	26	26	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.82	Element	Left 08	Channel
Right OB				
Vel Head (m)	0.40	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.42	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00				
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		609.54
E.G. Slope (m/m)	0.001998	Area (m2)		609.54
Q Total (m3/s)	1712.38	Flow (m3/s)		1712.38
Top Width (m)	194.63	Top Width (m)		194.63
Vel Total (m/s)	2.81	Avg. Vel. (m/s)		2.81
Max Chl Dpth (m)	4.00	Hydr. Depth (m)		3.13
Conv. Total (m3/s)	38313.6	Conv. (m3/s)		38313.6
Length Wtd. (m)	26.00	Wetted Per. (m)		195.10
Min Ch El (m)	10.42	Shear (N/m2)		61.20
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		171.93
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)		73.12
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		24.00

CEYHAN_TEZ.rep

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan
 REACH: 1 RS: 5

INPUT

Description:

Station Elevation Data				num=	15
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	17.8
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.35
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	17.19
				225.28	17.19
				227.06	18.15

Manning's n Values				num=	3
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.034	0	.034	227.06	.034

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.
Expan.							
	0	227.06		26	26		.1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.77	Element	Left OB	Channel
Right OB				
Vel Head (m)	0.44	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.33	Reach Len. (m)	7.00	7.00
7.00				
Crit W.S. (m)	13.15	Flow Area (m2)		582.92
E.G. Slope (m/m)	0.002091	Area (m2)		582.92
Q Total (m3/s)	1712.38	Flow (m3/s)		1712.38
Top Width (m)	179.43	Top Width (m)		179.43
Vel Total (m/s)	2.94	Avg. Vel. (m/s)		2.94
Max Chl Dpth (m)	3.98	Hydr. Depth (m)		3.25
Conv. Total (m3/s)	37451.3	Conv. (m3/s)		37451.3
Length Wtd. (m)	7.00	Wetted Per. (m)		180.56
Min Ch El (m)	10.35	Shear (N/m2)		66.19

CEYHAN_TEZ.rep

Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	194.43
Frctn Loss (n)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	57.61
C & E Loss (n)	0.01	Cum SA (1000 m2)	19.13

BRIDGE

RIVER: Ceyhan
 REACH: 1 RS: 4.5

INPUT

Description:

Distance from Upstream XS = 7
 Deck/Roadway Width = 12
 Weir Coefficient = 1.4

Upstream Deck/Roadway Coordinates

num= 6														
Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord
0	23.16		0		0	23.16		0		0	23.16		20.83	
227.06	23.16		20.83		227.06	23.16		0		227.06	23.16		0	

Upstream Bridge Cross Section Data

Station Elevation Data num= 15									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	17.8	18.45	17.8	28.15	12.31
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.35	120.05	10.35	150	10.458
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	17.19	225.28	17.19	227.06	18.15

Manning's n Values

num= 3					
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.034	0	.034	227.06	.034

Bank Sta:	Left	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	0	227.06	.1		.3

Downstream Deck/Roadway Coordinates

num= 6														
Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord	Sta	Hi	Cord	Lo	Cord
0	23.16		0		0	23.16		0		0	23.16		20.83	
227.06	23.16		20.83		227.06	23.16		0		227.06	23.16		0	

Downstream Bridge Cross Section Data

Station Elevation Data num= 15									
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	17.8	18.45	17.8	28.15	12.31
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.28	120.05	10.28	150	10.388

CEYHAN_TEZ.rep

178.28 11.28 200.35 12.3 209.19 17.19 225.28 17.19 227.06 18.15

Manning's n Values num= 3
 Sta n Val Sta n Val Sta n Val
 0 .034 0 .034 227.06 .034

Bank Sta: Left Right Coeff Contr. Expan.
 0 227.06 .1 .3

Upstream Embankment side slope = 0 horiz. to 1.0 vertical
 Downstream Embankment side slope = 0 horiz. to 1.0 vertical
 Maximum allowable submergence for weir flow = .98
 Elevation at which weir flow begins =
 Energy head used in spillway design =
 Spillway height used in design =
 Weir crest shape = Broad Crested

Number of Piers = 5

Pier Data
 Pier Station Upstream= 34.14 Downstream= 34.14
 Upstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16
 Downstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16

Pier Data
 Pier Station Upstream= 73.82 Downstream= 73.82
 Upstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16
 Downstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16

Pier Data
 Pier Station Upstream= 113.51 Downstream= 113.51
 Upstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16
 Downstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16

Pier Data
 Pier Station Upstream= 153.2 Downstream= 153.2
 Upstream num= 2
 Width Elev Width Elev
 2.8 0 2.8 23.16
 Downstream num= 2

CEYHAN_TEZ.rep

Width	Elev	Width	Elev
2.8	0	2.8	23.16

Pier Data

Pier Station	Upstream=	192.89	Downstream=	192.89
Upstream	num=	2		
Width	Elev	Width	Elev	
2.8	0	2.8	23.16	
Downstream	num=	2		
Width	Elev	Width	Elev	
2.8	0	2.8	23.16	

Number of Bridge Coefficient Sets = 1

Low Flow Methods and Data

Energy
 Selected Low Flow Methods = Highest Energy Answer

High Flow Method
 Energy Only

Additional Bridge Parameters

Add Friction component to Momentum
 Do not add Weight component to Momentum
 Class B flow critical depth computations use critical depth
 inside the bridge at the upstream end
 Criteria to check for pressure flow = Upstream energy grade line

BRIDGE OUTPUT Profile #PF 1

E.G. US. (m)	14.77	Element	Inside BR US
Inside BR DS			
W.S. US. (m)	14.33	E.G. Elev (m)	14.74
14.69			
Q Total (m3/s)	1712.38	W.S. Elev (m)	14.17
14.12			
Q Bridge (m3/s)	1712.38	Crit W.S. (m)	13.26
13.22			
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.82
3.84			
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.34
3.35			
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	512.33
510.79			
Weir Submerg		Froude # Chl	0.61
0.61			
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	1428.96
1429.44			
Min El Weir Flow (m)	23.16	Hydr Depth (m)	3.11
3.10			
Min El Prs (m)	20.83	W.P. Total (m)	195.64

CEYHAN_TEZ.rep

195.34			
Delta EG (m)	0.13	Conv. Total (m ³ /s)	28627.9
28514.8			
Delta WS (m)	0.16	Top Width (m)	164.85
164.68			
BR Open Area (m ²)	1789.17	Frctn Loss (m)	0.04
0.02			
BR Open Vel (m/s)	3.35	C & E Loss (m)	0.00
0.03			
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m ²)	91.88
92.48			
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	307.09
310.01			

Warning: Pier drag coefficient of 2.0 assumed for Class B flow.

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan
 REACH: 1 RS: 4

INPUT

Description:

Station Elevation Data	num=	15							
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev									
0 19.05 1.94 17.8 17.8 17.8 18.45 17.8 28.15 12.31									
34.13 12.31 50 11.622 87.45 10.28 120.05 10.28 150 10.388									
178.28 11.28 200.35 12.3 209.19 17.19 225.28 17.19 227.06 18.15									

Manning's n Values	num=	3
Sta n Val Sta n Val Sta n Val		
0 .034 0 .034 227.06 .034		

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right	Coeff Contr.
Expan.	
0 227.06 26 26 26	.1 .3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.64	Element	Left OB	Channel
Right OB				
Vel Head (m)	0.48	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.17	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00				
Crit W.S. (m)		Flow Area (m ²)		560.85
E.G. Slope (m/n)	0.002366	Area (m ²)		560.85

CEYHAN_TEZ.rep

Q Total (m3/s)	1712.38	Flow (m3/s)	1712.38
Top Width (m)	178.86	Top Width (m)	178.86
Vel Total (m/s)	3.05	Avg. Vel. (m/s)	3.05
Max Chl Dpth (m)	3.89	Hydr. Depth (m)	3.14
Conv. Total (m3/s)	35202.9	Conv. (m3/s)	35202.9
Length Wtd. (m)	26.00	Wetted Per. (m)	179.90
Min Ch El (m)	10.28	Shear (N/m2)	72.34
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	220.86
Frctn Loss (m)	0.06	Cum Volume (1000 m3)	43.89
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	14.75

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan
REACH: 1

RS: 3

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		15							
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	14.2	18.45	14	28.15	12.31		
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.21	120.05	10.21	150	10.318		
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	14	225.28	17	227.06	18.15		

Manning's n Values

num=		3			
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.034	0	.034	227.06	.034

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left	Channel	Right	Coeff	Contr.
Expan.								
	0	227.06		26	26	26	.1	.3

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.57	Element	Left 08	Channel
Right 08				
Vel Head (m)	0.46	Wt. n-Val.		0.034

CEYHAN_TEZ.rep

W.S. Elev (m)	14.12	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00		Flow Area (m2)		570.38
Crit W.S. (m)		Area (m2)		570.38
E.G. Slope (m/m)	0.002442	Flow (m3/s)		1712.38
Q Total (m3/s)	1712.38	Top Width (m)		191.73
Top Width (m)	191.73	Avg. Vel. (m/s)		3.00
Vel Total (m/s)	3.00	Hydr. Depth (m)		2.97
Max Chl Dpth (m)	3.91	Conv. (m3/s)		34649.5
Conv. Total (m3/s)	34649.5	Wetted Per. (m)		192.15
Length Wtd. (m)	26.00	Shear (N/m2)		71.10
Min Ch El (m)	10.21	Stream Power (N/m s)		213.44
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)		29.19
Frctn Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)		9.93
C & E Loss (m)	0.00			

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan

REACH: 1 RS: 2

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		15	
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	14.2
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.14
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	14
					225.28
					14
					227.06
					17
					227.06
					18.15

Manning's n Values		num=		3	
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.034	0	.034	227.06	.034

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff Contr.
Expan.	0	227.06		26	26	.1
						.3

CEYHAN_TEZ.rep

CROSS SECTION OUTPUT Profile #PF 1

E.G. Elev (m)	14.51	Element	Left OB	Channel
Right OB				
Vel Head (m)	0.47	Wt. n-Val.		0.034
W.S. Elev (m)	14.03	Reach Len. (m)	26.00	26.00
26.00				
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		561.53
E.G. Slope (m/m)	0.002560	Area (m2)		561.53
Q Total (m3/s)	1712.38	Flow (m3/s)		1712.38
Top Width (m)	191.03	Top Width (m)		191.03
Vel Total (m/s)	3.05	Avg. Vel. (m/s)		3.05
Max Chl Dpth (m)	3.89	Hydr. Depth (m)		2.94
Conv. Total (m3/s)	33842.4	Conv. (m3/s)		33842.4
Length Wtd. (m)	26.00	Wetted Per. (m)		191.44
Min Ch El (m)	10.14	Shear (N/m2)		73.64
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		224.58
Frctn Loss (m)	0.07	Cum Volume (1000 m3)		14.47
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.96

CROSS SECTION

RIVER: Ceyhan
REACH: 1 RS: 1

INPUT

Description:

Station Elevation Data		num=		15					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	19.05	1.94	17.8	17.8	14.2	18.45	14	28.15	12.31
34.13	12.31	50	11.622	87.45	10.07	120.05	10.07	150	10.178
178.28	11.28	200.35	12.3	209.19	14	225.28	17	227.06	18.15

Manning's n Values		num=		3	
Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val

CEYHAN_TEZ.rep				
1	6	.034	.034	.034
1	5	.034	.034	.034
1	4.5	Bridge		
1	4	.034	.034	.034
1	3	.034	.034	.034
1	2	.034	.034	.034
1	1	.034	.034	.034

SUMMARY OF REACH LENGTHS

River: Ceyhan

Reach	River Sta.	Left	Channel	Right
1	8	26	26	26
1	7	26	26	26
1	6	26	26	26
1	5	26	26	26
1	4.5	Bridge		
1	4	26	26	26
1	3	26	26	26
1	2	26	26	26
1	1	26	26	26

SUMMARY OF CONTRACTION AND EXPANSION COEFFICIENTS

River: Ceyhan

Reach	River Sta.	Contr.	Expan.
1	8	.1	.3
1	7	.1	.3
1	6	.1	.3
1	5	.1	.3
1	4.5	Bridge	
1	4	.1	.3
1	3	.1	.3
1	2	.1	.3
1	1	.1	.3

Profile Output Table - Standard Table 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit
W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Ch1

CEYHAN_TE2.rep

(m)	(n)	(m/m)	(n/s)	(m3/s) (n2)	(n)	(m)	(m)
1	8		PF 1	1712.38	10.56	14.54	
	14.93	0.001914	2.77	618.88	195.75		0.50
1	7		PF 1	1712.38	10.49	14.48	
	14.88	0.001951	2.79	614.55	195.20		0.50
1	6		PF 1	1712.38	10.42	14.42	
	14.82	0.001998	2.81	609.54	194.63		0.51
1	5		PF 1	1712.38	10.35	14.33	
13.15	14.77	0.002091	2.94	582.92	179.43		0.52
1	4.5			Bridge			
1	4		PF 1	1712.38	10.28	14.17	
	14.64	0.002366	3.05	560.85	178.86		0.55
1	3		PF 1	1712.38	10.21	14.12	
	14.57	0.002442	3.00	570.38	191.73		0.56
1	2		PF 1	1712.38	10.14	14.03	
	14.51	0.002560	3.05	561.53	191.03		0.57
1	1		PF 1	1712.38	10.07	13.95	
13.00	14.44	0.002701	3.10	551.56	190.16		0.58

Profile Output Table - Standard Table 2

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev	W.S. Elev	Vel Head	Frctn
Loss	C & E Loss	Q Left	Q Right	Top Width		
(m)	(m)	(m3/s)	(m3/s)	(m)	(n)	(m)
1	8	PF 1	14.93	14.54	0.39	
0.05	0.00	1712.38		195.75		
1	7	PF 1	14.88	14.48	0.40	
0.05	0.00	1712.38		195.20		
1	6	PF 1	14.82	14.42	0.40	
0.05	0.00	1712.38		194.63		
1	5	PF 1	14.77	14.33	0.44	
0.02	0.01	1712.38		179.43		
1	4.5			Bridge		
1	4	PF 1	14.64	14.17	0.48	
0.06	0.00	1712.38		178.86		
1	3	PF 1	14.57	14.12	0.46	
0.07	0.00	1712.38		191.73		
1	2	PF 1	14.51	14.03	0.47	

			CEYHAN_TEZ.rep		
0.07	0.00	1712.38		191.03	
1	1	PF 1	14.44	13.95	0.49
		1712.38		190.16	

Profile Output Table - Bridge Only

Reach	River Sta	Profile	E.G. US.	Min El	Prs	BR Open Area
Prs O WS	Q Total	Min El Weir Flow	Q Weir	Delta EG	BR	Sluice Coef
(m)	(m3/s)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)
1	4.5	PF 1	14.77	20.83		1789.17
	1712.38	23.16		0.13		