

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞKIN KONTROLÜNDE TASARIM DEBİSİNİN EKONOMİK
KRİTERLERE GÖRE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Cüneyt CİVELEK

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Hidrolik

MANİSA 2013

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞKIN KONTROLÜNDE TASARIM DEBİSİNİN EKONOMİK
KRİTERLERE GÖRE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Cüneyt CİVELEK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22.01.2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 13.02.2013

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bekir SOLMAZ
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Mehmet Ali YURDUSEV (CBÜ)
Yrd. Doç. Dr. Barış YILMAZ (CBÜ)**

MANİSA 2013

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
TEŞEKKÜR	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Yazılımlar	2
2. TAŞKINLAR VE TAŞKIN KONTROL METOTLARI	5
2.1. Taşkın Çeşitleri	11
2.2. Taşkın Sınıfları	11
2.2.1. Oluş Sebeplerine Göre Taşkınlar	11
2.2.2. Meydana Geliş Zamanına ve Tekerrür Aralığına Göre Taşkınlar	12
2.3 Taşkınların Nedenleri	12
2.3.1. Taşkınların Doğal Nedenleri	13
2.3.2 Taşkınların İnsan Müdahalesine Dayanan Nedenleri	13
2.4. Taşkın Zararları	13
2.4.1. Doğrudan Doğruya Oluşan Zararlar	14
2.4.2. Dolaylı Zararlar	14
2.4.3. Para İle Ölçülemeyen Zararlar	14
2.5. Taşkın Zararlarının Hesaplanması	15
2.6. Taşkın Koruma Faydalarının Hesaplanması	16
2.7. Taşkın Koruma Yapılarının Ekonomik Analizi	16
2.8. Genel Etüt Yöntemleri ve Çalışmaları	18
2.8.1. Büro Ön Çalışmaları	18
2.8.2. Arazi Çalışmaları	19
2.9. Yapısal Önlemler	23
2.9.1. Yukarı Havza Tedbirleri	23
2.9.2. Mansap Tedbirleri	29
2.9.3. İstinat Duvarları	39
2.9.4. Taşkın Koruma Projelerinde Yer Alan Sanat Yapıları	40
2.10. Mühendislikte Taşkınların Önemi	40
2.10.1. Taşkın Piklerinin Belirlenmesi	41
2.10.2. Yınelenme Hidrograflarının Belirlenmesi	41

3. KULLANILAN YÖNTEMLER	42
3.1. Yöntemin Genel özellikleri	42
3.2. Verilerin Hazırlanması	42
3.3. Proje Debisi Hesap Yöntemleri	43
3.3.1. Yağış Analizi	43
3.3.2. Akış Analizi	43
3.3.3. Sentetik Yöntemler	44
3.3.4. Gözlenmiş Akımlarla Taşkın Hesabı	47
3.3.5. Ampirik Formüllerle Taşkın Hesabı	48
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Arazi Modelinin Kurulması	50
3.5. Hec-Georas Kullanılarak Geometrik Verilerin Oluşturulması	55
3.5.1. Hec-Georas Hakkında Genel Bilgiler	55
3.6. Hec-Georas Programı İle Verilerin Hec-Ras'a Aktarılması	57
3.7. Hec-Ras Programı İle Su Yüzü Profillerinin Tespiti	59
3.8. CBS İle Risk Haritalarının Oluşturulması	63
4. KARACAALİ ÇAYI OPTİMUM TAŞKIN KONTROL DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ	64
4.1. Çalışma Alanı	64
4.2. Küçükmenderes Havzasının Genel Durumu	67
4.2.1. Yerleşim Yerleri	67
4.2.2. Coğrafi Durum	69
4.2.3. Meteorolojik Bilgiler	76
4.2.4. Arazi Kullanımı	80
4.2.5. Tarım	82
4.3. Arc-Gis Programında Arazi Modelinin Kurulması	83
4.4. Mockus Yöntemi ile Karacaali Taşkın Debisinin Hesaplanması	85
4.5. Hidrolik Analizler	87
4.6. Taşkın Risk Haritalarının Tespiti	91
4.7. Hidroekonomik Analiz	93
4.7.1. Debi-Yineleme Bağlantısının Oluşturulması	93
4.7.2. Taşkın Kontrolünün Faydasının Hesaplanması	93
4.7.3. Taşkın Kontrolünün Maliyetinin Hesaplanması	96
4.7.4. En İyi Çözümün Belirlenmesi	101
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	105
KAYNAKLAR	108
EKLER	112

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
GIS	: Geographic Information System
ESRI	: Environmental System Research Institute
GPS	: Global Positioning System
EMDAT	: The International Emergency Disasters Database
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
HES	: Hidroelektrik Santrali
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: World Geodetic System
DEM	: Digital Elevation Model
TIN	: Triangulated Irregular Network
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ÇOB	: Çevre ve Orman Bakanlığı
CORINE	: Coordination Of Information On The Environment
SCS	: Soil Conservation Service
YADK	: Yağış Alan Dağılım Katsayısı
MGİ	: Meteoroloji Gözlem İstasyonu

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Taşkın zararlarının sektörler göre dağılımı	6
Şekil 2.2 Taşkına maruz kalan yerleşim birimleri	7
Şekil 2.3 1987-2006 Yılları arasında dünyada meydana gelen hidrometeorolojik afet sayısı	8
Şekil 2.4 1987-2006 Yılları arasında dünyada meydana gelen hidrometeorolojik afetlerden etkilenen insan sayısı	8
Şekil 2.5 1987-2006 Yılları arasında dünyada meydana gelen hidrometeorolojik afetlerden kaynaklanan ekonomik kayıp	9
Şekil 2.6 Hendeksiz tip gradoni	24
Şekil 2.7 Hendekli tip gradoni	24
Şekil 2.8 Ay teraslar	25
Şekil 2.9 Misk ıslah sekisi	25
Şekil 2.10 Harçlı kargir ıslah sekisi	25
Şekil 2.11 Belirli seki yüksekliği tahmin edilen denge eğiminde bilinen uzaklıkta ıslah sekisi	26
Şekil 2.12 Seki arkasında malzeme birikme uzaklığı	26
Şekil 2.13 Taban Kuşağı	27
Şekil 2.14 Tersip Bendi	28
Şekil 2.15 Sel kapanı ve haznesi	29
Şekil 2.16 Birikiti konisinde rusubatın tuzaklanması	30
Şekil 2.17 Parabolik kesit	31
Şekil 2.18 Trapez kesit	32
Şekil 2.19 Dikdörtgen kesit	32
Şekil 2.20 Depolu trapez kesit	33
Şekil 2.21 Seddeli trapez kesit	33
Şekil 2.22 Gabion şilteli sedde tip kesiti	35
Şekil 2.23 Taş tahkimatlı sedde tip kesiti	35
Şekil 2.24 İstifli, istifsiz taş dolgu ile şev tahkimi	36
Şekil 2.25 Plandaki görünüşe göre mahmuz tipleri	37
Şekil 2.26 İstinat duvarı tipleri	39
Şekil 3.1 CBS'de veri modelleri	51
Şekil 3.2 CBS'de veri modelleri arasındaki dönüşüm	51
Şekil 3.3 Topografik verilerden oluşturulan TIN verisi	52
Şekil 3.4 Sayısal arazi modeli örnekleri, sırasıyla TIN ve DEM haritaları	52
Şekil 3.5 Örnek bir akış yönü haritası	53

Şekil 3.6 Akış yönü hesaplanması	53
Şekil 3.7 CBS ile akış yönü haritasından elde edilen alt havza alanları	54
Şekil 3.8 Örnek bir drenaj ağı haritası	54
Şekil 3.9 Havzanın üç boyutlu haritasından bir görünüm	55
Şekil 3.10 HEC-GeoRAS menüsü	56
Şekil 3.11 Geometri menüsü ve elemanları	56
Şekil 3.12 RAS haritalama menüsü ve elemanları	57
Şekil 3.13 ApUtilities menüsü ve elemanları	57
Şekil 3.14 Enkesit çizgilerinin konumlandırılması	59
Şekil 3.15 Enerji eşitliğinde kullanılan terimlerin sembolik gösterimleri	60
Şekil 3.16 HEC-GeoRAS'tan HEC-RAS'a aktarılan bir kesitin her iki programdaki görünümü	61
Şekil 3.17 Debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi	62
Şekil 3.18 Nehir kollarına ait sınır koşullarının HEC-RAS'a girilmesi	62
Şekil 3.19 Analizler sonucu tespit edilen örnek bir su yüzü seviyesinin gösterimi	63
Şekil 3.20 Taşkın anında sular altında kalabilecek yerlere örnek harita	63
Şekil 4.1 Karacaali çayı havzası genel görünümü ve Türkiye'deki yeri	64
Şekil 4.2 Karacaali çayı havzası drenaj kolları, alt havzalar ve yükseklik haritası	65
Şekil 4.3 Karacaali çay havzası eğim haritası	66
Şekil 4.4 Karacaali ana çay kolu boy profili	66
Şekil 4.5 Küçük Menderes havzası siyasi haritası	68
Şekil 4.6 Küçük Menderes havzası fiziki haritası	69
Şekil 4.7 Küçük Menderes havzasının akarsular haritası	72
Şekil 4.8 Küçük Menderes Nehri alt havzasında yer alan önemli toprak gruplarının dağılımı	75
Şekil 4.9 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama sıcaklık dağılımı (1971-2000)	77
Şekil 4.10 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama buharlaşma dağılımı (1971-2000)	78
Şekil 4.11 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama toplam yağış dağılımı (1971-2000)	79
Şekil 4.12 Küçük Menderes havzası arazi kullanımının dağılımı	81
Şekil 4.13 Küçük Menderes havzasında kullanım şekline göre tarım arazisi dağılımı	82
Şekil 4.14 Taşkın risk haritası üretilen bölge	83
Şekil 4.15 Hazırlanan son topografik verilerden oluşturulan ve arazi kullanımını içeren DEM	84
Şekil 4.16 DEM verisi üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak yapılan sayısallaştırmalar	84
Şekil 4.17 HEC-RAS programının ana menüsü	88
Şekil 4.18 Arazi modelinden HEC-RAS'a gönderilen kesitlerin yerleşimi	88
Şekil 4.19 HEC-RAS'a gönderilen veriden örnek bir topografik kesit	89
Şekil 4.20 Araziden izlenimlere göre kullanılan referans fotoğraflar ve seçilen Manning pürüzlülük değerleri	90
Şekil 4.21 Karacaali çayına ait debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi	90

Şekil 4.22 Karacaali çayında 500 ve 1000 yıl tekerrürlü debilerin oluşturduğu su yüzü profilleri	91
Şekil 4.23 Çeşitli yinelenme periyotlarına sahip debilere göre oluşturulan taşkın risk haritaları	92
Şekil 4.24 Karacaali Çayı Debi-Tekerrür Aralığı grafiği	93
Şekil 4.25 Karacaali Çayı Debi-Zarar grafiği	96
Şekil 4.26 Maliyet hesaplamasında kullanılan sedde tip enkesiti	97
Şekil 4.27 Maliyet hesaplamasında kullanılan trapez toprak kanal tip enkesiti	99
Şekil 4.28 Maliyet hesaplamasında kullanılan topuk korumalı taş tahkimatlı kanal tip enkesiti	100
Şekil 4.29 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Seddeli toprak kanal)	102
Şekil 4.30 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Trapez kesitli toprak kanal)	103
Şekil 4.31 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Taş tahkimatlı toprak kanal)	104

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 1900-2008 Yılları arasında Türkiye’de meydana gelen 10 büyük doğal felaket ve etkilenen nüfus sayısı	9
Çizelge 4.1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları	67
Çizelge 4.2 Küçük Menderes Nehri özellikleri	70
Çizelge 4.3 Küçük Menderes havzasındaki akarsular ve uzunlukları	71
Çizelge 4.4 Küçük Menderes havzasında bulunan göller ve kapladıkları alan	73
Çizelge 4.5 Küçük Menderes Nehri alt havzası’nda yer alan önemli toprak grupları	75
Çizelge 4.6 Küçük Menderes havzasında yer alan gözlem istasyonları	76
Çizelge 4.7 Küçük Menderes havzası aylık ortalama buharlaşma	77
Çizelge 4.8 Küçük Menderes havzası arazi kullanımı	81
Çizelge 4.9 Karacaali Çayı yağış yükseklikleri	86
Çizelge 4.10 Hesaplarda kullanılacak parametreler	86
Çizelge 4.11 Havza proje akış yükseklikleri	86
Çizelge 4.12 Hesaplanan taşkın debileri	87
Çizelge 4.13 Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar	92
Çizelge 4.14 Taşkın sahasındaki bitki deseni ve ekiliş oranları	94
Çizelge 4.15 Taşkın sahasında taşkın öncesi üretim değerinin hesaplanması	94
Çizelge 4.16 Taşkın sahasında taşkın sonrası üretim değerinin hesaplanması	94
Çizelge 4.17 Taşkın sahasında 1 dekarda meydana gelen taşkın zararının hesaplanması	95
Çizelge 4.18 Çeşitli taşkın senaryolarına göre toplam taşkın zararının hesaplanması	95
Çizelge 4.19 Karacaali Çayı ıslah kesitlerinin çeşitli taşkın senaryolarına göre hesaplanması	97
Çizelge 4.20 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan ıslah seddesi maliyet hesabı	98
Çizelge 4.21 Çeşitli taşkın senaryolarına göre seddeli toprak kanal tesis maliyetinin hesaplanması	99
Çizelge 4.22 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan trapez kesitli toprak kanal maliyet hesaplanması	99
Çizelge 4.23 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan topuk korumalı taş tahkimatlı toprak kanal maliyet hesabı	100
Çizelge 4.24 Çeşitli taşkın senaryolarına göre trapez kesitli kanal tesis maliyetinin hesaplanması	101
Çizelge 4.25 Çeşitli taşkın senaryolarına göre topuk korumalı taş tahkimatlı kanal tesis maliyetinin hesaplanması	101

Çizelge 4.26 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Seddeli toprak kanal)	102
Çizelge 4.27 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Trapez kesitli toprak kanal)	103
Çizelge 4.28 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Taş tahkimatlı toprak kanal)	104

SEMBOL LİSTESİ

S	: Sızma kaybı
P	: Yağış miktarı
A	: Yağış alanı
C	: Akış katsayısı
L	: Havzadaki en uzun akarsu kolunun uzunluğu
S	: Harmonik eğim
T	: Taşkın süresi
D	: Taşkını oluşturan yağış süresi
I	: Toplanma zamanına tekabül eden yağış şiddeti
CN _{II}	: Yağış-Akış eğri numarası
H _a	: Akış miktarı
T _p	: Birim hidrografın yükselme zamanı
Q _p	: Havza verimi
L _c	: Havzanın ağırlık merkezinin, akarsu üzerindeki izdüşüm noktası ile havza çıkış noktası arasındaki akarsu uzunluğu
T _c	: Toplanma zamanı
T _p	: Hidrografın yükselme zamanı
T _r	: Suların alçalma zamanı
C _t	: Havza depolama kapasitesi ve eğimine ait katsayı
t _p	: Akarsu havzasının ağırlık merkeziyle taşkın hidrografının arasındaki zaman farkı
t _r	: Birim hidrograf sağanak süresi
q _p	: Birim havza verimi
h _a	: Havza proje akış değeri
n	: Sürtünme katsayısı
m	: Şev eğimi
b	: Taban genişliği

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sırasında yardım ve katkılarını esirgemeyen danışmanım Sayın hocam Prof. Dr. Bekir SOLMAZ'a ve Sayın hocam Prof. Dr. Mehmet Ali YURDUSEV'e, sağladığı tüm imkanlardan dolayı kurumuma ve mesai arkadaşım Mert Sıtkı ŞEN'e, benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Mustafa Erkan TURAN'a, beni hiç yalnız bırakmayan ve her zaman her konuda desteklerini benden esirgemeyen ailem ve sevgili eşim Sema CİVELEK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Ülkemizde taşkın afetleri, depremlerden sonra en çok can ve ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir. Taşkınların büyüklüğü ve frekansı, su yapılarının boyutlandırılması için önemlidir. Taşkınlar, mühendislik hidrolojisinin en karmaşık problemlerini oluştururlar. Bu nedenle planlanan su yapılarının güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için proje taşkınlarının doğru belirlenmesi gerekir.

Taşkınlar ülkemizde ve dünyanın birçok bölgesinde ciddi hasarların ve kayıpların nedenleri arasında olduğundan, taşkın karakteristikleri ve taşkın altında kalabilecek alanlar arasındaki ilişkinin, taşkın nedenli felaketlerle uygun mücadele gereğiyle detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Taşkın ve taşkın alanları üzerine yapılacak detaylı bir çalışma; hidrolojik, hidrolik, topografik ve diğer ilişkili unsurların zaman ve alan boyutunda analizini gerekli kılmaktadır. Son zamanlarda, modellerle taşkın yatağı belirleme tekniği taşkınların nerede ve ne kadar bir süre sonra oluşacağını daha doğru tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem sayesinde, taşkın tahminlerinin daha doğru ve daha kısa sürede yapılması ve taşkından etkilenecek alanların daha doğru olarak belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu türden bir çalışma için, hidrolojik/hidrolik modeller ile CBS ideal bir destek oluşturmaktadır.

Bu çalışmada CBS ile hidrolik ve hidrolojik modelleme yazılımları kullanılarak Küçükmenderes Nehrinin yan kollarından olan Karacaali Çayının taşkın risk analizinin yapılarak taşkın risk haritaları oluşturulmuş ve su yapılarının boyutlandırılması sırasında kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesi ve belki de en önemlisi olan taşkın kontrol debilerinin üç farklı taşkın kontrol yöntemine göre optimum frekansları belirlenmiştir.

Bu çalışmada arazi modellemeleri ve sonuçların sunumu, bir CBS programı olan ArcGIS 9.3.1 ile, hidrolik analizleri de Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HEC-RAS) 4.1 ile gerçekleştirilmiştir. Arazi modelinin oluşturulduğu topografik veriler; DSI'den "İzmir İli, Tire İlçesi Tarım Arazilerinin Karacaali Çayı Taşkınlarından Korunması" işi kapsamında temin edilen haritalardan, Harita Genel Komutanlığı'ndan (HGK) temin edilen 1/25000'lik haritalardan elde edilmiştir. Bu sayede arazinin 3 boyutlu modeli, ArcGIS ile oluşturulmuştur. Bu modelden alınan tüm topoğrafik veriler, ArcGIS üzerinde çalışan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla hidrolik analiz yapılabilen HEC-RAS'a aktarılmıştır. Mockus yöntemi ile bulunan çeşitli tekerrürlere sahip debi değerleri de hidrolik modele girilerek su seviyeleri tespit edilmiştir. Sonuçlar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS'e aktarılarak taşkın risk haritaları elde edilmiştir.

Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar taşkın risk haritalarından tespit edilerek, taşkın oluş tarihinden önce arazide üretilen bitki paternine göre tarımsal alanların gördüğü zarar hesaplanmıştır. Taşkın koruma yapıları olarak topuk korumalı taş tahkimatlı sedde, trapez kesitli toprak kanal ve taş tahkimatlı trapez kesitli toprak kanal yapıları düşünülmüş olup, bu yapılar için her bir proje taşkın frekansına denk gelen taşkın kontrolü maliyetleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan sonra üç farklı taşkın koruma yöntemi içinde yıllık ortalama taşkın zararı ile yıllık proje maliyeti toplamının minimum değeri yani optimum proje taşkın frekansı belirlenmiş ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

ABSTRACT

Flood is one of the most effective natural disasters. The magnitude and the frequency of floods are essential for designing hydraulic structures. Floods are the most complicated problems of engineering hydrology. Therefore, the characteristics of project floods must be determined accurately in order to build reliable hydraulic structures.

The relation between the characteristics of a flood and the areas that may be effected from it must be studied in detail as floods are the reason of the serious damages and losses in our country and in the most parts of the world. A detailed study on floods and flood zones requires the time and spatial analysis of hydrological, hydraulic, topographic and other related factors. Recently, modeling techniques for the determination of flood zone are widely used to observe the place of flood and its frequency. By virtue of this method flood predictions can be made more quickly and more accurately and the borders of the flood zones observed more precisely.

In this study, using hydraulic and hydrologic modeling softwares, flood risk analysis are performed on Karacaali Creek which is one of the branches of Küçükmenderes River Turkey. Flood risk maps are obtained and the optimum frequencies of flood control discharges determined by using three different flood control method.

In this study, modeling of topography and presentation of results are performed on ArcGIS 9.3.1 and hydrologic analyses undertaken by using Hydrologic Engineering Centers River Analysis System (HECRAS) 4.1. Topographic data that develop terrain surface are assured from 1/25000 scale maps that belong to Turkish General Command of Mapping and utilized in the study of protecting agricultural terrains of Tire district from floods of Karacaali Creek performed by General Directorate of State Hydraulic Works (DSI). In this way 3D model of terrain is created by using ArcGIS. All topographic data taken from this model is transferred into HEC-RAS by the HEC-GeoRAS module that is executed on ArcGIS. Discharge rates that have various frequencies are carried from Mockus method. By this way water levels are determined as a result of entering discharges to the model. The flood risk maps are obtained after the results into ArcGIS by HEC-GeoRAS.

Under various flood circumstances, total damage loss is calculated by transferred taking into account of vegetation pattern of agricultural lands to be impounded according to flood risk maps. To control those floods, various structures such as rock lined embankment with toe berm, trapezoidal earth channel and rock lined trapezoidal channel are designed as different exercises having estimating the construction cost of each structure minimum value of summation of annual average damage loss and annual project cost of option is determined to obtain the optimized project flood frequency. Finally recommendations are made to invoke further studies.

1. GİRİŞ

Taşkınlar birçok bölge ve ülkede insanların ekonomik ve sosyal hayatını etkileyen önemli doğal afetlerden birisidir (Özdemir, 2007). Su miktarının, doğal ve yapay olarak geçmesi istenen yatakların kapasitesini aşması su basmalarına, sellere ve taşkınlara sebep olur (Şen, 2003). Belirli bir akarsuyun doğal yatak kapasitesi üstündeki debiyi geçirememesi nedeniyle suların yataktan çıkarak çevresindeki canlılara, yerleşim yerlerine, tarım arazilerine zarar vermesi, yerleşmiş yaşantı düzenini bozması ve aksatması durumuna taşkın denir.

Türkiye'nin farklı meteoroloji, jeoloji ve topografik şartları; deprem, taşkın, kuraklık, yangın, tayfun, heyelan, erozyon, yıldırım gibi çeşitli doğal afetlerle karşı karşıya olmasına neden olmaktadır. Afetleri oluşturan doğa olaylarını önleyebilmek mümkün değildir, ancak afetlerden korunma önlemlerinin alınması, sonrasında oluşacak can ve mal kayıplarının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Ülkemizde taşkın afetleri, depremlerden sonra en çok can ve ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir, aynı zamanda hidrolojik afet olarak çevreye ve insanlara en çok zarar veren türdür (Uçar ve diğerleri, 2010).

Türkiye'de büyük taşkınlar bölgesel iklim, topografya ve yağış alanı büyüklüğü faktörlerinin birleşiminden oluşur. Kuzey, batı ve güney sahillerimizdeki denizlerden iç kısımlara doğru uzaklaştıkça atmosferdeki nem azalır. Karadeniz ve Akdeniz sahillerinde olduğu gibi nemli hava akısına dik yüksek kotlu alanlarda şiddetli yağışlar ve büyük taşkınlar oluşur. Büyük havzaların önemli taşkınları mevsimlik kar birikiminin yağmur ile birleşiminden oluşur. Küçük havzaların büyük taşkınları ise konvektif fırtınaların oluşturduğu şiddetli yağışlardan oluşur (Kutoğlu, 2006).

Taşkın faaliyetlerinin yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade edilmesi mümkün değildir. Ülkemizde sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetlerinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta büyük miktarda can ve mal kaybına sebep olan taşkın afetleri meydana gelmektedir. Ülkemizde büyük can ve mal kaybına sebep olan taşkınların ana nedenleri akarsu yataklarındaki yoğun yapılaşma ve kent içinden geçen akarsuların üzerlerinin kapatılmasıdır.

Taşkınlar ülkemizde ve dünyanın birçok bölgesinde ciddi hasarların ve kayıpların nedenleri arasında olduğundan, taşkın karakteristikleri ve taşkın altında kalabilecek alanlar arasındaki ilişkinin, taşkın nedenli felaketlerle uygun mücadele gereğiyle detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Taşkın ve taşkın alanları üzerine yapılacak detaylı bir çalışma; hidrolojik, hidrolik, topografik ve diğer ilişkili unsurların zaman ve alan boyutunda analizini gerekli kılmaktadır. Son zamanlarda, modellerle taşkın yatağı belirleme tekniği taşkınların nerede ve ne kadar bir süre sonra oluşacağını daha doğru tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem

sayesinde, taşkın tahminlerinin daha doğru ve daha kısa sürede yapılması ve taşkından etkilenecek alanların daha doğru olarak belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu türden bir çalışma için, hidrolojik/hidrolik modeller ile CBS ideal bir destek oluşturmaktadır (Onuşluel ve diğerleri, 2010).

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hidrolik ve hidrolojik modelleme yazılımları kullanılarak Küçükmenderes Nehrinin yan kollarından olan Karacaali Çayının taşkın risk analizinin yapılarak taşkın risk haritalarının oluşturulması ve su yapılarının boyutlandırılması sırasında kullanılan en önemli parametrelerden bir tanesi ve belki de en önemlisi olan taşkın kontrol debilerinin ekonomik kriterlere göre belirlenmesi amaçlanmıştır. İzmir ilinin Tire ilçesinde yer alan ve Küçükmenderes Havzasının alt havzası olan Karacaali Havzasının alanı 9.7 km²'dir. Havza olarak Karacaali Havzasının seçilmesinde Karacaali Çayının verimli ovalardan geçiyor olması, ovada meydana gelen taşkınlarda her yıl 3 dekar tarım arazisinin kıyı erezyonu ile yitiriliyor olması ve taşkın potansiyeli yüksek bir çay olması önemli bir rol oynamıştır.

Meydana gelen taşkınları anlamak ve etkilerini ortaya koymak için değişik bilgisayar modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerin ana bileşenlerini genel olarak dört kısımda toplamak mümkündür. Bunlar; hidrolojik modeller, hidrolik modeller, taşkın haritalamaları ve modelde kullanılmak üzere taşkın haritalarının üretilmesidir (Snead, 2000).

Bu çalışmada CBS ve hidrolik yazılımlar yardımıyla Karacali Çayının taşkın kontrolü tasarımının maliyeti hesaplanırken kullanılacak taşkın kontrol debisinin optimum dönüş aralığının hesaplanması amaçlanmıştır. Öncelikli çalışma alanına ait havza karakteristiklerini analiz edebilmek için havzanın genel fiziki özellikleri incelenmiştir. Daha sonra taşkınlar hidrolojisinin önemi ve hesap yöntemleri üzerinde durulmuştur. Edinilen bilgiler ışığında yapılacak olan hidrolojik ve hidrolik modellemeye geçilmiş ve hidroekonomik analiz yapılmıştır.

CBS risk yönetiminde çok etkili bir araçtır. CBS doğal felaketler ya da insan eliyle olması muhtemel olaylara karşı nasıl önlem alınması gerektiği konusunda hızlı ve doğru karar vermeye yardımcı olur. Yerleşim sahalarının veya bir kentin risk haritası çıkarılabilir (Yomralıoğlu, 2000).

1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Yazılımlar

Bu çalışmada, Türkiye genelinde oldukça fazla taşkın meydana geldiği bölgelerden birisi olan Ege Bölgesinin İzmir İli, Tire İlçesinde bulunan ve Küçükmenderes Nehrinin alt havzalarından olan Karacaali Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Taşkınların etkileri, bir CBS yazılımı olan ArcGIS ve hidrolik analizlerin gerçekleştirildiği paket programlardan biri olan Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen River Analysis System (HEC-RAS) ile modellenmiştir.

Yazılım olarak CBS yazılımlarından ArcGIS 9.3.1 kullanılmıştır. ArcGIS Desktop, (ArcInfo, ArcView ve ArcEditor) içerisinde bütünleşik olarak gelen ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcGlobe ve Model Builder arayüzleri ile, haritalama, coğrafi analizler, veri editleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerini gerçekleştirebileceğiniz entegre bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır (Anonim, 2004).

Bu yaklaşım ile; ArcGIS yazılımı kullanılarak, topografik haritalardan arazinin 3 boyutlu modeli ve çeşitli hidrolojik katmanları (drenaj alanı, nehir sistemi, alt havzaları, eğimi, bakışı, vs.) oluşturulmuştur. Bir sonraki aşamada gerçekleştirilen hidrolik analizler için ihtiyaç duyulan topografik katmanlar (nehir profili, nehir kesitleri, pürüzlülükler, vs.) HEC-GeoRAS adındaki ara yazılım ile hazırlanıp HEC-RAS'a aktarılmış ve hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir.

Modelleme için HEC-RAS programı kullanılmıştır. Amerikan Hidrolojik Mühendislik Merkezi, nehir ağlarında su yüzeyi profillerinin çıkarılması için HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) isimli bir hidrolik model geliştirmiştir (Anonim, 2001). Modelin sahip olduğu özellikler arasında veri depolanması ve yönetimi, görsel ve yazılı rapor verebilme ve analiz sonuçlarının farklı amaçlar için taşınabilmesi yer almaktadır. Ayrıca model oldukça iyi tasarlanmış bir görsel kullanıcı ara yüzüne sahiptir. HEC-RAS suyolu ağı veya tek bir nehir kolu için hem düzgün değişen hem de düzensiz değişen akım analizlerini gerçekleştirmektedir. Model ayrıca kritik altı, kritik üstü ve karışık akım rejimlerine göre su yüzeyi profillerini çıkarmaktadır. Bu analizleri gerçekleştirirken tek boyutlu enerji denklemleri veya momentum denklemleri kullanılabilir. Model kullanılabilmektedir.

HEC-RAS modeli için gerekli coğrafi veriler CBS teknolojileri kullanarak hazırlanabilmektedir. Bu şekilde veri girişi daha hızlı ve daha hatasız olarak gerçekleştirilmektedir. Environmental System Research Institute (ESRI) ile HEC tarafından ortaklaşa geliştirilen HEC-GeoRAS alt programı ArcView programı altında çalışmakta ve HEC-RAS için geometrik veri üretebilmektedir. Aynı zamanda program, HEC-RAS su yüzeyi profillerini de CBS ortamına taşımaktadır (Anonim, 2000).

Hidrolik analizler için gereken taşkın debi değerleri, Devlet Su İşleri'nden temin edilmiştir. Karacaali Çayı üzerinde herhangi bir gözlem istasyonu bulunmaması nedeniyle taşkın debileri Sentetik Yöntemlerden biri olan Mockus Yöntemi ile belirlenmiştir. Bulunan debiler, HEC-RAS'a hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için girilmiştir. Hidrolik analizlerin sonucunda ise çeşitli debi değerlerine göre tespit edilen su yüzü profilleri tekrar HEC-GeoRAS kullanılarak ArcGIS'e gönderilmiştir. Böylece su yüzü profilleri arazi modellerinin üzerine eklenmiş ve çeşitli senaryolar için taşkın risk haritaları hazırlanmıştır. Arazi modelinin oluşturulduğu topografik

veriler; DSI'den "İzmir İli, Tire İlçesi Tarım Arazilerinin Karacaali Çayı Taşkınlarından Korunması" işi kapsamında temin edilen haritalardan, Harita Genel Komutanlığı'ndan (HGK) temin edilen 1/25000'lik haritalardan ve Global Positioning System (GPS) ile arazi çalışmalarında tespit edilen verilerin sayısallaştırılması ile oluşturulan haritadan meydana gelmektedir.

2. TAŞKINLAR VE TAŞKIN KONTROL METOTLARI

Doğal afet olarak taşkın, bir akarsuyun muhtelif nedenlerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle, etki bölgesinde normal sosyo-ekonomik faaliyeti kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayı, şeklinde ifade edilmektedir. Dünyanın birçok bölgesinde aşırı yöresel yağışlardan veya toplu kar erimelerinden sonra yaşanan akarsu taşkınları oldukça yaygındır. Taşkın, yaşandığı bölgenin iklim koşullarına, jeoteknik ve topografik niteliklerine bağlı olarak gelişen bir doğal oluşumdur. Ancak taşkın zararları, tamamen insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana gelmektedir. Risk altındaki sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetleri dünyanın her köşesinde taşkın afetinin en önemli sebebidir (Uşşıkay ve diğlerleri, 2002).

Doğal ya da insan müdahalesi sonucu oluşan afetlerin en önemlilerinden biri olan taşkınların temel özelliğı, insanlar için hiçbir zaman tümüyle bertaraf edilemeyen, sürekli bir problem oluşturmalarıdır. Toplumlar, yüzyıllardan beri taşkın tehdidi ile karşı karşıya kaldıklarından, bu ekstrem olayın kontrolü amacıyla araştırma ve mücadele faaliyetlerini sürdürmüşlerdir. Ancak günümüzde ulaşılan bilgi birikimine rağmen sorun çözümlenmiş değildir. Taşkınlar, ülkemiz de dahil olmak üzere dünyanın pek çok yöresinde halen daha etkili olmakta, önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır (Onuşşuel ve diğlerleri, 2002). Ülkemizde sel ya da bir diğler ifade ile taşkın afetleri, depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir.

Taşkınlar sebep oldukları zararlarla dikkati çekerler. Bu nedenle hidrolojik kriterlerden daha çok maliyet esasına göre bir değerlendirme yapılır. Taşkınların hidrolojik ve ekonomik değerlendirmeleri önemli ölçüde birbirlerinden farklıdır. Çünkü ekonomik değerlendirme, taşkına maruz kalan alanın lokasyonu ile ilişkilidir (Davie, 2008). Farklı bir ifade ile ekonomik değeri yüksek olan alanların taşkına maruz kaldıklarında yapılan değerlendirme ve dolayısı ile taşkına verilen önem, kısmen daha düşük değerli alanlara göre yapılan değerlemeden daha yüksektir. Bu husus makro seviyede bir bakış açısına göre tartışmaya açıktır. Mühendislik açısından taşkın hesapları ile amaçlanan, zararın ortaya çıkaracağı ekonomik kayıpları belirlemekten ziyade; yıkımlar ve bunların ortaya çıkardığı kayıpları minimize etmek için muhtemel önlemleri almaktır. Mevcut envanter verileri itibari ile taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl için ortalama 100.000.000 ABD (Amerika Birleşik Devletleri) dolarına ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemler bağlamında sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30.000.000 ABD doları civarındadır (Kılıçer ve diğlerleri, 2002). Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımları incelendiğinde, taşkın zararlarından en fazla etkilenen sektör tarım ve

hayvancılık (%45) iken, daha sonra bina ve altyapılarda oluşan zararların (%32) gelmekte olduğu görülecektir (Şekil 2.1).

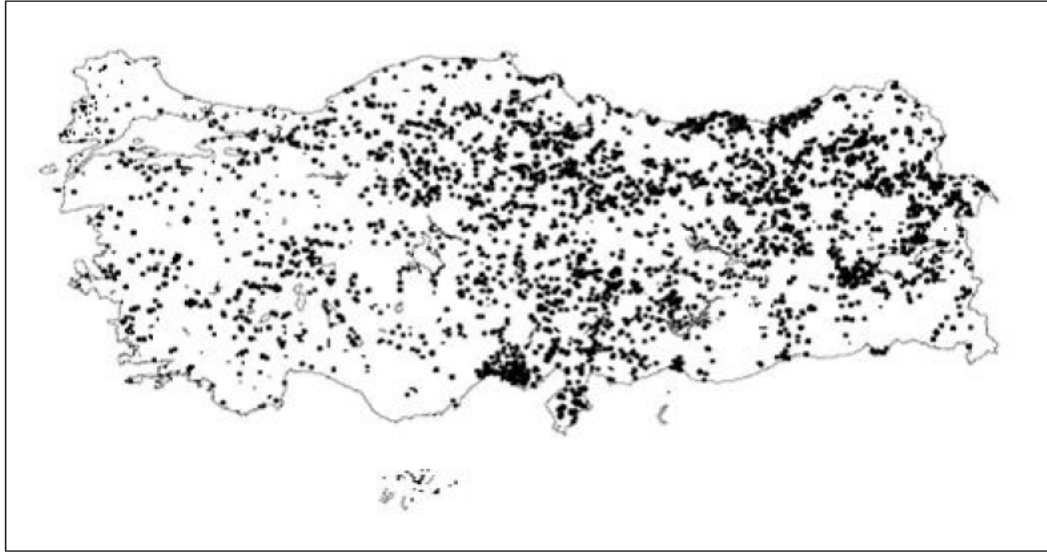


Şekil 2.1 Taşkın zararlarının sektörlere göre dağılımı (%)

Geçmişten beri önemli miktarda maddi ve manevi zarara yol açan taşkınların ana sebebi; şiddetli ve sürekli yağın yağmurun veya ani kar erimesinin zeminin de zaman içerisinde suya doygunluğunun artması (su emme kapasitesinin azalması) sonrası yağışın ve kar erimesinin hemen hemen tamamının yüzeysel akışa geçerek nehir yataklarındaki su seviyesinin hızlı bir şekilde yükselmesi olup, bu durum yatak eğiminin fazla olduğu yerlerde daha büyük hız ve kinetik enerji ile akmasına ve beraberinde büyük kaya taş, çakıl, ağaç vb. maddeleri sürükleyen ve yatak civarındaki arazilere, mülkiyete ve bu bölgelerde yaşayan insanlara zarar verebilir bir akım halini alarak zaman zaman can ve mal kayıplarına neden olabilir (Gürbüz, 2008).

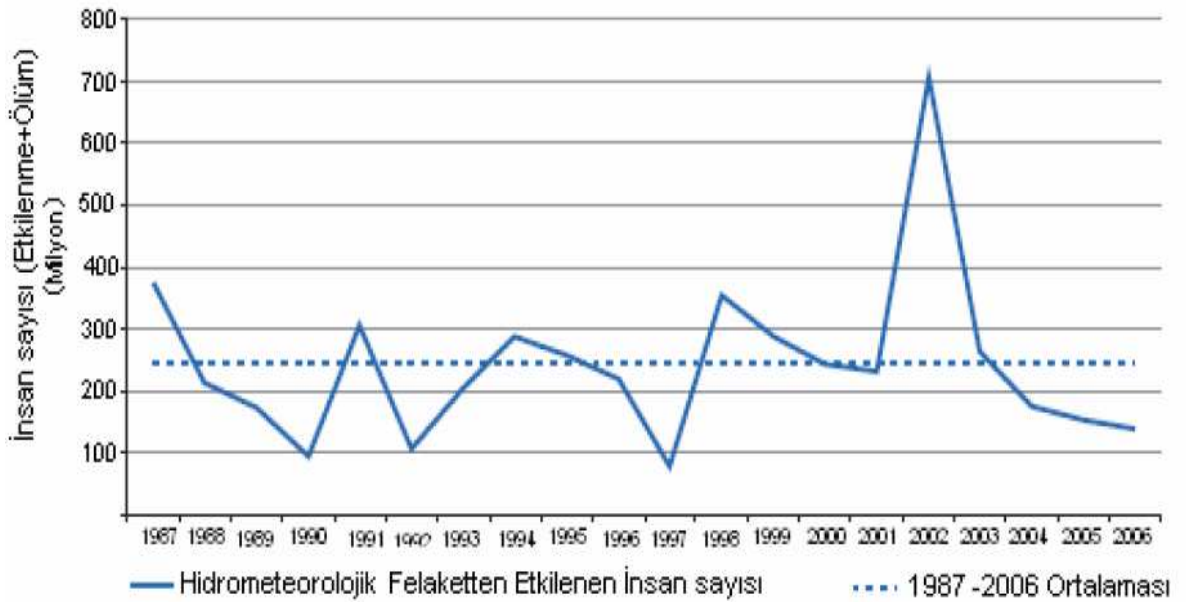
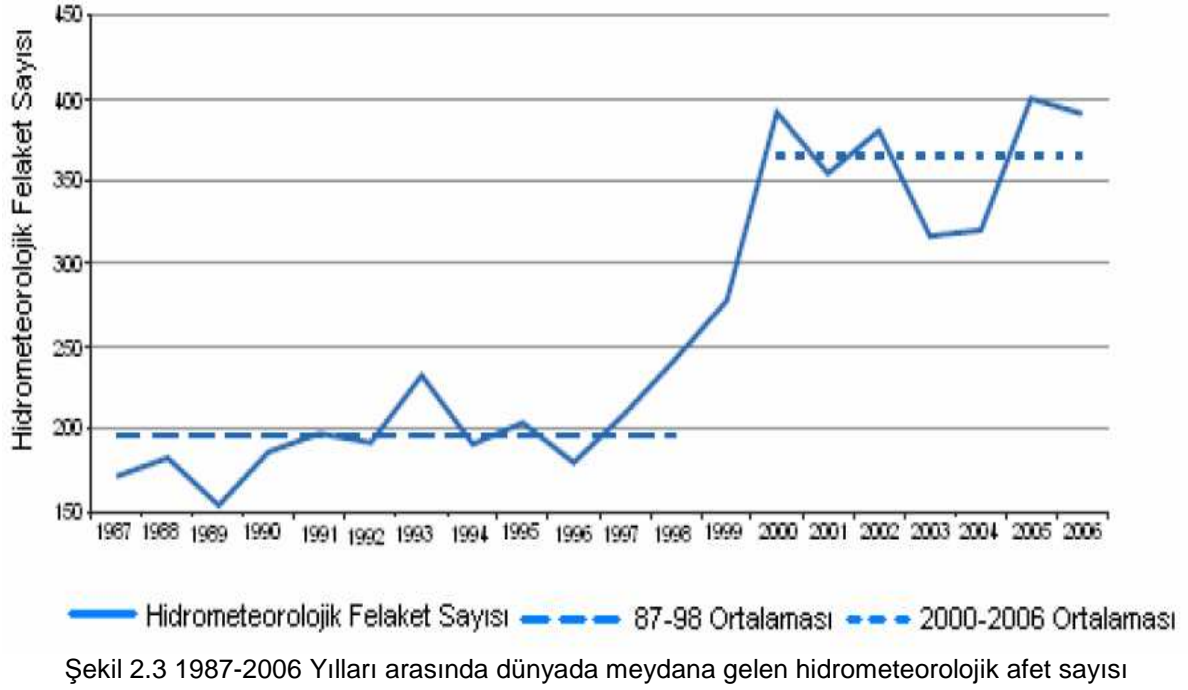
İnsan yaşamının sonlanmasına sebep olan doğal afetler içerisindeki payı %13'ün üzerinde bir yaygınlığa sahip olan taşkın afetinin insan sağlığı üzerindeki etkileri özellikle ülkemizde yeterli şekilde değerlendirilmemiş olup, neden olduğu zararlarla ilgili sağlıklı veri eksikliği söz konusudur. Taşkınların insan hayatı üzerindeki en önemli etkileri ölüm, yaralanmalar, taşkın sonrası meydana gelen hastalıklar, is gücü kaybı, insan kaynaklarının verimsizliği vb. şekilde kendini gösterirken, karayolu, demiryolu, havaalanı, elektrik ve su iletim ve dağıtım hatları ve kanalizasyon şebekelerinde bozulma, endüstriyel tesislerinin kullanılamaz hale gelmesi veya kapasite düşümü, tarım alanlarındaki mahsul kayıpları gibi alt yapı zararları ile de ülke ekonomileri üzerinde olumsuzluklar yaratmaktadır. Katma değer yaratan sektörlerde verim düşüşünün önüne geçilmesi, taşkın ıslah çalışmaları (akarsu yatağının sel zararını önleyecek biçimde yeniden düzenlenmesi) ve insana yaraşır ortamların tekrar tesisi ülke ekonomilerine büyük yükler getirmektedir (Gürbüz, 2008). Taşkın doğanın kendi döngüsü içinde meydana gelen doğal bir oluşumdur. Bu oluşumun bir sel afeti ya da problemine dönüşmesi ise ekonomik

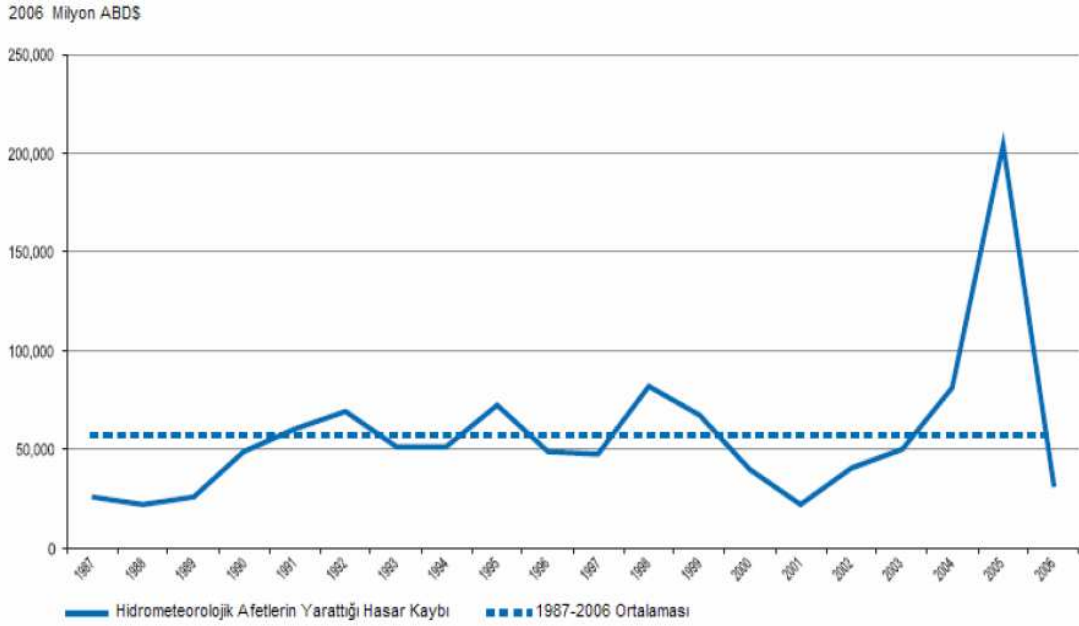
gelişme bağlamında süregelen insan aktivitelerinin doğal denge üzerine yaptığı müdahalelerin bir sonucu olmaktadır. Bu çerçevede, ülkemizin sel riskine hassasiyetinin mertebesini, doğal etkenler olarak nitelenebilecek coğrafi, iklimsel ve fiziksel özellikleri ile sosyo-ekonomik gelişme faaliyetlerinin (insan aktivitelerinden kaynaklanan etkenler) belirlediğini ifade etmek gerekmektedir. Türkiye’de taşkınları meydana getiren yağışlar ile geçmiş taşkınlara ilişkin envanter verilerinin birlikte değerlendirilmeleri sonucunda, taşkınların en çok ilkbahar ve sonbahar aylarında oluştuğu ve Karadeniz, Akdeniz ve Batı Anadolu coğrafi bölgelerinin taşkına en hassas bölgeler olduğu ortaya çıkmaktadır (Uşkay ve diğerleri, 2002).



Şekil 2.2 Taşkına maruz kalan yerleşim birimleri (Özden, 2008)

Son yıllarda küresel iklim değişimleri nedeniyle, taşkın olayları ve bu olayların insanlar üzerindeki etkilerinde artışlar olduğu görülmektedir (Şekil 2.3, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Uluslararası Acil Afetler Veritabanı (The International Emergency Disasters Database - EMDAT) verilerine göre, 1900–2008 yılları arasında dünyada 2238 taşkın doğal afeti olmuş ve bu taşkınlardan 2 milyara yakın (1.809.875.142) kişi etkilenmiş ve bunlardan 3 milyona yakın (2.981.285) kişi hayatını kaybetmiş, ekonomik olarak da 200 Milyarın ABD doları üzerinde (201.043.409.000) hasar oluşmuştur (Gürbüz, 2008).





Şekil 2.5 1987-2006 Yılları arasında dünyada meydana gelen hidrometeorolojik afetlerden kaynaklanan ekonomik kayıp

Türkiye akarsu havzalarında yaygın olarak yaşanan ve önemli boyutta can ve mal kayıplarına neden olan taşkınlar, bu olayların hidrometeorolojik oluşumların büyüklüğünden ziyade, akarsu yatakları içinde veya mücavir taşkın riski taşıyan sahalarda herhangi bir önlem alınmaksızın sürdürülen düzensiz ve kontrolsüz kentleşme faaliyetleri sonucu oluştuğunu rahatlıkla görebiliriz. Çizelge 2.1’ de 1900-2008 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen on büyük doğal felaket ve etkilenen insan sayısı verilmiştir.

Çizelge 2.1 1900-2008 Yılları arasında Türkiye’de meydana gelen 10 büyük doğal felaket ve etkilenen nüfus sayısı

Felaket	Tarih	Toplam Etkilenen Nüfus
Deprem	28.06.1998	1.589.600
Deprem	17.08.1999	1.358.953
Taşkın	20.05.1998	1.240.047
Deprem	30.10.1983	834.137
Deprem	18.09.1984	375.038
Deprem	18.10.1984	375.035
Deprem	13.03.1992	348.850
Deprem	22.07.1967	326.073
Taşkın	04.11.1995	306.617
Deprem	01.05.2003	290.520
Deprem Toplamı		5.498.206
Taşkın Toplamı		1.546.664

Sel afetlerinin depremlerden farkı, nerede ve ne büyüklükte olacaklarını tahmin etmenin olasılık hesapları sayesinde mümkün olmasıdır. Dolayısıyla tüm dünya literatüründe kabul görmüş uygulamalar da göstermektedir ki bu tahminlerden hareketle belirlenecek yapısal ve yapısal olmayan stratejilerle taşkınlardan sakınma ve dolayısıyla riskleri dışlamak, azaltmak ve paylaşmak mümkündür (Balaban, 2008).

Ülkemizde bugüne kadar yapılan afet çalışmaları yakından incelendiğinde gayretlerimizin çoğunu afetlerden sonraki müdahale etme aşamasına yöneltmiş olduğumuz görülmektedir. Oysa "Afet Yönetimi" sadece insanları enkaz altından kurtarmak, yangın söndürmek veya sel sularından insanları tahliye etmek, vb. müdahale çalışmalarını yapmak değildir. Aksine modern afet yönetimi, önceliği (müdahale çalışmalarına duyulabilecek ihtiyacı minimize edebilmek için) insanları olası tehlikelerden korumak ve mevcut riskleri afetler olmadan çok önce azaltmaya yöneliktir (Kadıoğlu, 2008).

İnsanoğlu taşkını önceden doğru tahmin ederek tedbir aldığı anda meydana gelecek zararların etkisi de nispeten daha az olacaktır. Su yapılarının ekonomik ve güvenilir şekilde inşa edilmesinde ve taşkın zararlarının önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmasında, taşkının büyüklüğü ve frekansı çok önemlidir. Bu sebeple taşkını etkileyen faktörlerin iyi belirlenmesi ve buna göre taşkın hesaplarının doğru yapılması gerekmektedir. Bu nedenle su bilimi olan hidroloji ve bunun bir kolu olan taşkın hidrolojisi çalışmaları da taşkın risklerinin azaltılmasında önem kazanmaktadır.

Eğitim, afetlerle mücadelenin ve afet zararlarını azaltmanın temel unsurudur. Özellikle ülkemizde hazırlık ve zarar azaltma evresinde eğitim ile ilgili faaliyetler denildiğinde, operasyonel unsurlar, özellikle arama kurtarma grupları ile ilgili faaliyetler ve bu grupların sertifikalı hale getirilmesi düşünülmektedir. Bu anlamda yalnız müdahaleye yönelik ekiplerin eğitimi değil, (depemde olduğu gibi) hidrometeorolojik afetler öncesi, sırasında ve sonrasında yapılması gerekenler konusunda da sürekli olarak halkın eğitilmesi gerekir. Ayrıca, ilk ve orta öğretim ders kitaplarındaki hidrometeorolojik afetler ile ilgili bilgilerin bu işin uzmanlarıncaya, doğru ve yeterli bir şekilde verilmesi gerekmektedir (Akman ve diğerleri, 2001).

Son yıllarda yerkürenin bazı bölgelerinde kuraklık yaşanırken, bazı bölgelerinde ise önemli iklim değişikliklerinin yaşandığı, bunların sonucunda da taşkın olaylarının daha sık ve daha etkin biçimde olduğu izlenmektedir. Günümüzde sıkça yaşanan iklimsel değişiklikler de küresel ısınma ile ilişkilendirilebilir ve belli ölçüye kadar taşkınların nedeni olarak gösterilebilir. Ancak afet niteliğindeki taşkınları sadece küresel ısınma ile açıklamak hatalı ve eksik bir yaklaşım

olacaktır. Taşkın esas itibariyle doğal bir olaydır. Bu olayı can ve mal kaybına neden olacak nitelikte afet haline dönüştüren neden ise çoğunlukla insan müdahalesidir.

2.1. Taşkın Çeşitleri

Taşkınlar oluştukları yere göre kıyı taşkınları ve akarsu taşkınları olmak üzere ikiye ayrılırlar. Tezimizde genel anlamda taşkın riskli akarsulardan olan Karacaali Çayının taşkın yineleme debileri irdeleneceği için daha çok akarsu taşkınları üzerinde durulacaktır.

Kıyı taşkınları, kıyı akıntılarının taşıdığı sedimentlerin şekillendirdiği kumsallar ve buna benzer sebeplerle oluşan kıyı alanlarını etkiler ve bu alanlar akarsulardaki taşkın bölgelerine karşılık gelir.

Akarsu taşkınları, toprak, bitki örtüsü ve yağış arasındaki doğal dengenin bitki örtüsü aleyhine bozulmasıyla başlar, şiddetli sağanak yağışlar sonucu oluşan yüzey akımları, dere yatağı akımlarını artırır. Bunun sonucu suyun taşıma gücü, yüzey erozyonu ve yatak erozyonu artar, suyun taşıdığı rusubat miktarı ve dolayısıyla suyun verdiği zarar da artacaktır.

Taşkınların en önemlisi olan akarsu taşkınlarında, akışlar vadinin bir kenarından diğerine uzanan bir taşkın yatağı ile sınırlanmıştır. Büyük sağanaklardan veya ani kar erimelerinden sonra hızla yükselen sular akarsu yatağını çevreleyen düz araziye taşar. Akarsuyun taşıdığı sedimentlerin toplandığı bu araziye Taşkın Bölgesi veya Taşkın Ovası denir.

Taşkınlar büyük debi, yüksek su seviyesi ve büyük hızlar ile karakterize edildiğinden akarsular üzerinde inşa edilen tüm yapılar için taşkın debilerinin bilinmesi ve bunların zararsız hale getirilmesi gerekir. Özellikle baraj, bağlama ve su kuvveti tesislerinde taşkın debilerinin belirlenmesi büyük önem taşır.

2.2. Taşkın Sınıfları

Taşkınları; oluş sebeplerine, meydana geliş zamanlarına ve tekerrür aralıklarına bağlı olarak sınıflandırmak mümkündür.

2.2.1. Oluş Sebeplerine Göre Taşkınlar

Taşkınları, oluş sebeplerine göre sekiz madde altında toplamak mümkündür. Bunlar;

- Yağmur
- Kar Erimesi
- Buz Yığılması
- Buzul Kırılması
- Toprak Kayması

- Baraj Yıkılması
- Deniz Kabarması
- Yapay Etkiler

Taşkın kontrolü amaçlı projelerde genel olarak meteorolojik şartlara bağlı olan, yağmur ve kar erimesi sonucu oluşan taşkınlar esas alınır.

2.2.2. Meydana Geliş Zamanına ve Tekerrür Aralığına Göre Taşkınlar

Yıllık Taşkın

Bir su yılında ortalama bir defa meydana gelen taşkın pik (zirve, tepe) değeridir. Taşkın tekerrür hesaplarında genellikle bu değerler esas alınır.

Yaz Taşkını

Yaz yağmurları veya dağlık bölgelerde kar ve buzul erimesi sonucu meydana gelir. Yaz taşkınları yazın sağanak yağış halinde gelir. Yağmur taşkını olarak da adlandırılan bu taşkınların hacimleri küçük ve arazide kalma süreleri kısadır.

Kış Taşkınları

Bitki örtüsünün mevcut olmadığı kış aylarında meydana gelen akışların üst sınırıdır. Kış taşkınlarının oluşumunda meteorolojik olaylar (yağmur dağılımı, şiddeti, miktarı-Fırtına yönü, şekli, şiddeti, hacmi) ısı, kar erimesi, bölgenin kurak veya sulak oluşu, buz kitleleri vs. etkindir. Kar taşkını olarak da isimlendirilir.

En Büyük Taşkın

Bir akarsu havzasında belirli bir zaman periyodunda meydana gelen taşkınların yukarı sınır değeridir.

Muhtemel En Büyük Taşkın

Bu taşkın büyüklük olarak, düzenli veya nadir meydana gelen taşkınların çok üzerinde olup, bölgedeki mevcut iklim şartlarında fiziksel olanakların yukarı sınırında meydana gelir ve akarsu tarihine geçer. Zararlı etkileri çok büyük olan bu taşkına Afet Taşkını veya Kadastrofik Taşkın adı da verilir.

2.3 Taşkınların Nedenleri

Taşkın esas itibarıyla doğal bir olaydır. Bu olayı, can ve mal kaybına neden olacak nitelikte afet haline dönüştüren neden ise çoğunlukla insan müdahalesidir. Bu nedenle, taşkınların nedenini iki boyutta değerlendirmek gerekir;

2.3.1. Taşkınların Doğal Nedenleri

Günümüzde dünyanın pek çok yöresinde, gerçekten uzun yıllar ortalamasının çok üzerinde yağışlar oluşmuş ve bu yağışların sonucunda da taşkın olayları meydana gelmiştir. Ancak, taşkın olayının bu doğal boyutunu engellemek veya ortadan kaldırmak mümkün değildir. Burada yapılması gereken, taşkın risklerini mühendislik yaklaşımlarıyla ortaya koymak ve her alanda riske dayalı tasarım ve planlamalara yönelmektir. Taşkınların doğal nedenlerini üç madde altında toplamak mümkündür. Bunlar;

- i. Kısa sürede meydana gelen şiddetli yağmur ve dolu ile havzadaki kar erimeleri sonucu doğal veya düzenlenmiş akarsu yataklarının kapasitelerinin üzerinde meydana gelen akış büyüklüğü,
- ii. Yukarı havzadan çeşitli sebeplerle gelen rusubatin dere yatağını daraltması,
- iii. Dere yataklarında tabii olarak büyüyen ağaç ve çalılıarın yatak kapasitesini daraltmasıdır.

2.3.2 Taşkınların İnsan Müdahalesine Dayanan Nedenleri

İnsanın doğa ile uyum içinde olmayan veya doğaya engel niteliğinde olan her türlü faaliyeti, taşkında doğacak zararların boyutunu artırarak taşkıını bir afet haline dönüştürmektedir. Burada söz konusu faaliyetleri kontrol altına alarak, taşkıından doğacak zararları en aza indirmek mümkündür. Taşkınların insan müdahalesine dayanan nedenlerini altı madde altında toplamak mümkündür. Bunlar;

- i. Yerleşim yerleri içinden geçen dere ve çay yataklarında yapılaşma ile kesitin daraltılması,
- ii. Dere yatağına tekniğine aykırı ve izinsiz köprü, menfez v.b. enine yapıların yapılması,
- iii. Dere yatağına tekniğine aykırı kabartma tesisi, bent ve dolgu yapılması,
- iv. Dere yatağına çöp, moloz, sanayi ve evsel atık atılması,
- v. Dere yatağına kanalizasyon şebekesi dökşenmesi,
- vi. Dere yatağının üzerinin kapatılarak konut, otopark, pazar yeri vs. yapmak amacıyla kullanılmasıdır.

2.4. Taşkın Zararları

Taşkın zararı, taşkın suyunun kazandığı kinetik enerji nedeniyle yaptığı fiziksel tahribat ile suyun ve taşıdığı rusubatin yerleşim alanları, tarım alanları, yol, fabrika ve benzeri yerlerde neden olduğu can ve mal kayıplarını tanımlar. Taşkın zararları, yalnız doğa şartlarına bağlanmamalıdır. Akarsu vadilerinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değışmekte, modern tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun şekilde

kullanılmakta, orman ve meralar sorumsuzca yok edilmektedir. Bütün bu uygulamalar sonucu suların normal akışı etkilenmekte ve değişmektedir. Bu durum taşkınların gittikçe daha büyük ve sık görülmesine, can ve mal kayıplarının zamanla daha da ağırlaşmasına, hatta daha önce taşkindan koruma gerekli olmayan yörelerde bile önlem alınması zorunlu hale gelmektedir.

Taşkın Zararları oluşma yöntemine bağlı olarak üç farklı grupta incelenmektedir. Bunlar sırasıyla aşağıda başlık olarak verilmiştir.

2.4.1. Doğrudan Doğruya Oluşan Zararlar

Taşkınların çeşitli kıymetler üzerine yaptığı zararlardır. Bu tür taşkın zararlarını sınıflandırmak gerekirse aşağıda görüldüğü gibi sıralayabiliriz. Bunlar;

- i. **Suyun Kitle Tesiri İle Yaptığı Zararlar:** Suyun şiddeti binaların, sanat yapılarının, ağaçların v.s. nin yıkılması, araç ve gereçlerin sürüklenmesi,
- ii. **Sedimentasyon Zararları:** İrili ufaklı taş ve molozlarla verimli toprak tabakasının örtülmesi, ana yatağın dolup suyun yön değiştirmesi, araç ve gereçlerin askı maddeleri ile bir müddet veya tamamen kullanılmaz hale gelmesi,
- iii. **Erozyon Zararları:** Kıyı oyulmaları, yüzeysel verimli toprak tabakasının sürüklenmesi ve akarsuyun yatak değiştirmesi,
- iv. **Suyun Teması ve Gölgenmesi İle Meydana Gelen Zararlar:** Alçı, un, şeker, vs. gibi maddelerin özelliklerini kaybetmeleri, araç gereçlerin paslanması, bitkilerdeki kök çürüklüğü veya boğulmaları, tarımsal arazilerin gereken zamanda işlenememesi, drenaj bozulması, çoraklaşmanın meydana gelmesinden oluşan zararlardır.

2.4.2. Dolaylı Zararlar

Doğrudan doğruya oluşan zararların doğal sonucu olarak ortaya çıkar. Örneğin tarımsal sahalarda meydana gelen taşkın zararlarının sonuçlarını, tarımsal ürün işleyen fabrikaların üretim gelirlerindeki düşüş de görmemiz dolaylı zararlardır.

2.4.3. Para İle Ölçülemeyen Zararlar

Doğrudan doğruya veya dolaylı zararların doğal sonucu olarak meydana gelen işsizlik, sosyal güvensizlik, can kayıpları, sağlık problemleri, vs. para ile ölçülemeyen zararlardır.

Bir taşkının sebep olduğu doğrudan veya dolaylı zararlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- i. **Ekili Arazideki Zararlar:** Taşkınların tarımsal zararları genellikle hasattan sonra ürün azalması hesaplanarak bulunur.
- ii. **Kırsal Alandaki Zararlar:** Akarsu havzası ve akarsu yatağından erozyon, aşınma,oyulma, arazilerin yok olması, heyelan, moloz ve taş birikmesi sonucu oluşan zararların toplamıdır.

- iii. **Yerleşim Alanlarında ve Meskenlerdeki Zararlar:** Mesken, banka, dükkân, büro, lokanta, otel, motel, tiyatro binalarında ve yerleşim alanlarında su basması, yıkılması, sürüklenme ve katı madde birikmesi şeklinde oluşan zararlardır.
- iv. **Üretim Tesislerindeki Zararlar:** Taşkınların sanayi tesisleri yanında küçük sanayi sitelerinde oluşturduğu zararlardır.
- v. **Su Yapılarındaki Zararlar:** Akarsu üzerindeki yapılarda (baraj, gölet, sedde, su alma yapısı, sifon vb.) taşkın sularının oluşturduğu hasarları gidermek için gerekli onarım ve yeniden yapım masraflarıdır.
- vi. **Ulaşım Tesislerindeki Zararlar:** Köprülerde, karayolu, demiryolu dolgularında, taşıtlar ve taşınan mallarda oluşan zararlardır.
- vii. **Alt Yapı Tesislerindeki Zararlar:** Taşkın sularının su, elektrik, havagazı, telefon, telgraf, kanalizasyon tesislerinde oluşturduğu zararlardır.
- viii. **Taşkın Zararlarını Önleme Çalışmalarının Maliyeti:** Taşkın koruma ve taşkınları önceden haber verme hizmetlerinin maliyeti, çalışanların ücretleri, yardımcı malzeme temini ve bunların taşınması için yapılan harcamalardır.
- ix. **Ekonomik Faaliyetlerin Etkilenmesi Sonucu Oluşan Zararlar:** İş, ticaret, ekonomi, turizm ve genel hizmet faaliyetlerinin aksaması, engellenmesi veya durması sonucu oluşan kayıplardır.
- x. **Taşkınların Toplumsal Zararları:** Can ve mal güvenliğinin tehdit edilmesi, su baskını korkusu, salgın hastalıkların baş göstermesidir.

2.5. Taşkın Zararlarının Hesaplanması

Taşkın etütleri sonucunda toplanan ham doneler, büroda değerlendirmeye alınır. Toplanan bilgilerden yararlanılarak, taşkın zararları hesaplanır.

- i. **Yerleşim Merkezlerindeki Zararlar:** Yapıların cinsi, yapı şekli araştırmalar sırasında saptanmış bulunan bugün ki kıymetleri, yoksa yeniden yapım harcamaları üzerinden değerlendirilir.
- ii. **Yapı ve Tesis Zararları:** Karayolu, demiryolu, köprü, menfez vb. sanat yapılarında oluşan zararlar, bugün ki kıymetleri yada yeniden yapım harcamaları dikkate alınarak hesaplanır.
- iii. **Eşya ve Araçlardaki zararlar:** Taşkın nedeni ile kullanılmaz hale gelen eşya ve araçlardaki zararlar bugün ki satım değerleri üzerinden hesaplanır.
- iv. **Trafiğin Aksamasından Doğan Zararlar:** Taşkın nedeniyle trafiğin aksamasından doğan zararlar, arazide saptanan bilgiler doğrultusunda, değerlendirilerek, hesaplanabildikleri ölçüde zararlara yansıtılır.
- v. **Can Kayıpları:** Can kayıpları, sadece sayı olarak verilmektedir.

- vi. **Hayvan Kayıp ve Zararları:** Ölü veya yaralı hayvan sayıları belirlenerek, birim fiyatları ile çarpılmak suretiyle hayvan kayıp ve zararları belirlenir.
- vii. **Arazi Zararları:** Kıyı oyulması veya yatak değişikliği nedeni ile kullanılmaz hale gelen arazi miktarları ile birim fiyatları üzerinden değerlendirmeler yapılır.
- viii. **Tarımsal Zararlar:** Tarımsal zararlar, taşkın sahasında etütlerle saptanmış bulunan taşkından önceki ve sonraki bitki deseni üzerinden değerlendirilir. Taşkın öncesi ve sonrası için birim saha üzerinden üretim geliri ve gideri hesaplanarak, NET GELİRE/MİLLİ ZİRAAT GELİRİNE ulaşılır. Projenin özellikleri dikkate alınarak, planlamacının tasarımları doğrultusunda, net gelir veya milli ziraat geliri kullanılabilir.

Taşkından etkilenmeyen benzer sahadaki bitki deseninden hareketle, birim sahadaki üretim geliri ve gideri hesaplanarak NET GELİR/ MİLLİ ZİRAAT GELİRİ hesaplanır. Taşkın sahası ile benzer sahanın gelirleri arasındaki fark, taşkın zararını, aynı zamanda da koruma faydasını ifade eder.

2.6. Taşkın Koruma Faydalarının Hesaplanması

Taşkınların oluşturduğu zararlar, kayıp olan değerlerdir. Bu kaybolan değerleri koruma olanağı bulunmadığı için, aynı büyüklük ve olasılıkta olabilecek taşkınların önlenmesi sonucunda, taşkın koruma faydası söz konusu olabilecektir. Başka bir anlatımla, taşkın zararı gerçekleşmiş bir taşkının yaptığı zararları gösterirken, taşkın koruma faydası aynı olasılıkta meydana gelebilecek bir taşkının yapacağı zararın değerini gösterir.

Taşkın koruma faydaları, etütler esnasında derlenen bilgilerden yararlanılarak, taşkın zararlarının hesaplandığı dispozisyon doğrultusunda hesaplanır.

2.7. Taşkın Koruma Yapılarının Ekonomik Analizi

Taşkın koruma projelerinde söz konusu olan tüm taşkınların önlenmesi yerine, yöreye en çok zarar veren taşkın ile, önerilen projelerden en ekonomik olana öncelik verilmektir. Yıllık taşkın zararlarının hesap edilmiş yöntemlerinin özünü, belirli sürelerde meydana gelebilecek yinelenmeli taşkınların yaptığı zararın, bir yıla düşen miktarını hesaplamak oluşturur.

Taşkın koruma faydalarının ölçülmesinde kullanılan sıklık yöntemi, taşkın faydası ile olabilme olasılığı arasında kurulacak bağlantıya dayanır.

Debi Yinelenme Bağlantısı

Bu bağlantı eğer akım gözlem istasyonu varsa, yıllık, günlük en büyük debilerin frekans analizi yapılarak bulunur. Eğer AGİ yoksa, sentetik yöntemlerle hesaplanır.

Taşkın Yinelenme Zarar Bağlantısı

Etüdü yapılan debisi belli taşkınların önlenmesi ile doğacak faydalar hesaplandıktan sonra, milimetrik veya yarı logaritmik kağıt üzerine taşkın yinelenme-zarar grafiğinin çizilmesi gerekir. Bunun için taşkın koruma faydaları ordinatta, yinelenme olasılıkları ise apsiste gösterilerek çizim yapılır ve ara değerler grafikten okunur.

Taşkın koruma faydalarının yıla düşen miktarını hesaplamak amacıyla oluşturulan bu grafiğin özünü, apsiste işaretlenen yinelenme olasılıklarında elde edilen, eğriyi kesecek şekilde oluşturulan doğruların oluşturdukları, üçgen, yamuk alanları hesaplamak oluşturmaktadır.

Değişik yinelenmeli taşkın etütleri ne kadar çok yapılırsa, grafik o kadar sağlıklı olacaktır. Grafik oluşturulurken, emniyetli yatak kapasitesine karşılık gelen yinelenme olasılığının (debinin) yaptığı zarar, sıfır kabul edilir.

Debi-yinelenme ve taşkın-yinelenme zarar bağlantısı kurulduktan sonra, değişik debilerin kontrol alınması ile gerçekleşeceği tahmin edilen yıllık taşkın koruma faydaları hesaplanabilir. Ayrıca, bu debilerin taşkın kontrolü amacıyla yapılacak yatırımların giderleri de hesaplanarak, fayda-gider eğrileri çizilmek sureti ile kontrole alınması gereken en ekonomik taşkın debisi saptanabilir.

Taşkın zararlarını en aza indirebilmek için taşkın öncesi, taşkın sırasında ve taşkın sonrası alınması gereken bazı önlemleri aşağıda maddeler halinde belirtirsek;

A- Taşkın Öncesinde Yapılacak İşler

- Rasat istasyonlarının kurulması
- Uyarı sistemlerinin kurulması
- Rasat ve uyarı istasyonlarında yapılacak işler
- Haberleşme sistemlerinin kurulması ve çalıştırılması
- Bölge taşkın planlarının hazırlanması

B- Taşkın Sırasında Yapılacak İşler

- Taşkın tesisi olsun olmasın yapılacak işler
- Taşkın tesisi bulunan yerlerde DSİ tarafından yapılacak işler
- Bölge taşkın planlarının uygulanması
- Taşkın planında olmayan işlerin koordinasyonu ve uygulaması

C- Taşkın Sonrasında Yapılacak İşler

- Taşkın tesisi olmayan yerlerde taşkın zararlarının saptanması
- Taşkın tesisi olmayan yerlerde yapılacak işlerin belirlenmesi
- Taşkın tesisi olmayan yerlerde geçici ve ivedi önlemlerin alınması

- Taşkın tesisi olan yerlerde zararların saptanması
- Taşkın koruma tesislerindeki zararların saptanması

2.8. Genel Etüt Yöntemleri ve Çalışmaları

Doğada var olan bir düzenin değişik etkenlerle bozulan dengesi sonucu çıkarılmamıza ters düşmesiyle ortaya çıkan sorunların, çıkarılmamız doğrultusuna paralel hale dönüştürülmesi için etkin bir girişimde bulunmadan önce, bilgi edinme, belirli teknik ve ekonomik kalıpların temel ilkelerine uygun değerlendirme, verilecek biçimleri boyutlandırmaya ilişkin uğraşların bütünü etüt dönemi olarak tanımlanmaktadır.

Etüt çalışması sonucunda, projeye ilgili gerekli bilgileri kusursuz ve noksansız bir şekilde toplamak gerekmektedir. Bu nedenle etüt yapan personelin ortaya çıkardığı çalışmanın değerini takdir etmesi, ülkenin doğal kaynaklarını kullanırken isabetli kararlar vermesi, mali imkanları en ekonomik biçimde değerlendirmesi, teknik gücü boş yere harcamamış olması gerekir.

2.8.1. Büro Ön Çalışmaları

Programda yer almış bulunan konuların etüdü amacıyla problem alanına doğrudan gidildiği takdirde yapılacak arazi çalışmaları ve bilgi derlemesinde ya bazı hususlar önemsiz gibi görülecek ya da tekrar gitmeyi gerektirecek noksan derlemeler olduğu sonradan anlaşılacaktır.

Bu durum hem teknik gücün, hem de idare taşıt ve benzeri imkanların zaman ile birlikte israfı demektir. Bu nedenle problem alanına gitmeden önce büroda bazı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

1. Taşkın zararının söz konusu olduğu yer, yerleşme yeri tarım arazisi yada ikisi birlikte bile olsa önce il-ilçe-köy, kasaba adından yararlanılarak problemin yeri 1/25 000 ölçekli haritalarda aranır. Böylece harita indeksi belirlenir.
2. Taşkın zararı yapan akarsuyun, yağış toplama alanı sınırı taşkın durumunun yerleşme yeri ya da tarım arazisi olduğuna göre olabilecek düzenlemenin yaklaşık mansap kesimi dikkate alınarak 1/25 000 ölçekli haritada çizilir. Eğer birden fazla paftada ve bir paftadan büyük bir alan çıkıyorsa ölçek değiştirilerek 1/100 000 ölçekli paftalar da kullanılabilir.
3. Yağış toplama alanı sınırları içinde kalan kesimin yüzölçümü km^2 olarak planimetre ile ölçülerek belirlenir. Akarsuyun üzerinde gözlemlerinden proje hidrojisinde yararlanılabilecek akım gözlem istasyonu (AGİ) olup olmadığı araştırılır. Eğer AGİ yok ise proje hidrojisi ampirik formüllere dayandırılacağından DSİ yada DMI'nin yağış ve sıcaklık ölçümleri yapılan gözlem istasyonlarından en yakın ve problem alanını karakterize edebilecek olanları araştırılır.

4. 1/25 000 ölçekli harita üzerinde yağış toplama alanı sınırları içinde kalan kesim incelenir. Bu arada haritanın dayandığı hava fotoğrafı alım yılına dikkat edilerek özellikle orman alanlarının uzun bir süre içinde aynı sınırdan kalmadığı ve niteliklerini olumsuz yönde yitirdiği göz önüne alınarak arazi kullanma durumu kabaca saptanır ve % miktarları hesaplanır. Toprak yapısının karstik durumu olup olmadığı, geçirimsiz yüzeylerinde miktarları belirlenir. Böylece formüllerde yer alacak (C) katsayısı, eğri numarası için uygun bir değer kabul olunur.
5. Ampirik yöntemlerle akımların yağış yükseklikleri değerlerinden hesaplanmaları gerekiyorsa, mevcut gözlem değerlerindeki düzeltmelerde yapıldıktan sonra uygun bir metodla taşkın debisi hesaplanır. (Rasyonel Metod, Sentetik Birim Hidrograf Metodu, DSİ Sentetik Metodu, Mockus Metodu veya Snyder Metodu)
6. Gözlem değerlerinden yararlanılan DSİ ya da DMİ istasyonunun özellikle eldeki gözlem değerleri incelenerek yağışların yıl içindeki dağılımlarından, ilk ve son don olaylarının tarihlerinden taşkınların genellikle oluşacağı mevsim ve aylar hakkında tahminde bulunulur.
7. İletişim imkânları göz önüne alınarak uygun bir süre önceden yerleşme yerlerinde Muhtar, Belediye Başkanlığı gibi ilgililere etüdün amacı ve tarihi bildirilerek olaya ilişkin bilgi derlemeye yardımcı olmaları, başvuruda bulunan kişinin adres ve hüviyeti de belirtilerek hazır bulundurulmasının sağlanması istenir.
8. Taşkın zararı tarım arazilerinde ise ilgili kuruluşlardan proje ekonomisinde belirtilecek gelir gider hesaplamaları için tarımsal üretimin girdileri ile pazarlamada taban fiyatlar hakkında bilgi istenir. Arazi alım-satım değerleri araştırılır.
9. Türkiye Jeoloji Haritasında problem alanının genel jeolojisi, tektonik ve deprem durumu kabaca belirlenir.

2.8.2.Arazi Çalışmaları

Problem konusuyla ilgili olarak arazi çalışmalarında bilgi toplamaya yardımcı sayılan ve önceden bulunmaları duyurulan kişiler araştırıldıktan sonra sınırları büroda belirlenen yağış toplama alanı, akarsu doğal yatağı ve taşkın zararının olduğu bildirilen yerlerde bilgi derlemeye geçilir. Bunların bir bölümü büro ön çalışmasında harita üzerinden yapılmış tahmini kabullerin gerçek durumunu ortaya çıkarmaya, bir bölümü de sonraki büro değerlendirme döneminde kullanılacaktır.

Arazide bilgi derleme sırasında projenin çözüm şekli ve diğer seçenekler ile ekonomik olma ya da olmama hali sonradan belirleneceği de dikkate alınarak aşağıda belirtilen hususlara önem verilmelidir.

1. Yağış toplama alanının büroda arazi kullanma durumuna ilişkin yapılan ön çalışmanın isabetini sağlamak ve gerçek durumu belirleyebilmek için uygun yükseltilere çıkılarak proje hesaplamalarını etkileyecek değişiklikler, kullanılan 1/25000 ölçekli paftaya işaretlenir.
2. Jeoloji haritasındaki genel durum, araştırılarak yüzeysel jeoloji için bilgi aranır. Yamaç göçmeleri, toprak kaymalarının varlığı aranır. Varsa etkin olup olmadığı saptanır, yüzeysel erozyonun durumu araştırılır.
3. Yağış toplama alanı içinde sürekli kullanılan yerleşim birimleri ile yazlık kullanılan yaylalar varsa bunlara ilişkin istatistik bilgiler arasında hayvan varlığının sayısı, tarım arazilerinin nüfusa yeterlik durumu gibi özellikler gözden kaçırılmamalıdır. Otlatmada kullanılan arazinin mera niteliği ve yeterliği üzerinde durulmalıdır.
4. Doğal yatak problemin olduğu noktanın memba tarafında gidilebildiği uzaklığa kadar gidilip inceleme yapılmalıdır. Bu sırada kıyı oyulmaları, yatakta taşınan ve sürüklenen malzeme hareketleri, taban oyulmaları, malzeme depolanmaları, yatakta yön değiştirmeler ve doğal eğim klizimetre ile saptanır.
5. Yukarı havzadan taşkın koruma önlemlerinin alınacağı kesime taşınan ve sürüklenen malzemenin ortalama yıllık m^3/km^2 ölçü birimi ile tanımlanacak yaklaşık miktarı tahmin edilir. Bu tahmin sırasında aşağıdaki hususlar dikkate alınır.
 - a. Doğal yatağın % 2'den az ve çok eğimli kesimleri incelenir. % 2'den büyük eğimlerde yatakta görülen malzemenin çapı çakıldan genellikle daha büyüktür. Kaya bloklarına da rastlanabilir. Bu bloklar kıyı oyulması, yamaç göçmesi, toprak kayması yada tektonik hareket ve ısı farklarından oluşan erozyon sonucu olabilir.
 - b. Eğimin % 2'den az ya da eşit olduğu kesimlerde ise büyük bloklara nadir rastlanır. Buradaki malzeme genellikle kum ve çakıl boyutlarındaki dane çapındadır. İnce sayılacak bu tip malzemenin meydana gelme nedeni, boyutsuz taşkın hidrografının çan eğrisinin tepeden dönüşünden sonra sürüklenme gücünün giderek azaldığı zamana rastlayan akımlarda hareket etmeyen malzeme oluşudur. Taşkın sırasında tabanda oyulmalar olsa bile pikin geçişinden sonraki dönemde oyulmalar bu malzemenin yığılması sonucu kendiliğinden kapanır. Yatağın bu eğimi, düzenlemenin proje eğimi olarak alındığı takdirde bu malzemenin yeni düzenlenecek yatak için problem olmayacağıdır. Eğer eğim düşürülürse bu malzeme yatakta depolanacak ve periyodik temizlik sorunu yaratacaktır. Problem alanında düşük eğimler mansap şartları gereği kaçınılmaz ise o takdirde proje debisi üzerinde enine kesitte bırakılan hava payının yatak tabanındaki hangi yüksekliğine eşdeğer olacağı hesaplanmalı yıllık sürüntü malzemesi verimi ile bu durum karşılaştırılarak yıllık temizlik hacmi belirlenmelidir.
 - c. Yukarı havzadan geleceği beklenen askı ve sürüntü malzemesinin yanı sıra şevlerde bozulmamış profillerinde dikkate alınarak toprak yapı ve bünyesi saptanmalıdır. Kesit

ıslak çevresinde taşkın sırasında belirli bir su yükü altında su ile temas sonucu gevşemelerin oluşması doğaldır. Bunun yanı sıra sürüklenme gücünün etkisiyle şevlerde genellikle topuktan başlayan oyulmalar beklenecektir. Bu oyulmalar nedeniyle proje kesitinin sürekli bozulmadan kalması imkânsızdır. Zemin cinsine göre şev eğimleri aşağıda görülmektedir.

<u>Zemin Cinsi</u>	<u>Şev Eğimi</u>
Kaya	: 0 - 1/5
Gevşek kaya	: 0.5/1
Sert kil	: 1/1 - 1.5/1
Kil, kum ve çakıllı zemin	: 1.5/1 - 2/1
Kumlu zemin	: 2.5/1 - 3/1
Çok kumlu zemin	: 3/1
Kumlu silt	: 2/1
Beton kaplama	: 1/1 - 1/1.5

- Taşkın genel tanımlamasında belirli bir debinin doğal yatağın herhangi bir kesitine sığmaması olduğu hatırlanırsa, taşkın problem olduğu yerin başlangıcı sözünü ettiğimiz bu kesittir. Başvuru sahibi, Muhtar, Belediye ilgilileri gibi konuyla ilişkisi bulunanların önderliğinde taşkın memba kesitinin yeri belirlenir ve bu noktada doğal kesit eldeki imkânlarla geometrik bir biçimlemeye uydurularak alanı ve ıslak çevresi hesaplanır. Manning formülündeki (n) sürtünme katsayısı için yardımcı diğer görünür özellikler gözlenerek bir değer seçilir. Yerinde belirlenen bu verilere dayanarak eğim de klizimetre ile ölçülememiş ise tahmin edilerek taşkın debisi yaklaşık hesaplanır. Önceden büroda hesaplanmış değişik yinelenmeli debilere ilişkin değerler ile karşılaştırılır. Böylece taşkın debisinin kaç yıllık yinelenmeli debiye yakınlığından doğal yatak kapasitesi için durum değerlendirmesi yapılır. Bunun büyük önemi vardır.
- Taşkıdan koruma önlemlerinde belirli ölçüler içinde kalınmadığı takdirde yani büyük yinelenmeli debiler esas alındığında, önerilen tesislerin boyutlarındaki artış nedeniyle projeler ekonomik olmayacaktır. Aşağıda proje debilerinin alt ve üst sınırları görülmektedir.

Proje Debileri

<u>Koruma konusu</u>	<u>Kesit debisi(m³/s)</u>	<u>Hava payında kontrol edilen debi(m³/s)</u>
Tarım alanları:	Q ₁₀	Q ₅₀
Yerleşim Yerleri :		
a) Köy-kasaba	Q ₁₀₀	Q ₅₀₀
b) Şehir	Q ₁₀₀	Q ₁₀₀₀

Yukarıdaki değerlerden kesit debisi ile doğal yatak kapasiteleri yaklaşık eşdeğer de ise alınacak önlem konusu hava payında kontrol edilecek debiye göre projelendirileceğine dikkat edilmelidir. Ayrıca örneğin Q_{50} debisine eşit ya da az farklı bir taşkın debisi hesaplanmış ise tarım arazisinin taşkından korunması için bir önlem önerilmemelidir.

Yerleşme birimlerindeki taşkınlarda debi Q_{100} debisine eşit ya da az farklı bir değerde ise hava payında Q_{500} - Q_{1000} debileri kontrol edileceğinden bu debilerin taşkın sınırları belirlenmelidir.

8. Yerel ilgililerden taşkınını sadece yukarı havzadaki yağışa bağlı olup olmadığı soruşturulur. Taşkından önceki birkaç günün meteorolojik gözlem değerlerinin durumu araştırılır. Etkili yağışın süresi, zeminin doymuşluk hali gibi etkenler, çevre yükseltilerde kar bulunması, karın erime hızı ve miktarı hakkında bilgi edinilmeye çalışılır. Bu arada yağışın şekli de önemli olup kısa sağanaklar, dolu yağışı gibi suların toplanma süresine etki eden nedenler belirlenir.
9. Taşkın sırasında yada çok kısa bir süre sonra problem alanına ulaşamamışsa taşkın sınırı çevredeki evler, ahır, samanlık, depo, ambar ve benzeri yapıların duvarlarındaki, bahçe, avlu, tarlaların kenar parmaklık, çitlerindeki çamur izlerinden yatağa yakın ağaçların gövde dallarındaki, şevlerde bulunan çalı ve benzeri taşkın sırasındaki yerini saklı tutmuş röperlerdeki geçen suyun üst düzeyini işaretleyen çalı-çırpı, ot, saman, çöp atık malzemelerin bulunduğu yerler dikkatle izlenmelidir. Sağ ve sol sahildeki bu saptamalar karşı sahile bir klizimetre ile taşınarak eş yükselteli izlerin ulaştığı yerlerden gerçek taşkın sınırlarının belirlenmesine çalışılır. Sonra bunlar 1/25000 ölçekli harita üzerine işaretlenir. Proje debilerinin de bu sınırlara göre erişebileceği genişleme sınırlarının saptanmasına geçilir.
10. Oldukça geniş ve proje debileri için yeterli kapasitesi olup kıyı oyulmalarına neden olan yatakların durumu da ilginçtir. Taşkınını pik değere ulaşmasından önceki küçük debiler için yatakta düz bir doğrultuda akımın gerçekleşmediği hallerde debilerin değeri pike yaklaştıkça talvegte bir yandan Menderesler oluşurken bunlara bağlı türbülanslar nedeniyle kavis dış kenarlarında kıyı oyulmaları olmaktadır. Doğal yatakta böylesi hareketlere neden olan, başka bir deyişle saptırıcı mahmuzlar gibi etkinlik gösteren yığılmış malzemelerin olup olmadığı araştırılmalıdır.
11. Yerleşme birimleri içinden geçen akarsu doğal yataklarında sürekli akım bulunmadığı hallerde yatağın yol olarak kullanılıp kullanılmadığı belirlenmelidir.
12. Özel mülkiyete ait ancak bilinçsiz girişimlerle, örneğin ağaçlandırma, harçlı-harçsız kagir yapılarda akım rejimini olumsuz etkileyen girişimler varsa bunların niteliği, miktarı, yerleri bir vaziyet planına işaretlenmelidir.

13. Dere boğazının memba tarafında sel kapanı gibi taşkın pikini kırıcı, ya da sürüklenen malzemenin depolanacağı, bent yerleri için topografya imkanları araştırılır.
14. Proje uygulaması sırasında kullanılacak doğal yapı gereçleri, demir, çimento ve kereste gibi malzemenin sağlanabileceği yerler, uzaklıkları, yol durumları da belirlenir.
15. Doğal yatak şevlerinde yada yakınında akım rejimini olumsuz etkileyen sıra ağaçların varlığı da dikkate alınmalıdır.

Taşkınları önleme maksatlı proje çalışmalarında, etüt aşamasından işletme aşamasına kadar değişik meslek grupları karşılıklı iletişim ve işbirliği içerisinde görev yapmaktadırlar.

Taşkın koruma ve önleme maksatlı tesislerin ve yapıların projelendirme, boyutlandırma çalışmalarında taşkın yineleme debilerinin, akarsuyun akış rejiminin, proje sahasında bulunan doğal yapı gereçlerinin ve jeolojik yapının doğru bir şekilde bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu ise etüt çalışmaları esnasında ana veri grupları (rasat, hidroloji, jeoteknik, tarımsal ekonomi, taşkın etütleri, yukarı havza etütleri, kamulaştırma, planlama v.b) arasında yakın bir işbirliğini gerekli kılmaktadır.

Taşkın koruma projelerinde etüt aşamasında oluşturulan proje formülasyonları ve önerilen tesisler diğer ileri kademe proje çalışmalarına mesnet teşkil etmektedir. İnşa aşamasında bazen belirsizlikler ve problemler meydana gelmekte, bunun sonucunda ise ilave keşif artışları, öngörülmeleyen masraflar oluşmakta, tesisler öngörülen sürede tamamlanamamaktadır. Bu durumun esas nedeni yetersiz doneler ve ihtiyaçları karşılamayan etüt çalışmalarında aranmalıdır. Benzer şekilde işletme halinde olan bazı taşkın koruma tesisleri ise yetersiz projelendirme sonucunda yıkılarak veya hasar görerek işlevlerini göremez hale gelmektedir. Bu nedenle ihtiyaçlara cevap verecek, akarsuyun rejimi ve jeolojisine uygun kabuller yapılarak teknik ve ekonomik bakımdan uygun projelerin yapılması sık sık taşkınların yaşandığı ülkemizde önem kazanmaktadır.

2.9. Yapısal Önlemler

2.9.1. Yukarı Havza Tedbirleri

Yukarı Havza; taşkın sorunu nedeniyle etüt konusu edilen bir akarsu doğal yatağından geçen akımların toplandığı ve mansap kısmına iletiildiği yağış toplama alanıdır.

Yukarı Havza önlemlerinin amacı bozulan doğal dengenin eski durumuna getirilmesine yöneliktir. Fakat bu çabalar harcanan emek ve maddi külfetine karşılık beklendiği ölçüde olumlu sonuçlanmaz. Ancak mevcut durumun bir ölçüde daha kötüye gidiş hızı engellenerek yeni bir doğal denge oluşturulur.

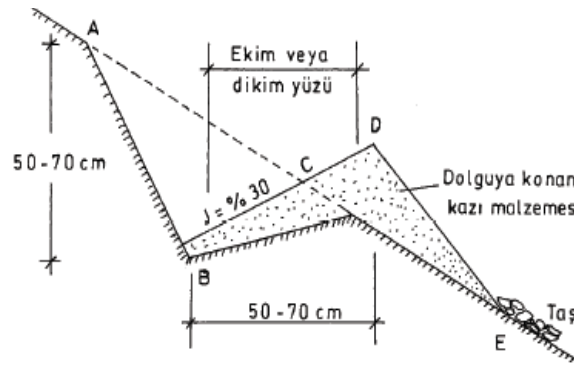
Kültürel Önlemler

- Çayırılama - Otlatma Yöntemleri
- Ağaçlandırma – Çalılendirma
- Toprak İşleme

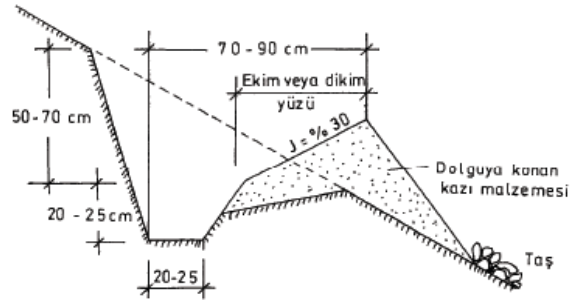
İnşaat Önlemleri

1. Gradoniler (Ters Eğimli Teraslar)

Yüzeyden akışa geçen suları eğime dik ya da tesviye eğrilerine paralel olarak düzenleyen toprak yapılarıdır. Hendeksiz ve hendekli tipleri ile bunların yan vadideki derelere akıtması ve akıtmalı şekilleri vardır. Kazıdan çıkan toprağa sıralı ağaç dikilebilir.



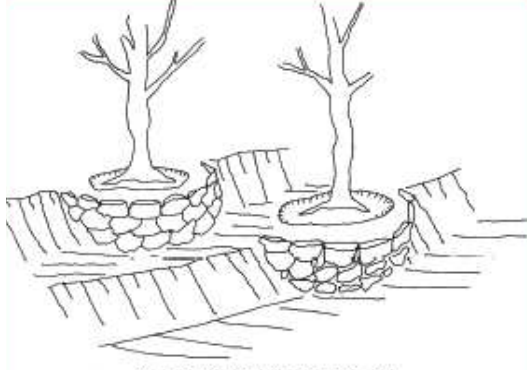
Şekil 2.6 Hendeksiz tip gradoni



Şekil 2.7 Hendekli tip gradoni

2. Teraslamalar

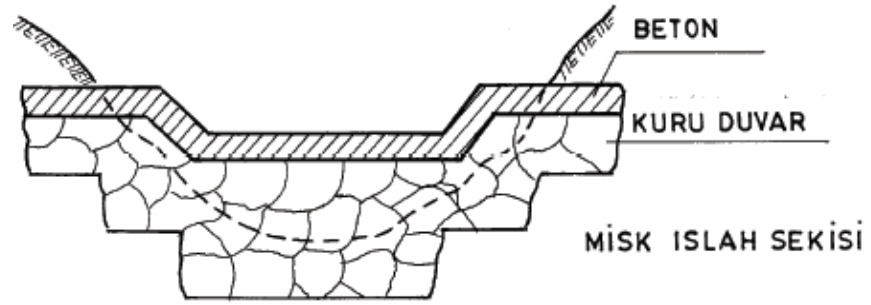
Arazinin tarımsal çalışmalardaki kullanılış durumuna bağlı olarak teşkil edilirler. Meyvelik ve zeytin gibi tek ağaçlar için düşünülüyor ise ay şeklinde, sebze, tütün, muz gibi sıralı bitkiler için ise sürekli tipler oluşturulur. Bunlar da toprağın kendi kendini tutma kabiliyetine göre kuru duvarlı veya harçlı kargir şeklinde yapılır.



Şekil 2.8 Ay teraslar (Zeytin, meyve. vb.)

3. İslah Sekileri

Erozyon sonucu taşınabilecek malzemenin doğal akarsu yatağı içinde tutunmasını, kıyı oyulması ya da yamaç kütlelerinin hareketini önleyecek taban destekleri oluşturan yapılardır. Yapıda kullanılan malzeme cinsleri değişik olabilir.

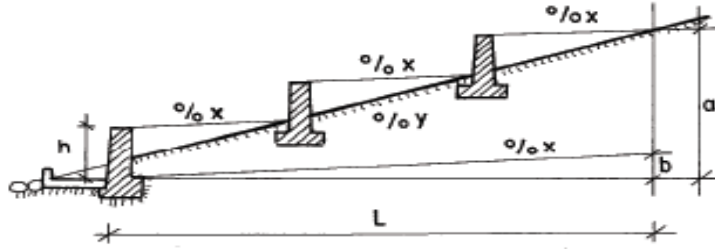


Şekil 2.9 Misk İslah sekisi



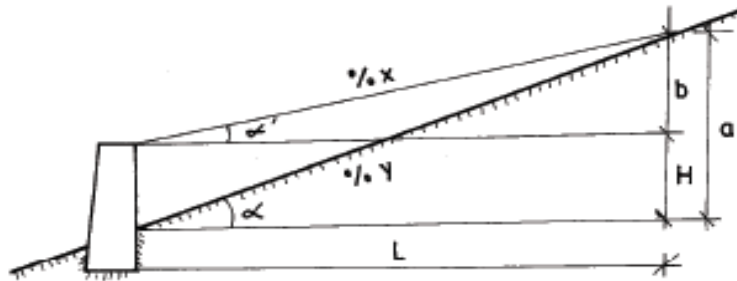
Şekil 2.10 Harçlı kargir İslah sekisi

Bir akarsu yatağında ıslah sekileri vasıtasıyla düzenleme yapıldığında en önemli husus anahtar yapı olarak kabul edilen en mansaptaki sekinin önünde yapı küçükse sağlam zemine oturan bir kontur seki ya da enerji kırıcı havuz yapılmasıdır. Aksi takdirde oyulmalar tüm sekilerin kısa sürede yıkılmasına sebep olur.



Derenin şimdiki eğimi	$\%x$	$a = \frac{y \cdot L}{100}$ mt.
Denge eğimi (Malzemenin depolanma eğimi)	$\%x$	$b = \frac{x \cdot L}{100}$ mt.
Seki yüksekliği		$h = mt$
Islah boyu yatay uzaklığı		$L = mt.$
Seki adedi		$S = \frac{a-b}{h} = \frac{L(y-x)h}{100}$

Şekil 2.11 Belirli seki yüksekliği tahmin edilen denge eğiminde bilinen uzaklıkta ıslah sekisi



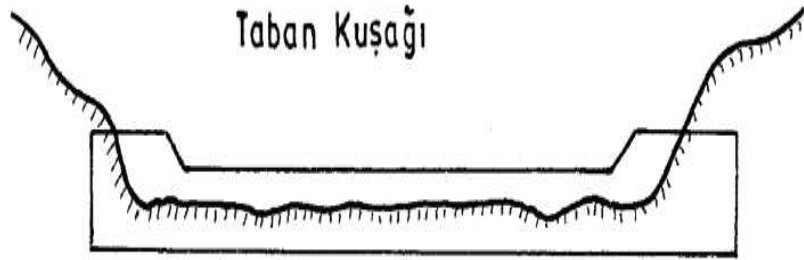
Yatak eğimi	$tg\alpha = \frac{a}{L}$	$a = \frac{Y \cdot L}{100}$
Malzeme denge eğimi	$tg\alpha = \frac{b}{L}$	$b = \frac{x \cdot L}{100}$
Seki yüksekliği	$H = a - b$	$H = \frac{(y-x) L}{100}$
Malzeme birikme uz.	$L = \frac{100 H}{(y-x)}$	

Şekil 2.12 Seki arkasında malzeme birikme uzaklığı

4. Taban Kuşakları

Geniş tabanlı doğal yataklar içinde önceki yıllarda birikmiş rusubatin oyularak mansaba taşınmasını önlemek ve bu rusubati yerinde tutmak amacıyla inşa edildikleri gibi, makineli kazı ile yamuk kesit verilerek düzenlenmiş mecralarda şevlerin ve tabanın oyulmasını önlemek için sağlanması planlanan sürüklenme kuvvetinin değerine bağlı olarak inşa edilen enine yapılardır.

Taban kuşakları oyulmaları önledikleri gibi yatakta düzgün bir akımda sağlarlar. Fazla yüksek yapılmayan ve ıslah sekileri gibi projelendirilen bu enine yapılar kagir veya beton olarak inşa edilirler.



Şekil 2.13 Taban Kuşağı

5. Britler

Akarsu ve akarsuların taşkın yatakları, hem enine hem de boyuna kesitte zaman içerisinde uzun bir süreçte doğal dengesini kurmuşlardır. Bu doğal denge taşkınlar veya akarsu kesitinden geçen akımların zaman içerisindeki değişimi veya akarsu yatağına ve drenaj alanına yapılan müdahaleler sonucunda değişebilmektedir. Akarsu yataklarında görülen bu değişim ya akarsu boyunca kıyı oyulması veya tabanında talveg kotu altında oyulma bazen de dengesiz bir şekilde tabanda rusubat birikimi şeklinde görülebilmektedir. Her ne şekilde veya her ne sebeple olsun meydana gelen bu değişiklikler akarsuların akış dengesini bozarak özellikle meydana gelen taşkınlar esnasında can ve mal kayıplarının artmasına neden olmaktadır. Akarsuyun doğal dengesinin bozulması sonucunda taşkın koruma tesisleri, köprüler, boru hatları ve demiryolları gibi yapılar etkilenmektedir.

Taban ve kıyı oyulmasının fazla olduğu akarsu yataklarında birbirlerini kontrol eden kontur britler projelendirilerek taban ve kıyı oyulmaları önlenmektedir.

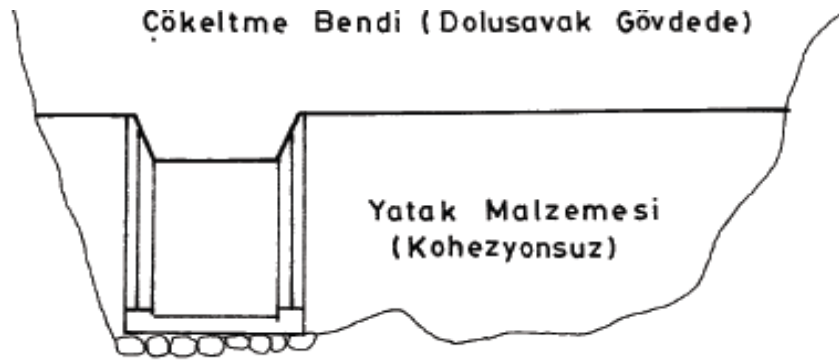
Proje veya etüt sahasında yeterli miktarda ve özellikle kaya malzeme olması halinde kaya malzeme ile brit oluşturularak akarsuyun talveg altında tabanında oluşan oyulmalar ve değişimler kontrol edilir. Özellikle alüvyonun etkili olduğu yataklarda tavsiye edilmektedir.

Beton ve taş malzemenin beraber kullanılarak projelendirildiği britlerde membada betondan oluşturulan gövdenin mansap kısmı oyulmalara karşı taş rırap ile emniyete alınmaktadır. Beton yapı ve taş rırapın boyutları debi ve alüvyonun özelliklerine göre belirlenmektedir. Belirli bir boyuna kesit boyunca bu britler birbirlerini kontrol edecek şekilde belirli aralıklarla belirli sayıda projelendirilmelidir.

6. Tersip Bentleri

Rusbat depolama yapılarıdır. Yatakta depolanmış uygun malzemenin kullanılmasıyla yapılabilirler. Burada önemli olan yapının üzerinden su aşmaması için yapılan dolusavaşın iyi yerleştirilmesidir.

Bu yapılar harçlı kargir olarak da yapılabilir. Bu takdirde ıslah sekilerine benzer şekilde tertiplenir.



Şekil 2.14 Tersip Bendi

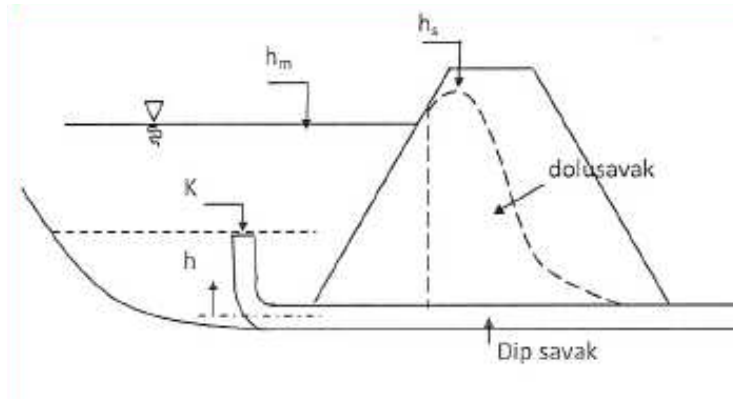
7. Sel Kapanları

Sel Kapanı, yüksekliği 15 m den, depolama hacmi 5 milyon m³ den az olan taşkın sularını depolayarak yüksek akışları hafifleten ve mansaba planlanan miktarda su bırakmak suretiyle belirli zamanda oluşan taşkın akımını daha uzun bir süreye yayarak taşkını ayarlayan küçük bir barajdır.

Sel kapanlarının sulama, içme ve kullanma suyunu sağlama bakımından sel kapanı-gölet bileşimi olarak iki amaca hizmet edecek şekilde planlanıp yapılması su kaynaklarının değerlendirilmesi yönünden arzulanan bir uygulamadır. Sel kapanları teknik yönden baraj yapısından farklı değildir. Ancak gövde yüksekliği ve hacmi ile su depolama hacimleri barajlardan çok daha küçüktür. Bu nedenle harita, hidrolojik ve zemin etütleri baraj kadar zaman alıcı ve ayrıntılı değildir.

Sel Kapanı yeri seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Taşkın zararlarının önlenmesi için, göz önüne alınan taşkın dalgasının önemli bir kısmını toplayabilecek depolama hacmine sahip olması.
- Ekonomi nedeniyle kapan gövdesinin oturacağı yerin dar bir boğazda seçilmesi.
- İnşaatta kullanılacak malzemenin kapan yapılacak yere yakın olması.
- Kapan arkasındaki rezervuarın mümkün olduğu kadar az istimlak gerektirmesi.
- Dolusavak için uygun bir yerin bulunması.
- Aynı zamanda sulama suyu temininde kullanılacak kapanlarda geçirimsiz malzeme kullanılması şarttır.
- Kapan yapılacak yerde temel zemininin sağlam olması veya kapan çekirdeğinin sağlam zemine kadar indirilmesi gerekir.
- Kapan yerinde daimi su varsa derivasyonun sağlanması da düşünülmelidir. Kapanlar kullanım şekillerine göre Kapan-Gölet, Çevirme Kapanı ve Sel Kapanı olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Her üç halde de kapanlar tersip bendi görevi de gördüklerinden Tersip Bendi-Kapanı ismi de verilebilir.



Şekil 2.15 Sel kapanı ve haznesi

8. Taşkın Maksatlı Barajlar

Yalnız taşkın amacıyla ya da çok maksatlı barajlarda taşkın hacminin boş bırakılarak, taşkın piki geçinceye kadar suların depolanıp daha sonra yatağa emniyetli bir şekilde gönderilmesi için yapılırlar. İşletme sırasında bu hacim devamlı boş bulundurulur.

2.9.2. Mansap Tedbirleri

Taşkın koruma tedbirlerinin akarsuyun drenaj alanı içindeki yukarı havzaya ilişkin olanları derenin ovaya açıldığı nokta olan boğaz kesiminde son bulur. Bundan sonra başlayan koruma önlemleri mansap tedbirleridir.

Mansapta alınacak tedbirlerin amaçları sürüklenen malzeme akımını durdurmak, yetersiz doğal yatak dışına çıkararak zarara sebep olan akımları belirli frekanslara göre düzenlemek suretiyle zararsız hale getirmek, kıyıların oyulması sonucu toprak kayıplarını önlemek, yapıların ve diğer altyapı tesislerinin zarar görmesini engellemektir.

Sürüklenen Malzeme Akımını Durdurucu Yapılar

Yukarı havzada taşınan ve sürüklenen malzeme akımının uzun yıllar sürüp gelmesi sonucu, bu malzemenin doğal denge eğimi ve sürüklenme gücü gibi etkenlerle depolanması dere boğazı çıkışından başlar. Rüşup konisi ya da birikinti konisi dediğimiz oluşum bu tür bir hareket sonucu ortaya çıkar. Mansap yönünde ve yayılarak ilerlemek eğilimindedir.

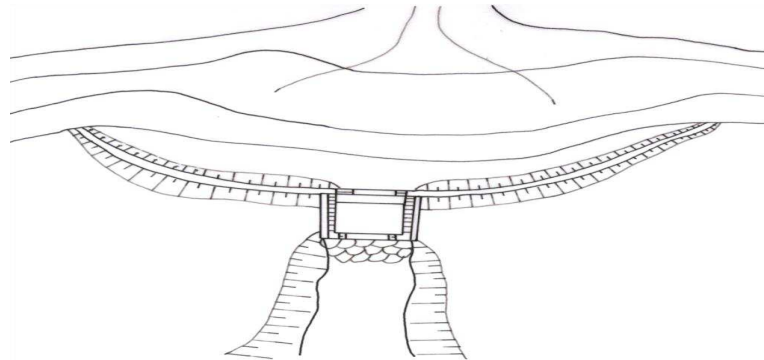
Böylesi bir durumda sürüklenen malzeme akımının durdurulması için alınacak önlemler öncelikle birikinti konisinin ilerlemesini engelleyici olmalıdır.

Onun için birikinti konisi altında kalarak tarımda kullanılmaktan çıkan arazinin yeniden tarıma açılması, üzerinde depolanmış malzemenin bir başka yere taşınmadıkça mümkün olmadığından, artık kullanma dışı kalmış bu arazi sürüp gelen malzeme akımı için tuzaklamaya tahsis edilmelidir.

Malzemenin tuzaklanmasını sağlamak için doğal yatağın belirgin bulunduğu kesimde enerji kırıcı yapısı ile bir düşü yapılır. Onun savak kanatlarından başlayan sağ ve sol sahilde proje debisinin savak yükü dikkate alınarak belirlenecek yükseltilerde oluşturulacak seddeler yakın yamaçlarda sıfırlandığı yerlere kadar uzatılır.

Düşünün mansabında doğal yatak malzeme taşımayan, enerjisi kırılmış suyun proje debisi kabul edilen miktarda bir akımın geçişine yeterli ise gözlem altında bulundurularak herhangi bir önlem alınması düşünülmez, yada öneriler ertelenir.

Aksi halde doğal yatak eğimi, proje eğimi olarak alınıp kesit yetersizliğinin giderilmesi sağlanır.



Şekil 2.16 Birikinti konisinde rusubatin tuzaklanması

Yetersiz Doğal Yatak Kapasitelerini Düzenleyici Tedbirler

Mansapta doğal yatak kapasitesinin önceden kabul ve belirlenen proje debilerini geçirmedeği hallerde yatağı proje debisi için yeterli kesit sağlanmasına ilişkin önlemlerdir. Bu tür önlemlerin projelendirilmesinde bazı hususlara uymak zorunluluğu vardır.

Proje Debisi Seçimi

Taşkın zararı tarım alanlarında oluşması halinde Q_{10} debisi esas alınarak yatak kesitine şekil verilecek ve Q_{50} debisi hava payında kontrol edilmiş olacaktır. Eğer taşkın zararları yerleşim yerlerinde, üretim merkezlerinde, ulaşım tesislerinde oluşuyorsa alınacak önlemlerde Q_{100} debisine göre yatak kesiti şekillendirilecek ve Q_{500} debisi hava payında kontrol edilecektir. Büyük şehirler, yoğun nüfus birikimlerinde, stratejik üretim ve ulaşım tesislerinde Q_{1000} debisinin kontrol edilebilmesinde istenir.

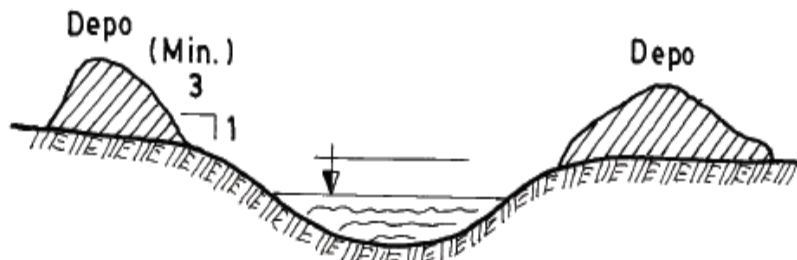
Kesit Şekli Seçimi

Tarım alanlarında taşkın yapan dere yataklarının düzenlenmesinde genellikle makineli çalışmalar yer aldığından iki biçimde kesit şekillendirmesi düşünülür.

Genellikle kohezyonsuz malzemenin yatakta depolanmış olduğu durumlarda, taşkın ilk saatlerinde geçecek küçük debilerin talveg boyunca düzenlenmiş yatakta verilmiş doğrultu yönünde akışını sağlamak ve giderek artacak debi ile yükselecek su yükü nedeniyle şev eteklerinden sürüklenmeler olsa bile büyük ölçüde oyulmaların ortaya çıkmayacağı hallerde Parabolik Kesit uygulanır.

i. Parabolik Kesit

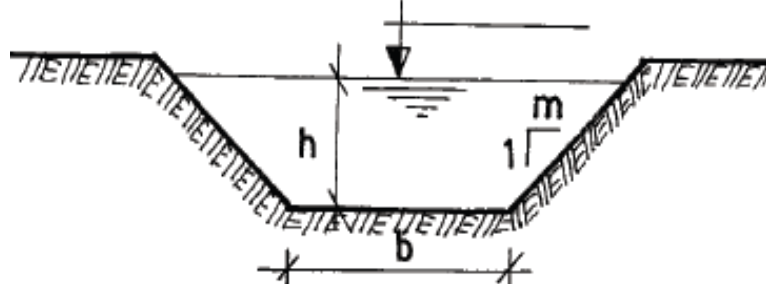
Genellikle kohezyonsuz malzemenin yatakta depolanmış olduğu durumlarda, taşkın ilk saatlerinde geçecek küçük debilerin talveg boyunca düzenlenmiş yatakta verilmiş doğrultu yönünde akışını sağlamak ve giderek artacak debi ile yükselecek su yükü nedeniyle şev eteklerinden sürüklenmeler olsa bile büyük ölçüde oyulmaların ortaya çıkmayacağı hallerde Parabolik Kesit uygulanır. Şekil 2.17'de görüldüğü gibi şevlerin yatık olmasına da özen gösterilir ve şev eğimleri 1/3 den az tutulmaz.



Şekil 2.17 Parabolik kesit

ii. Yamuk (Trapez) Kesit

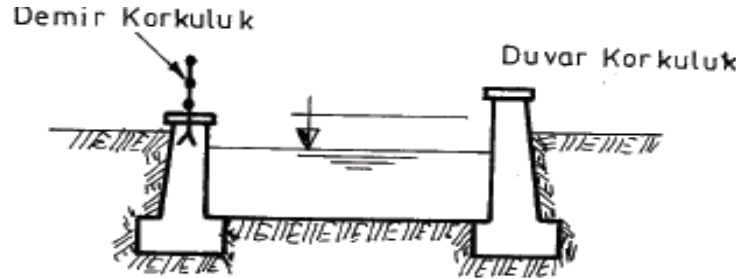
Yine makineli kazılarla düzenlenecek yataklarda yamuk kesit en çok uygulanan şekildir. Bu nedenle yamuk kesitlerde iki hususa dikkat etmek gerekir. Bunlar kesit taban genişliği = b ve şev eğimi = m 'dir. (b) genellikle dozerlerin bıçak genişliğinden az alınmaz, (m) ise zeminin yapısına bağlıdır. Ağır ve kohezyonlu zeminlerde 1'den gevşek ve kohezyonsuz zeminlerde 3'e kadar değişen değerler arasında seçilir.



Şekil 2.18 Trapez kesit

iii. Dikdörtgen Kesit

Kesit başlangıçta yamuk biçiminde makineli çalışmayla açıldıktan sonra temel kazısı üzerine genellikle harçlı kagir kıyı duvarları ile oluşturulan dikdörtgen kesitler yerleşme yerleri içinden geçen yataklardaki düzenlemelerde seçilirler. Duvarların zeminle birleştiği hizaların üzerinde korkuluklar demir ya da kagirin devamı olabilir. Bu ise ekonomik yönden sınırlıdır.



Şekil 2.19 Dikdörtgen kesit

iv. Depolu Yamuk (Trapez) Kesit

Depolu yamuk kesitte, doğal yatağın belirli kapasiteyi geçirmesi için proje kesitine getirilmesi bazen yataktan oldukça fazla miktarda malzemenin kazılarak dışarıya çıkarılmasını gerektirir. Bu gibi durumlarda kazı malzemesi yatağın ya bir tarafına ya da iki tarafına depolanır. Depolamanın kazı makinesi kepçesinden bırakılması aralıklı ya da aralıksız olabilir. Genellikle yamaçlara yakın giden yatakların düzenlenmesinde kazı malzemesinin depolanması

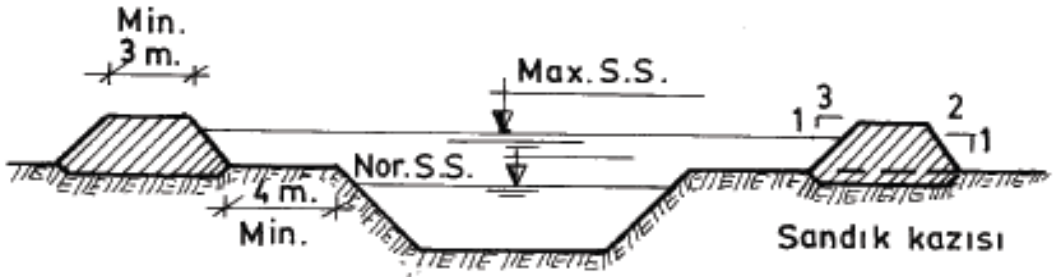
gerekiyorsa yamaç tarafında depolar aralıklı yapılarak yamaçların yüzey akımlarının da yatağa girmesine imkân sağlanır. Böylesi hallerde karşı sahilde depolar aralıksız olarak yapılır.



Şekil 2.20 Depolu trapez kesit

v. Seddeli Yamuk (Trapez) Kesit

Seçilen proje debisinin rigol olarak açılan yamuk kesit içinde hava payında geçirilmesi genellikle genişçe düzlüklerdeki ova arazilerde doğal yatağın derinleştirilmesi taşkınlarından sonraki uzun bir dönemde yakın çevre arazi için derin drenaj gibi çalışmasının sulama yapılmadığı durumlarda tarım bitkilerine kök salma derinliğinde nem kaybına neden olacağından sakıncalıdır. Bu sakıncayı kaldırmak için Q_{10} ve Q_{100} debileri $h = 1.3$ m den fazla olmayacak gibi seçilir. Q_{50} ve Q_{500} debileri ise bu rigolün iki sahilinde oluşturulacak seddeler arasındaki palyeden geçirilir (Şekil 2.21). Ancak sedde ile aralıksız deponun eş anlamda kabul edilmesi büyük bir hata olur. Zira depolar hiçbir zaman güvenilir olmadığından sedde gibi çalıştırılmaz.



Şekil 2.21 Seddeli trapez kesit

Şevlerin Duraylılığını (Stabilitesini) Sağlayıcı Tedbirler

Akışların proje debileri ve kontrol etmeleri istenilen debilere göre yatak düzenlemesinden sonra ya da yeterli yatak kapasitesi olmasına karşın kavis dış yüzeylerindeki kıyı oyulmaları gibi istenilmeyen durumların ortadan kaldırılması için önerilecek önlemlerdir.

Pere Kaplamalar

Yamuk kesitlerin açılmasından sonra şev zemini su ile temas halinde kohezyonunu yitirmeye eğimli ise akımın hızı ve sürüklenme gücü dikkate alınarak pere kaplamalar yapılır. Pere kaplamalar genelde sürüklenen malzeme akımı olan dere yataklarında uygulanmaz.

Kuru Pere Kaplamalar

Ocak, kazı ya da toplama taşından 20 cm – 40 cm arasında değişen kalınlıkta bir tabaka oluşturacak biçimde yapılır. Taşların ortalama ağırlığı 60 kg den az olmaz, yüzleri düzenlenerek yerleştirilir. Ortalama pere kalınlığı \pm %15 oranında farklı olabilirse de bunların miktarı toplamın % 25'ini geçemez. Ufak parçalar ile aralar kamalanarak düzenli köşe ve yüzey oluşacak şekilde yapılır. Kuru pereler şevlerin gevşek ve akıcı olmayan hallerinde kullanılır.

Harçlı Pere Kaplamalar

Kuru perelerden farklı olarak taşların aralarının idarece istenilen dozda çimento harcı ile doldurulması, gerekirse derz yapılmasıdır. Harçlı pereler siltli, kumlu gevşek ve su ile temas halinde akıcı hale dönüşen şevlerde uygulanır. Diğer kagir yapılar gibi anolara bölünerek yapılır. Herhangi bir arızalanma halinde bozulmaların belirli anolar dışına çıkması böylece önlenir. Her iki pere kaplamanın şev topuğunda bir sandık açılarak topuk tahkimatı oluşturulur.

Sedde şevlerinde yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde açılacak drenaj kanallarında 0.25 m rüzgar erozyonuna karşı önlem gerektiği yerlerde 0.20 m kalınlıkta kuru pere kaplamalar uygulanır. Hesaplanacak sürüklenme gücüne bağlı olarak;

$d = S / 0.8$ ifadesindeki değere göre harçlı pere kalınlığı belirlenir.

(S = Sürüklenme gücü kg/m^2 , d = pere kalınlığı cm) dondan etkilenmeyi önlemek için pere altına 5-10 cm kum tabakası serilir.

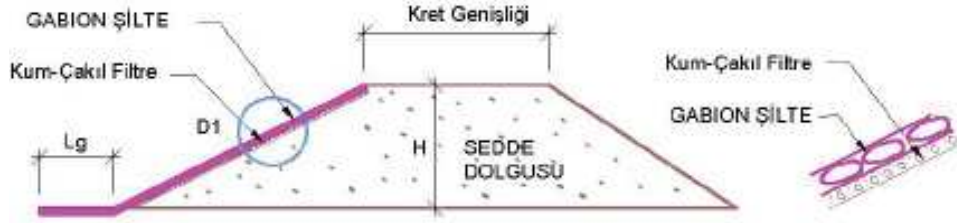
Beton Kaplamalar

Beton kaplamalar da siltli, kumlu gevşek ve su ile temas halinde akıcı hale dönüşen şevlerde uygulanır. Anolar halinde yapılır. Doğal yapı gereçlerinin sağlanması veya proje yerine taşınmasının çok yüksek maliyet gerektirdiği yerlerde tercih edilir.

Gabion (Fildöfer) Kaplamalar

Gabion; çift bükümlü, çinko veya PVC kaplı, yumuşak telden, altıgen gözenekli ve kafes örgü şeklinde imal edilen, dikdörtgen prizma (sandık) veya silindir şeklinde olabilen imalatlardır. Bu sandıklar akarsu yatağındaki doğal malzeme veya kaya ufağı ile doldurulmak suretiyle şevlerde tahkimat sağlanır.

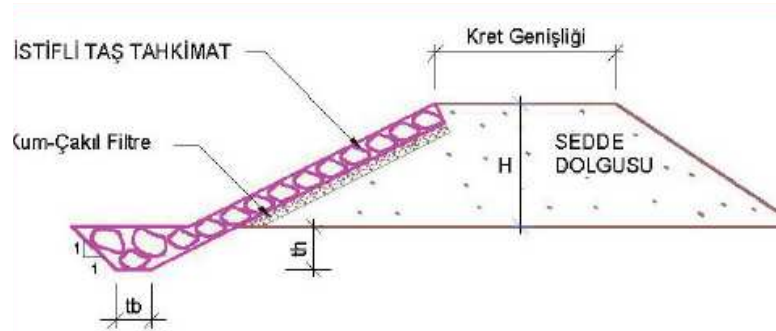
Gabion imalatlar, eğimin ve sürüklenme gücünün fazla olmadığı, iri rusubat taşımayan akarsularda kullanılmaktadır. Çok iri kaya ve taş bloklar sürükleyen dere yataklarında tellerin darbe etkisiyle kırılarak sandıkların dağılması ve yapının bütünlüğünün bozulması ihtimal dahilindedir.



Şekil 2.22 Gabion şilteli sedde tip kesiti

Taş Dolgular

Pere kaplamalarından değişik yanları yatakta taşkın sırasında taşınan ve sürüklenen malzeme akımı ile ilgilerinin bulunmamasıdır. Çoğu kez kavislerin dış kenarlarındaki oyulmalar nedeniyle şevler genellikle yatık eğimlerini giderek kaybeder ve eğim dikleşir. Dere yataklarının bu duruma gelen kıyılarında şevlerin korunması için yapılacak taş dolgularda iki değişik biçimde uygulanır.



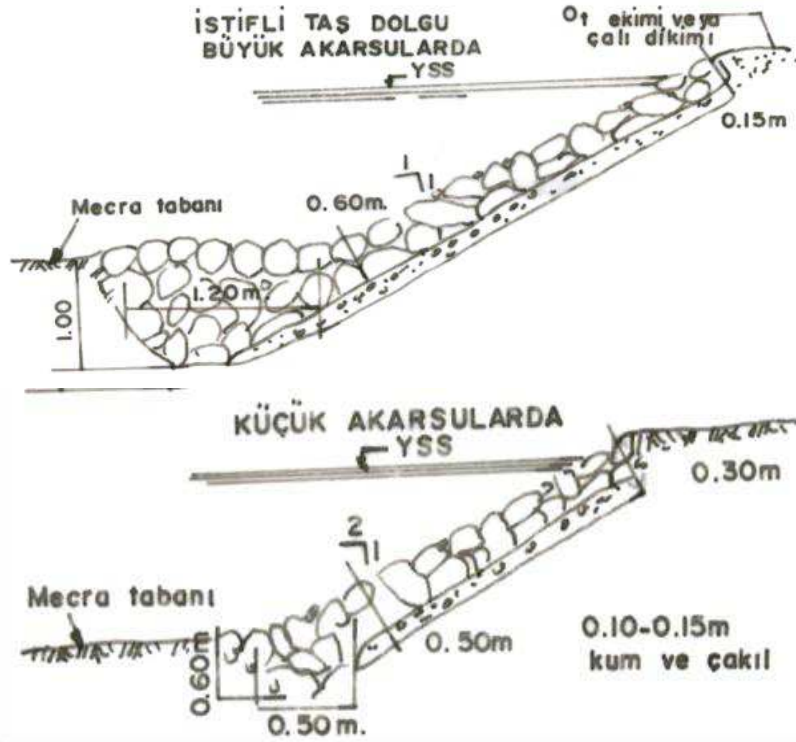
Şekil 2.23 Taş tahkimatlı sedde tip kesiti

İstifsiz Taş Dolgular

Doğal yatakta sürekli akım bulunduğu ve talvegin şev dibine çok yakın olduğu durumlarda istifsiz taş dolgular uygulanır. Burada temel ilke yüksek su düzeyine kadar şev önünde oyulmanın durmasını sağlamak için iş makinesi ya da damperli kamyonlarla şev üstünden boşaltılacak taşlarla bir dolgu oluşturulur.

İstifli Taş Dolgular

Doğal yatakta sürekli akımın kesildiği yada yatak içinde şev dibinden uzaklaştırma imkanı olduğu takdirde önce topuk tahkimatı dediğimiz ve açılan bir sandık kazısından başlayıp şeve doğru dolguya devam edilir. Ancak burada şevlerin yüzünde dolguya geçmeden önce şev eğimi 1/1'den 1/1.5'a kadar yatırılır.



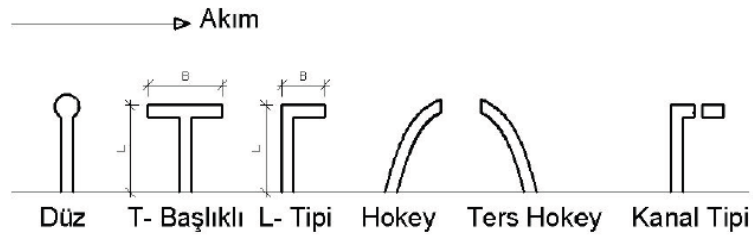
Şekil 2.24 İstifli, istifsiz taş dolgu ile şev tahkimi

Mahmuzlar

Değişik tipte proje çözümlerinin yanında aşırı rusubi, geniş bir yatakta akan, etkili kıyı ve taban oyulmasının görüldüğü taşkın yataklarında hem akımları yönlendirmek hem de kıyı oyulmasını önleyerek yatak stabilitesini sağlamak maksadıyla kaya mahmuzlar tatbik edilmektedir. Kıyı oyulması sonucu özellikle yerleşim birimlerinin tehdit altında olduğu için belirli bir uzunlukta korumalı sedde inşaatının çok pahalı ve teknik bakımdan zor olduğu zamanlarda daha ucuz ve kısa sürede aynı taşkın koruma faydası birbirlerini kontrol eden mahmuzlar ile mümkün olabilmektedir. Belirli bir açı ve belirli bir aralıklarla inşa edilen mahmuzlar kıyı oyulmasını önlemekte, belirli bir taşkın sonucunda ise mahmuzlar arasında birikme sonucu arazi eski halini kazanmakta, kaybolmuş olan araziler kazanılmakta, gelişigüzel olarak akan taşkın sularını istenilen güzergaha yönlendirmek mümkün olmaktadır. Mahmuzların ana inşa malzemesi

istenilen nitelik ve özellikte kaya geç olduğu için proje sahasına yakın mesafede istenilen miktar ve özellikte kaya malzemesinin temin edilmesi gereklidir.

Şevlerin yukarıda açıklanan önlemlerle korunmasında olduğu gibi doğrudan etkili değilse de belirli bir süre sonunda beklenen korumayı gerçekleştiren yapılardır. Mahmuzlar yapım amaçlarına yapı tekniklerine göre değişik olurlar. Ancak amaçları belirlendikten sonra yapı tekniklerine karar verilir. Bir bakıma bu kararı malzeme sağlama hususu da etkiler.



Şekil 2.25 Plandaki görünüşe göre mahmuz tipleri

Saptırıcı Mahmuzlar

Çok genişlemiş yataklarda talvegin kararlılık göstermediği hallerde yüksek düzeydeki suları karşı sahil ya da açılmış rigol yönüne sevk etmek için yapılır. Ana saptırıcı mahmuzun zemine bağlandığı kısmının korunması için memba tarafına ve yakın uzaklıkta bir koruyucu kısa mahmuzla birlikte yapılır. Burada önemli olan, yataktaki genel akım doğrultusu ile mahmuz eksenini arasındaki oluşacak açının uygun seçilebilmiş olmasıdır.

Çöktürücü Mahmuzlar

Genellikle çok miktarda askı maddesi taşıyan taşkın sularının oluşturulacak sistematik mahmuz grupları arasında türbülansın sakinleştirilerek suyun akış hızı düşürülerek askı maddelerinin mahmuz aralarında ve kök tarafından başlayan çökmelerle bir yandan şevlerin aşınmasını durdurmak, öte yandan da yatak içinde yeni toprak kazanmayı gerçekleştirmek mümkündür.

Yüzer Mahmuzlar

Mahmuzun üstü, maksimum su seviyesinin üstünde kalır ve bu mahmuzların üzerinden su aşmaz.

Batık Mahmuzlar

Taşkın debisinin belirli bir miktarından sonra mahmuzun su düzeyi altında kalarak amacına uygun çalışması beklenen mahmuzlardır.

Kaplama Mahmuzlar

Islak kumun mahmuz biçiminde şekillendirildikten sonra harçlı kargir veya betonla kaplanması ile yapılan mahmuzlardır.

Beton Mahmuzlar

Yerinde hazırlanacak kalıba dökülecek beton ile oluşturulan mahmuzlardır.

Kargir Mahmuzlar

Çimento harcı ile yapılacak ocak, kazı veya toplama taş kullanılarak yapılan mahmuzlardır.

Fildöfer (Gabion) Mahmuzlar

Fildöferden hazırlanan sandıkların yerinde yataktan sağlanacak malzeme ile doldurularak yapılan mahmuzlardır.

Mahmuzlar her ne kadar akım yönüne dik denilebilecek enine yapılar ise de bütün mahmuzlar akım yönüne dik yapılmazlar. Yönlendirme açısına göre mahmuzlar.

- i. **Akım Yönüne Dik Mahmuzlar:** Bunlar normal koruyucu mahmuzlar olup aralarında malzeme birikimi çok uzun sürede gerçekleşebilirse de kıyının korunmasını da sağlar.
- ii. **Akım Yönünden 10°-15° Membaya Dönük Mahmuzlar:** Aralarında çok kısa sürede malzeme birikimi sağlayan çöktürücü mahmuzlardır.
- iii. **Akım Yönünden 100°-105° Mansaba Dönük Mahmuzlar:** Aralarında uzun sürede fazla malzeme birikimi sağlamadığı halde, akım yönünü karşı sahile doğru çevirdiklerinden saptırıcı mahmuzlar denilmektedir.

Mahmuzların çöktürücü olanlarının kıyıya saplandığı kök bölgesinde tehlikeli oyulmalar oluşmaz, ancak uygun boyutlandırılmadığı takdirde uç taraflarında oyulmalar görülebilmektedir.

Bitkisel Kaplamalar

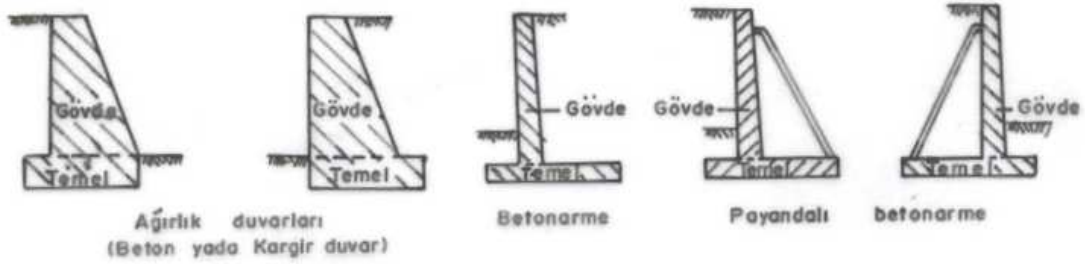
Genellikle yatak şevleri yerine sedde şevlerinde uygulanan bitkisel kaplamalar, çayır otları yada söğüt cinsi ağaçlardan oluşur. Seddelerin kohezyonsuz yatak malzemesi yerine topraktan yapılması halinde ve akım hızının 2 m/s den az olduğu taşkınlarda şevlere çayır otlarının ekilerek kaplamasıdır.

Belirli sürelerde yatakta malzeme birikmesi söz konusu olmayacak ise şevlere söğüt dallarından hazırlanacak çeliklerin dikilmesi ile de zarardan korunması sağlanabilir.

2.9.3. İstinat Duvarları

Doğal zeminde şev veya her türden toprak, kum, çakıl ve benzeri dolgu malzemesini stabil halde tutmaya yarayan yapılardır.

Uygulamada ilk bakışta ekonomik olacağı düşünülerek kuru duvar veya harçlı kargir duvar kullanılmaktadır. Yapı gereçlerinin sağlanmasında bazı ocakların yakın çevrede bulunmaması, taşımaların maliyet içerisinde büyük yer tutması gibi etkenler göz önüne alındığında bazı şartlarda beton ağırlık ve betonarme duvarlar da yapılabilir.



Şekil 2.26 İstinat duvarı tipleri

Kuru Duvarlar

Düzenlenecek taşkın yataklarında kıyı erozyonunu önlemek amacıyla kullanılan geçici tesislerdir.

Kuru duvarların stabilitesinin sağlanması için kalınlıkları 0,5 m den az alınmazlar. İnşaat sırasında taşlar kabaca düzeltilerek kullanılır, tabakalar halinde yükseltilir ve ara boşlukları ufak taşlarla doldurulup sıkıştırılır.

Harçlı Kargir Duvarlar

Bu tip duvarlar kıyı erozyonundan, gevşek zeminlerin tutulmasından ve düzenlenen proje yatağına tehlike yaratabilecek toprak kaymalarının önlenmesine kadar oldukça geniş bir amaç için kullanılan ve sürekli kalıcı sayılan yapılardır.

Yükseklikleri maksimum su düzeyinin 0,5 m yukarısında, temel derinliği en az 1 m altta kalacak şekilde seçilmelidir. Oyulmalara karşı uygun kesitle anroşman ile temelin direnci sağlanmalıdır.

Duvarın üst yüzü en az 5 cm kalınlıkta harpuşta betonu ile örtülmelidir. Duvarlar herhangi bir yapının temeli olarak kullanılamazlar.

Beton Ağırlık Duvarlar

Doğal yapı gereçlerinin sağlanması veya işyerine taşınmasının çok yüksek maliyet gerektirdiği hallerde harçlı kargir duvarların yerine beton ağırlık duvarlar da yapılabilir.

Betonarme Konsol Duvarlar

Kagir ve beton ağırlık duvarlar ile yapılan ekonomik kıyaslamalar ve de statik hesaplar neticesine göre betonarme konsol duvarlar da tercih edilebilir.

Gabion Duvarlar

Gabion duvarlar eğimin ve sürüklenme gücünün fazla olmadığı, iri rusubat taşımayan akarsularda, diğer duvar tiplerine göre ekonomik bulunması halinde tercih edilebilirler.

2.9.4. Taşkın Koruma Projelerinde Yer Alan Sanat Yapıları

Köprüler

Akarsuların ıslahı amacıyla yapılan taşkın koruma kanallarının ulaşım yollarını kestiği yerlerde ulaşımın sağlanabilmesi amacıyla yapılan sanat yapılarıdır. Açıklığın fazla olduğu yerlerde tercih edilir. Köprüler ahşap, çelik, kompozit (beton ve çelik karışımı), betonarme kirişli, öngerilmeli betonarme kirişli yapılabilirler. Yol ve akarsu açısı iyi ayarlanmalıdır. Hava payı taşkın sırasında yüzen materyallerin rahatça geçebilmesi için emniyetli alınmalıdır.

Menfezler

Akarsuların ıslahı amacıyla yapılan taşkın koruma kanallarının ulaşım yollarını kestiği yerlerde ulaşımın sağlanabilmesi amacıyla yapılan sanat yapılarıdır. Açıklığın fazla olmadığı yerlerde tercih edilir.

2.10. Mühendislikte Taşkınların Önemi

Mühendislik açısından taşkınların diğer bir önemi de akarsular üzerinde kurulması amaçlanan mühendislik yapılarının olası en büyük akımların doğuracağı zararlara karşı korumaktır. Bu nedenle depolamalı/depolamasız tesislerin yinelenme debileri ve proje giriş taşkın debisi hesaplanmalıdır.

DSİ'de proje taşkınları büyük ve küçük su işleri konularında, ön inceleme ve planlama aşamasında ayrı ayrı ele alınmaktadır. Gerek duyulduğunda kesin proje aşamasında da yapılmaktadır. Küçük su işleri taşkın hidrolojisinde göletler, regülâtörler, taşkın koruma vs. gibi su yapılarının 2, 5, 10, 25, 50, 100 yıl ve mansap koşullarına bağlı olarak 500, 1000 ve 10000 yıl yinelenmeli debi kullanılmaktadır. Büyük su işleri kapsamında barajlar ve HES gibi su yapılarının yinelenme ve dolusavak debilerinin (kadastrofali debi) hesabı yapılır.

Su kaynaklarının geliştirilmesi ve planlamasının ülke ekonomisi açısından öneminin bir kat daha arttığı günümüzde su yapılarının güvenilir biçimde ekonomik olarak boyutlandırılması gereklidir.

Hızlı nüfus artışı, sürdürülebilir kalkınma için doğayı kontrol ve disipline edip, daha fazla yararlanmamız gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gelecekte olabilecek doğal çevre ve soysa ekonomik yapıda meydana gelmesi muhtemel olumlu ve olumsuz etkilerin belirlenmesi ve önerilerde bulunabilmesi için taşkın yinelenme debilerinin emniyetli ve ekonomik olarak hesaplanması gerekmektedir.

2.10.1. Taşkın Piklerinin Belirlenmesi

Akarsudan gelen taşkınlarının her birinin bir taşkın piki vardır. Taşkın piki birçok faktörlerin bir fonksiyonudur. Bu faktörler;

- Yağışın şiddeti, süresi, dağılışı, zamanı
- Havzanın topografik, jeolojik karakteristikleri

Taşkın piki sonsuz zaman boyutu içinde herhangi bir azami değer alabilir. Farklı sağanaklar farklı taşkın pikleri doğurur. Akarsular üzerinde taşkın koruma seddeleri, regülatörler, menfezler, köprüler vs. gibi mühendislik yapılarının projelendirilmesi için taşkın piklerinin belirlenmesi gereklidir.

2.10.2. Yinelenme Hidrograflarının Belirlenmesi

Akarsular üzerindeki depolama yapılarının projelendirilmesinde ise sadece taşkın pikinin değil, yinelenme hidrograflarının da belirlenmesi gerekir.

3. KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1. Yöntemin Genel özellikleri

Bu tez çalışmasının amacı; seçilen bir havzada taşkın kontrolü tasarımının maliyeti hesaplanırken kullanılacak taşkın kontrol debisinin optimum dönüş aralığının hesaplanmasıdır. İncelenecek bölgede sentetik yöntemlerden olan Mockus Yöntemi kullanılarak hesaplanan çeşitli büyüklükte ve frekanstaki taşkın debilerinin, o bölge için taşıdığı riskler farklı senaryolar halinde değerlendirilmiş ve taşkın kontrol debisinin optimum dönüş aralığı (frekansı) hesaplanmıştır. Çalışmanın aşamaları; topografik haritaların temini ve uygun formatta hazırlanması, CBS ile SYM'nin hazırlanması, CBS'nin hidrolojik analiz kabiliyetlerinden faydalanarak havzanın çeşitli hidrolojik özelliklerinin (drenaj ağı, eğim, baki, vb.) tespiti, debi değerlerinin sentetik yöntemle bulunması, hidrolik analizler için ara program yardımıyla tüm topografik bilgilerin hidrolik analiz yapan programa otomatik olarak aktarılması ve debi değerleri de girilerek analizlerin yapılıp, su yüzü kotlarının bulunması, tekrar CBS'ye su yüzü seviyelerinin gönderilmesi ve taşkın risk haritalarının oluşturulması, hidroekonomik analiz yapılarak proje taşkın frekansının optimum değerinin belirlenmesini kapsamaktadır.

3.2. Verilerin Hazırlanması

Çalışma, ilk olarak verilerin temini ile başlar. Bu tür bir çalışmayı gerçekleştirebilmek için ilk aşamada iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, SYM'nin oluşturulması için gereken topografik veriler ve taşkın anındaki su yüzü seviyelerinin tespiti için hidrolik analizlerde kullanılan debi değerleridir. Arazi modelinin oluşturulacağı sayısal yükseklik haritaları, arazide GPS kullanılarak tespit edilebileceği gibi, uydu görüntülerinden veya yüksek çözünürlüklü lazer yükseklik verilerinden de elde edilebilir. GPS ile arazide ölçüm yapıp baştan harita çıkarmak çok maliyetli ve zaman açısından arazinin büyüklüğüne bağlı olarak pek mümkün olmayan bir yöntemdir. Ancak, belirli eksikliklerin giderilmesi için daha çok, küçük bölgelerin topografik verilerinin tespitinde işe yarayan bir yöntemdir.

Uydu görüntülerinin yüksek çözünürlüğe sahip olan türlerinin maliyeti de doğru orantılı olarak yükselmektedir. Ücretsiz indirilebilen uydu görüntüleri ise düşük ölçeğe sahip olduklarından taşkın çalışmalarında pek olumlu sonuçlar vermemektedir. Taşkın analizleri en azından 1-2 m çözünürlüklü (1 veya 2 metre hücre boyutuna sahip, mümkünse 1/1000 - 1/2000 civarı ölçek) haritalar kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Topografik veriler Türkiye ölçeğinde, uydu fotoğraflarından, HGK'dan veya özel çalışmalarla hazırlanan yüksek hassasiyetli haritalardan elde edilebilir. HGK'dan alınabilecek en hassas haritalar Universal Transverse Mercator (UTM) projeksiyonu ED50 datumunda veya coğrafi koordinatlarda World Geodetic System (WGS84) datumunda, 1/25000 ölçekli eş yükselti eğrileri katmanlıdır ve eş yükselti eğrileri 10'ar m arayla değiştiğinden araziye taşkın analizi için yeterince temsil edememektedir.

İkinci önemli veri türü debilerdir ve iki metotla tespiti mümkündür. Birincisi; havzanın hidrolojik modelinin kurulup yağış-akış ilişkilerinin tespit edilmesi ve yağış verilerine göre akım verilerinin tahmin edilmesi durumudur. İkinci yöntem ise; AGİ'lerin yeterli sayıda ve uzun yıllar verisi bulunması durumunda kullanılan, yıllık maksimum günlük akım değerlerinden noktasal veya bölgesel taşkın analizleri yapılarak çeşitli tekerrürlere sahip taşkın debilerinin bulunmasıdır. İlk yöntem havzada yeterince AGİ bulunmaması durumunda denenmektedir ve bir modele ihtiyaç duymaktadır. İkinci yöntemde ise, sadece kaydedilen yıllık anlık maksimum akım değerleri, farklı tekerrürlere sahip debilerin tespiti için yeterlidir. Ancak iki yöntemde de; verilerin bağımsızlık testleri ve sonuçların uygunluk testleri yapılmalı ve bulunan sonuçların güvenilirliği ispatlanmalıdır.

3.3. Proje Debisi Hesaplama Yöntemleri

3.3.1. Yağış Analizi

Günümüz ekonomik koşulları, gereğinden büyük emniyetli su yapılarının yapılmasına elvermediğinden proje taşkınlarının doğru tahmini büyük bir önem kazanmıştır. Bu da havzanın kritik yağış sürelerindeki yağış- süre yinelenme değerlerinin en doğru şekilde tahmin edilmesi anlamını taşımaktadır.

Havzanın hidrometeorolojik bulduru haritasından en az 10 yıl (tercihen 15 yıl) güvenilir gözlemi olan plüviyometreli ve plüviyografli yağış istasyonları tespit edilir.

Havzanın noktasal günlük maksimum yağış yinelenme değerleri, havzanın topografyası, istasyon sıklığı ve drenaj alanının büyüklüğü göz önüne alınarak aritmetik, thiessen veya isoyethal (eş yağış) yöntem ile hesaplanır. İstasyonların dengeli dağıldığı düz alanlarda aritmetik veya thiessen, büyük ve düz olmayan alanlarda isoyethal (eş yağış) yönteminin kullanılması ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilir.

Yağış istasyonlarının yılda günlük maksimum yağış değerlerine "Ekstrem Değerlerin Frekans Analizi" (Kolmogorov, Simirnov testi) uygulanarak 24 saatlik noktasal yağış yinelenme değerleri bulunur. Yağış alanını temsil eden plüviyografli istasyon belirlenir. Plüviyograf katsayısı, yağışın alan dağılım katsayısı ve maksimize faktörü (M.F. = 1.13) kullanılarak çeşitli süreler için havzanın noktasal yağış yinelenme değerleri hesaplanır.

3.3.2. Akış Analizi

Yağış havzası bitki örtüsü, toprak cinsi ve sızdırma durumu göz önüne alınarak yarı doymuş zemin için yağış-akış eğri numarası belirlenir.

Yağış analizi bölümünde hesaplanan havzanın 24 saatlik noktasal yağış yinelenme değerleri belirlenen eğri numarasından,

$$S = (1000/CN_{ii} - 10) \times 25.4 \quad (3.1)$$

$$Ha = (P - 0.2 \times S)^2 / (P + 0.8 \times S) \quad (3.2)$$

formülleri kullanılarak akışa geçirilir.

Bu ifadelerde;

S : Sızma kaybı (mm)

CN_{ii} : Yarı doymun zemin yağış-akış eğri numarası

P : Yağış (mm)

Ha : Akış (mm)

3.3.3. Sentetik Yöntemler

DSİ Sentetik Yöntem

DSİ sentetik yöntem 1000 km²'ye kadar olan drenaj alanları için kullanılmaktadır. DSİ sentetik yöntemde kullanılan birim hidrograf 2 saatlik sağanak yağışlara göre elde edildiğinden, birim hidrografın yükselme süresi T_p'nin 2 saatten az olmaması gerekir. Sentetik olarak elde edilen birim hidrografın yükselme zamanının 2 saatten küçük çıkması halinde, yağış devam ederken, hidrografın yükselmeyerek azaldığını göstermektedir ki bu mümkün değildir. T_p'nin 2 saatten küçük çıkması halinde DSİ Sentetik yöntemi kullanılmamalıdır.

$$\sum S^{1/2} = 10 / (1 / S^{1/2}) \quad (3.3)$$

$$E = (L \times L_c) / S^{1/2} \quad (3.4)$$

$$\text{Havzanın birim verimi (l/s/km}^2\text{/mm)} \quad q_p = 414 / A^{0.225} \times E^{0.16} \quad (3.5)$$

$$\text{Birim hidrografın yükselme zamanı (saat)} \quad T_p = 202,78 / q_p \quad (3.6)$$

$$\text{Havza verimi (m}^3\text{/s/mm)} \quad Q_p = A \times q_p \times 10^{-3} \quad (3.7)$$

Bu ifadelerde;

A = Yağış alanı (km²)

L = Havzadaki en uzun akarsu kolunun uzunluğu (m)

L_c = Havzanın ağırlık merkezinin, akarsu üzerindeki izdüşüm noktası ile havza çıkış noktası arasındaki akarsu uzunluğu (m)

S = Harmonik eğim

CN_{ii} = Yarı doymun zemindeki eğri no'su

Amerika'da "Soil Conservation Service" tarafından hazırlanmış olan boyutsuz hidrograf ülkemizdeki drenaj alanları için kullanılmaktadır. Havzanın noktasal 24 saatlik maksimum yağış yinelenmeleri bulunur.

Yağış değerleri maksimize faktörü (1,13), yağış alan dağılım katsayısı (YADK), havzayı temsil eden plüviyograf katsayıları (değişik kritik süreler için) ile çarpılarak, ilgili MGİ'lerin noktasal yağışı, havzanın noktasal yağışına dönüştürülür. DSİ Sentetik Yöntemde 2 saatlik yağış bloklarının ikişer saat ötelenerek süperpozesi yapılır. Süperpoze sonucunda en yüksek pik değerini veren koordinatın yağış süresi kritik yağış süresidir (T_{kr}). Tespit edilen kritik yağış süresinde gerekli analizler yapılarak taşkın yinelenme debileri ve hidrografları bulunur. Bu taşkın yinelenmelerine baz akım ilave edilerek proje yinelenme debileri oluşturulur.

Mockus (Süperpozesiz) Yöntemi

Mockus (Süperpozesiz) yöntemi, toplanma zamanı $T_c < 30$ saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmekte, daha büyük alanlarda, drenaj alanı alt havzalara bölünerek, her bir alt havza için çizilecek hidrograflar, gecikme zamanına göre süperpoze edilmektedir.

Mockus (süperpozesiz) yöntemde proje sağanak süresi (D) boyunca havzaya yağış sabit şiddete ve homojen düştüğü kabul edilir.

Mockus (süperpozesiz) yönteminde kullanılan formüller aşağıdaki gibidir.

$$\text{Toplanma zamanı (saat)} \quad T_c = 0,00032 \times L^{0,77} / S^{0,385} \quad (3.8)$$

$$\text{Hidrografın yükselme zamanı (saat)} \quad T_p = 0,5 \times D + 0,6 \times T_c \quad (3.9)$$

$$\text{Suların alçalma zamanı (saat)} \quad T_r = 1,67 \times T_p \quad (3.10)$$

$$\text{Taşkın süresi (saat)} \quad T = T_p + T_r \quad (3.11)$$

$$\text{Taşkın piki (m}^3\text{/s/mm)} \quad Q_p = K \times A \times h_a / T_p \quad (3.12)$$

Bu ifadelerde;

$K = 0,208$, $h_a = 1$ mm'dir.

L = Havzadaki en uzun akarsu kolunun uzunluğu (m)

S = Akarsu yatağının havza içinde kalan kısmının eğimi (%)

T_c = Suların toplanma zamanına tekabül eden yağış süresi (saat)

$\sqrt{D} = 2$

Havzanın noktasal 24 saatlik yağış yinelenmeleri bulunur. Yağış değerleri maksimize faktörü (1,13), yağış alan dağılım katsayısı (YADK), havzayı temsil eden plüviyograf katsayıları (değişik kritik süreler için) ile çarpılarak, ilgili MGİ'lerin noktasal yağışı, havzanın noktasal yağışına dönüştürülür. Havzanın hidrolojik zemin grupları ve bitki örtüsüne göre Akış Eğri No'su tespit edilir.

$$\text{Sızma kaybı} \quad S = (1000 / EN_{ii} - 10) \times 25,4 \quad (3.13)$$

$$\text{Havza proje akış değeri} \quad h_a = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,8S) \quad (3.14)$$

Havza proje akış değerleri ile taşkın piki çarpılarak, havzanın Mockus (süperpozesiz) yöntemine göre taşkın yinelenmeleri hesaplanır.

Snyder (Süperpozeli) Yöntem

Snyder yöntemi 25 - 25000 km²'ye kadar olan drenaj alanlarına uygulanabilmektedir. DSİ'de kriter olarak 1000 km²'den büyük drenaj alanlarında uygulanır. Bu metot, birim hidrografın gecikme zamanı, birim hidrograf süresi, pik sarfiyatı ve taşkın pikinin % 50 ve % 75 'indeki hidrograf genişliği kullanılarak yağış havzasının birim hidrografı elde edilmesine dayanır.

Metodun uygulanmasındaki en önemli husus C_t ve C_p katsayılarının tayinidir. Snyder'in İngiliz birim sistemini kullanarak tespit ettiği C_t katsayısı, 0,752 katsayısıyla çarpılarak düzeltilmelidir. Snyder'in uygulamalarında, drenaj alanlarının zemin cinsi ve topografyasına bağlı olarak İngiliz biriminde tespit ettiği C_t katsayıları aşağıda verilmiştir.

$$C_t (\text{Çok meyilli arazi}) = 1,8$$

$$C_t (\text{Orta meyilli arazi}) = 2,0$$

$$C_t (\text{Az meyilli arazi}) = 2,2$$

C_p'nin ise 0,69 - 0,56 arasında değiştiği ve C_t büyürken, C_p'nin küçüldüğü belirtilmiştir. C_p, projenin topografyası ve yağış yüküne göre değişir. Snyder'in yaptığı uygulamalarda, yarı yarıya karla kaplı dağlık kısımlarda C_t = 0,7 - 1,0 için; C_p = 0,35 - 0,50 olduğu gösterilmiştir.

Snyder'in geliştirdiği ampirik formül;

$$\text{İngiliz birim sistemi kullanıldığında} \quad t_p = C_t \times (L \times L_c)^{0,3} \quad (3.15)$$

$$\text{Metrik sistemde} \quad t_p = 0,752 \times C_t \times (L \times L_c)^{0,3} \quad (3.16)$$

$$\text{Birim hidrograf sağanak süresi (saat)} \quad t_r = t_p / 5,5 \quad (3.17)$$

$$\text{Düzenlenmiş pike ulaşım zamanı (saat)} \quad T_p = t_p + t_r / 2 \quad (3.18)$$

$$\text{Birim verim (l/s/km}^2\text{/cm)} \quad q_p = 2760 \times C_p / t_p \quad (3.19)$$

$$T_p\text{'nin tekabül ettiği havza verimi (m}^3\text{/s/cm)} \quad Q_p = A \times q_p \times 10^{-3} \quad (3.20)$$

Q_p'nin 1 cm lik akış yüksekliği yerine 1 mm lik akış yüksekliği için hesaplanması, diğer metotlarla daha kolay mukayese imkanı sağlayacaktır. Buna göre;

$$Q_p = A \times q_p \times 10^{-4} \quad (\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}) \quad (3.21)$$

$$V_b = A \times h_a \times 10^{-3} \quad h_a = 1 \text{ mm akış için birim hidrograf hacmi (m}^3) \quad (3.22)$$

q_p (l/s/km²/cm) için;

0,75 x Q_p 'deki W75 (saat)

0,50 x Q_p 'deki W50 (saat)

Birim hidrografın 0,75* Q_p 'deki ve 0,50* Q_p 'deki W75, W50 (Verime göre birim hidrograf genişlikleri) bulunmuş olur.

Birim hidrograf koordinatları oluşturulduktan sonra, havzanın noktasal 24 saatlik yağış yinelenmeleri bulunur. Yağış değerleri maksimize faktörü (1,13), yağış alan dağılım katsayısı (YADK), havzayı temsil eden plüviyograf katsayıları (değişik kritik süreler için) ile çarpılarak, ilgili MGİ'lerin noktasal yağışı, havzanın noktasal yağışına dönüştürülür.

Yağış – Akış analizi yapılır. Çalışılan süreler içerisinde en büyük taşkın yinelenmelerini veren süre kritik yağış süresidir (T_{kr}). Bu yinelenmelere proje yeri için tespit edilen baz akım ilave edilmelidir.

3.3.4. Gözlenmiş Akımlarla Taşkın Hesabı

Gözlenmiş akımları kullanarak taşkın yinelenme debileri hesaplanmaktadır. DSI'de gözlenmiş akımlarla yapılan taşkın çalışmalarının sonuçları daha çok kullanılmaktadır.

Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Projenin yapılacağı akarsu üzerinde bulunan akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait yeterli süredeki anlık pik debilerin istatistik analizleri yapılarak, taşkın yinelenme debileri bulunur. Proje yeri ve AGİ'nin drenaj alanları farklı ise, $Q = C \cdot A_n$ formülünü kullanarak, proje yeri taşkın yinelenme debilerini buluruz. Formüldeki "n" katsayısının ilgili havza için hesaplanması gerekir.

Bölgesel Taşkın Frekans Analizi

Projenin bulunduğu havzada, benzer hidrolojik karakteristik gösteren akım gözlem istasyonlarına ait yılda anlık pik debilerin istatistik analizleri yapılarak, her istasyon için yinelenmeli debi değerleri bulunur. AGİ'lerin yağış alanlarına karşılık Q_2 yinelenmeli debi değerleri log – log kağıda noktalanılarak uygun zarf eğrisi çizilir. Proje yeri yağış alanına karşılık zarf eğrisinden Q_2 yinelenmeli debi değeri okunur. Boyutsuz yinelenme değerleri ile bulunan değer çarpılarak proje yeri için taşkın yinelenme değerleri bulunmuş olur.

Hacim Yinelenmeleri

Proje yerinde veya aynı akarsu üzerinde bulunan AGİ'lerin anlık 1,3,5,..... günlük en büyük debilerinin istatistik analizleri yapılarak, uygun dağılım fonksiyonları belirlenir, bölgesel çalışma uygulanarak, yinelenme hidrografları çizilir ve hacimleri hesaplanır.

Maksimum Tarihi Taşkın Zarfı (A-Q_{TTZ})

Akım gözlem istasyonlarının alanlarına karşılık, gözlem periyotlarındaki en büyük anlık pik debileri log – log kağıda noktalanarak Q_{TTZ} zarfı çizilir. Proje yağış alanının Q_{TTZ} değeri çizilen bu zarftan okunur.

Q₁₀₀ Taşkın Zarfı (A- Q₁₀₀)

Akım gözlem istasyonlarının alanlarına karşılık, gözlem periyotlarındaki 100 yıl yinelenmeli debileri log – log kağıda noktalanarak Q₁₀₀ zarfı çizilir. Proje yağış alanının Q₁₀₀ değeri çizilen bu zarftan okunur. Hesaplanacak 100 yıllık proje debisinin, Q_{TTZ} ve Q₁₀₀ zarflarından okunan değerler arasında olması beklenir.

3.3.5. Ampirik Formüllerle Taşkın Hesabı

Rasyonel Yöntem

Rasyonel metot, yeteri kadar rasatı bulunmayan yan derelerin ve yüzeysel drenaj kanallarının kapasite hesaplarında kullanılmaktadır. DSI'de rasyonel metot 1 km²'den küçük alanlar için uygulanmaktadır. Bu metotta T_c toplanma zamanına (T_c) tekabül eden süre içerisinde, yağışın tüm havza üzerine üniform olarak düştüğü kabul edilir.

Rasyonel metot aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir;

$$\text{Taşkın debisi (m}^3/\text{s)} \quad Q = C \times I \times A / 3,6 \quad (3.23)$$

Bu ifadede;

C = Drenaj alanı özelliklerine ve yağış şekline bağlı bir akış katsayısıdır.

I = Toplanma zamanına (T_c) tekabül eden yağış şiddeti (mm/saat)

A = Havza alanı (km²)

$$T_c = 0,0195 \cdot K^{0,77} \quad \text{Toplanma zamanı (dakika)} \quad (3.24)$$

$\sqrt{K} = L / S$ ise $K = L^{3/2} \cdot H^{1/2}$ şeklindedir.

L = Yatak uzunluğu (m)

S = H / L Yatak eğimi

H = Yatağın membası ile mansabı arasındaki kot farkı (m)

C_{100} akış değerlerinden yararlanılarak herhangi bir tekerrür süresine ait C_T akış değerleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$C_T = C_{100} (T / 100)^x \quad (3.25)$$

T yıl olarak tekerrür süresidir. DSİ yayını olan Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi kitabında $X = 0.19$ değerlerinin karşılığı olan oranların kullanılabileceği belirtilmiştir.

RASYONEL METOT İÇİN C_{100} DEĞERLERİ	
Drenaj Alanı Özellikleri	C_{100} Değerleri
Su geçirmez satırlar	0,90 - 0,95
Dik çıplak satırlar	0,80 - 0,90
Dalgalı çıplak satırlar	0,60 – 0,80
Düz çıplak satırlar	0,50 – 0,70
Dalgalı otlaklar	0,40 – 0,65
Yaprak döken ormanlar	0,35 – 0,60
Çam ormanları	0,25 – 0,50
Meyve bahçeleri	0,15 - 0,40
Yama ve teras tarım arazileri	0,15 - 0,40
Taban tarım arazileri	0,10 – 0,30

Bu formül sadece dolaysız akışı vermektedir. Taban akışı hesaba katılmamaktadır. Bu gibi basit yapıdaki formüller ancak havzadaki geçirimsiz bölgelerin yüzdeleri büyük olursa iyi sonuç verirler.

Mc Math Yöntemi

Bu metot genellikle her büyüklükteki düz arazide, özellikle yüzeysel drenaj kanal kapasitelerinin bulunmasında iyi netice vermektedir. Dik meyilli yamaçlardan beslenen yan derelere uygulanmamalıdır.

$$\text{Taşkın debisi (m}^3/\text{s)} \quad Q = 0,0023 \times C \times l \times S^{1/5} \times A^{4/5} \quad (3.26)$$

Bu ifadede;

C = Toprak cinsi, topografya ve bitki örtüsüne bağlı bir katsayı

l = Yağışın seçilen tekerrür süresi (frekansı) için, toplanma zamanına tekabül eden yağış şiddeti (mm/sa)

S = Yatak eğimi * 1000

A = Havza drenaj alanı C katsayıları

3.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Arazi Modelinin Kurulması

Verilerin temini ve hazırlanması aşamaları bitirildikten sonra ilk yapılması gereken, inceleme alanı için SYM'nin oluşturulmasıdır. Arazi modelinin hazırlanması ve havzanın çeşitli özelliklerinin tespiti için CBS teknolojisinden yararlanılmalıdır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri son yıllarda büyük bir hızla gelişmekte ve kullanılmaktadır. Bunda, bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişme ve donanım-yazılım fiyatlarının düşmesinin yanında günümüzde çok fazla mekansal veri toplanmasının da büyük rolü olmuştur. CBS teknolojisi sayesinde, bu verilerin birbirleriyle ilişkilendirilebilmeleri, küresel, ülkesel ve bölgesel çok değişik tipteki problemlerin çözümünde kullanılabilmesi sağlanmıştır.

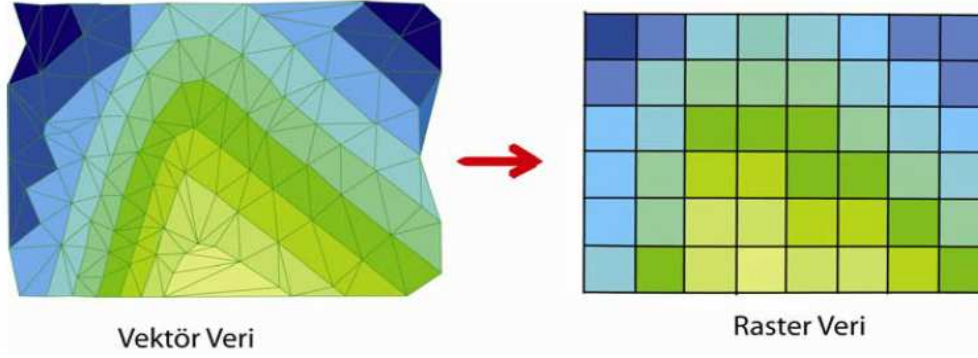
Pek çok tanımı bulunan CBS kısaca, "Yeryüzündeki mekânsal bazlı bilgilerin toplanması, saklanması, kontrolü, işlenmesi, analizi ve görüntülenmesi için kullanılan, bilgisayar donanım, yazılım ve kullanıcılarından meydana gelen sistemler" şeklinde tarif edilebilir (Aronoff, 1991). CBS verileri, coğrafi (mekânsal, grafik) özellik ve öznitelik (coğrafi olmayan, grafik olmayan) olarak iki özelliğe sahiptirler.

CBS'nin bileşenleri ise;

- Veri
- Donanım
- Yazılım
- Kullanıcı

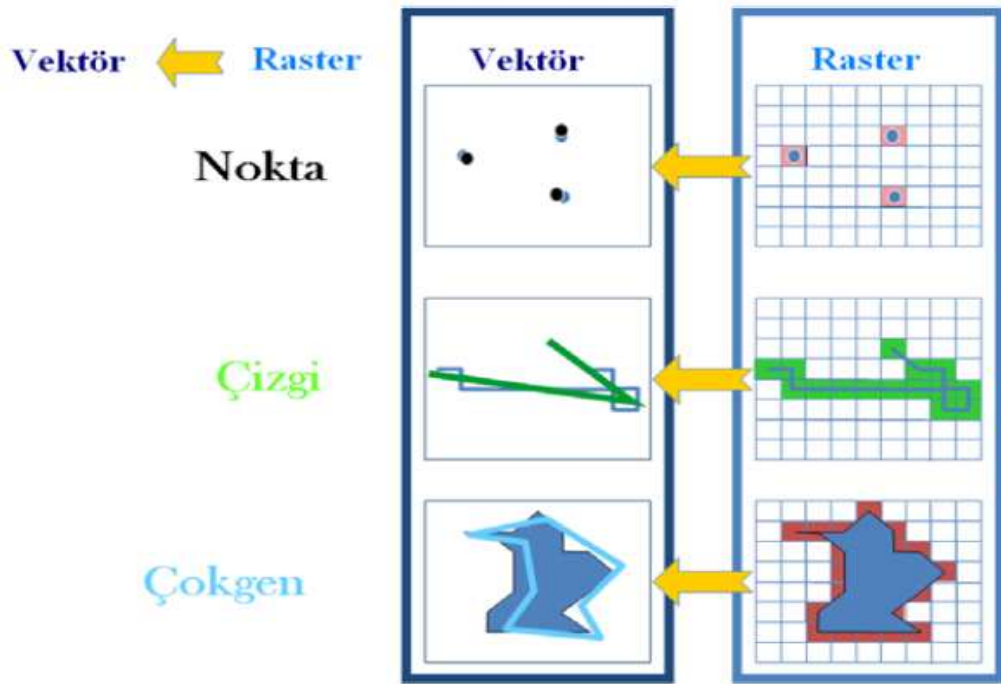
şeklinde sınıflandırılır. Bileşenlerden herhangi biri eksik olduğunda CBS tekniklerinin uygulanması mümkün değildir. Verilerin kalitesi doğrudan o verinin hassasiyeti, güncelliği, doğruluğu ve eksik bölümünün azlığı ile alakalıdır. Kalitesi artan veriyi de elde etmek bir o kadar zorlaşır.

Veri türleri raster ve vektör veri olarak ikiye ayrılırlar. Vektör modelin elemanları; nokta, çizgi ve çokgenlerden oluşur. Vektör verilere bu çalışmadan örnek olarak; nokta verisi ile AGİ'lerin temsili, çizgilerle nehir boy kesitinin ve çokgenlerle taşkın alanlarının tanımlanması gösterilebilir. Raster veriler, hücre verisi olarak da tanımlanır ve daha çok bir resim gibi görünür. Her bir nokta bir pikselle ifade edilir ve bu piksellerin kalitesine göre resim daha ayrıntılı görünebilir. (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 CBS'de veri modelleri

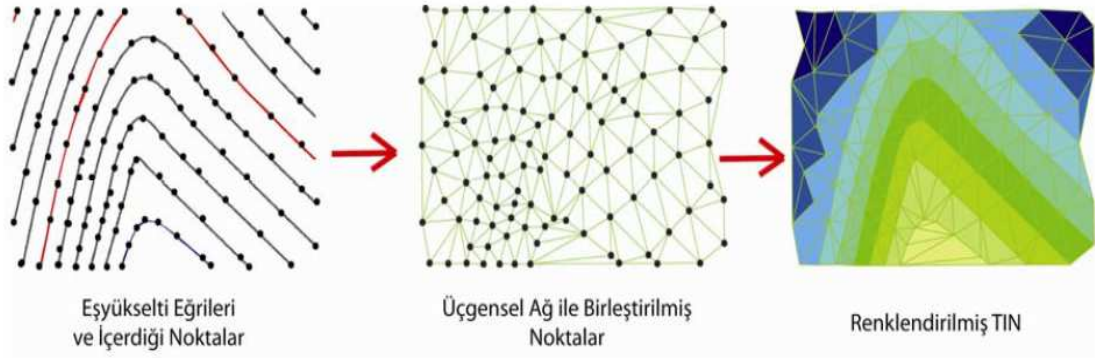
Vektör veriden raster veriye veya tam tersine dönüşümler, CBS yazılımları ile rahatlıkla yapılabilir. Ancak iki dönüşümün üst üste yapılması, kullanılan interpolasyonlardan dolayı verilerde bir kayıp meydana getirir (Şekil 3.2).



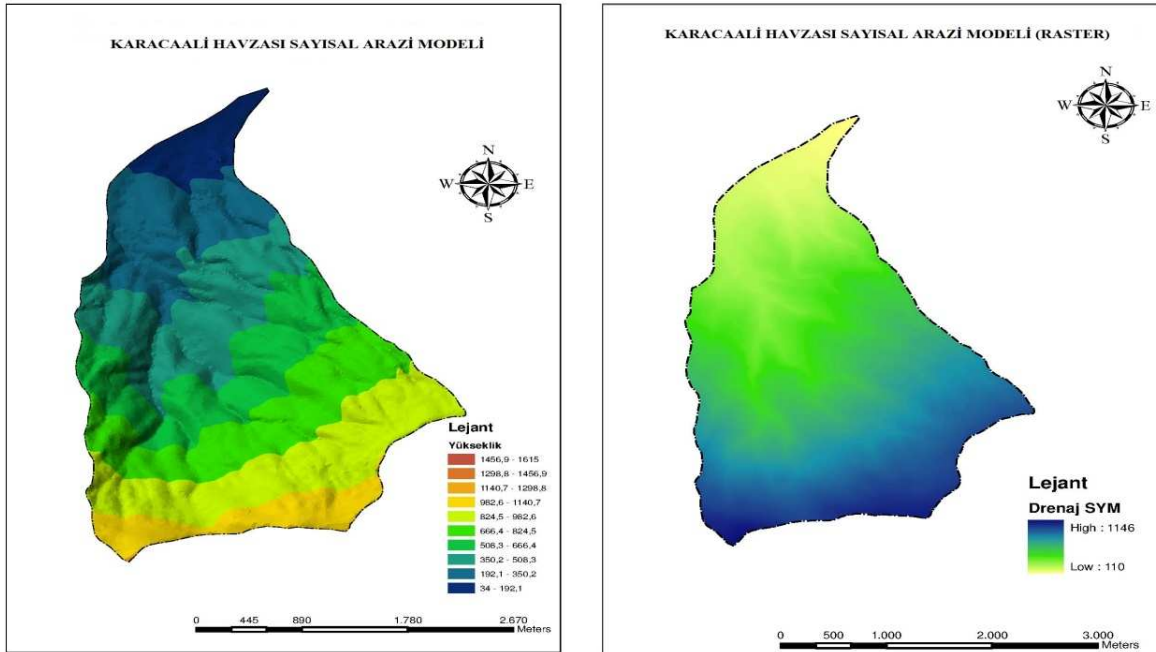
Şekil 3.2 CBS'de veri modelleri arasındaki dönüşüm (Usul, 2004)

Ancak, bir noktaya düşen yağışın hangi drenaj ağını izleyeceğini bulabilmek, kısacası havzaları tanımlayabilmek için önce o havzanın arazi modeli türlerinden DEM'in oluşturulması gereklidir. DEM'i oluşturabilmek için, üçgen modellerle tespit edilen vektör veri olan üç boyutlu arazi modeli yani TIN'e ihtiyaç duyulur.

CBS'de TIN (vektör formatlı) ve DEM (raster formatlı) adında iki farklı sayısal arazi modeli türü bulunmaktadır. TIN, üçgen modelleme yoluyla doğrudan topografik verilerden elde edilir (Şekil 3.3). Üzerinde çeşitli katmanlar tanımlandıktan sonra bir ara program olan HEC-GeoRAS ile gerekli kesitlerin HEC-RAS'a gönderilmesinde ve su yüzü seviyeleri elde edildikten sonra tekrar HEC-GeoRAS ile alınıp ArcGIS'te haritalandırma aşamasında altlık olarak kullanılır. DEM ise, TIN'i veri olarak kullanarak oluşturulan arazi modeli türüdür (Şekil 3.4). ArcGIS programında ArcHydro modülünün veri tabanını oluşturan DEM'den; havza, alt havzalar, drenaj kolları, eğim, bakı, vb. havzanın çeşitli karakteristiklerini gösteren sayısal haritalar elde edilir.



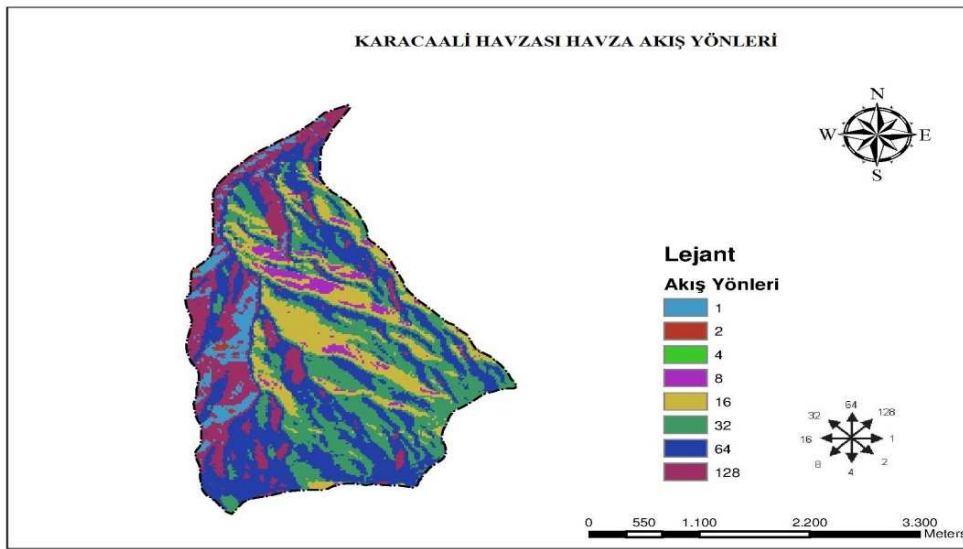
Şekil 3.3 Topografik verilerden oluşturulan TIN verisi



Şekil 3.4 Sayısal arazi modeli örnekleri, sırasıyla TIN ve DEM haritaları

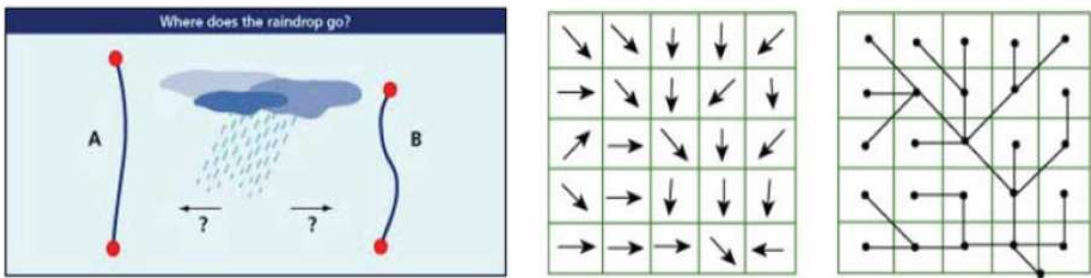
Bir CBS programı kullanılarak, topografik verilerden iki farklı sayısal arazi modeli türü olan TIN ve DEM oluşturulduktan sonra, havzanın genel fiziksel karakteristiklerinin tespiti gerçekleştirilmelidir.

DEM verisi bir sayısal yükseklik haritasıdır (Şekil 3.4). Bu harita resim formatında yani raster veri türündedir. Drenaj ağları renklerden rahatlıkla anlaşılacaktır. Renklerin aralıkları değiştirilip daha farklı görünümde elde edilebilir. Bu harita küçük karelerden yani piksellerden oluşur. Her pikselin 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 gibi bir değeri vardır, bu da onun akış yönünü ifade eder (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Örnek bir akış yönü haritası

Akış yönü haritası tespit edilirken her bir pikselin içerisinde var olan akış yönü bilgisi farklı bir renkle ifade edilir ve toplamda ne kadar pikselin hangi yöne doğru eğimli olduğu tespit edilebilir. Akış yönünün ne tarafa doğru olacağı da çevresindeki piksellerin kotlarına göre karşılaştırılır (Şekil 3.6).

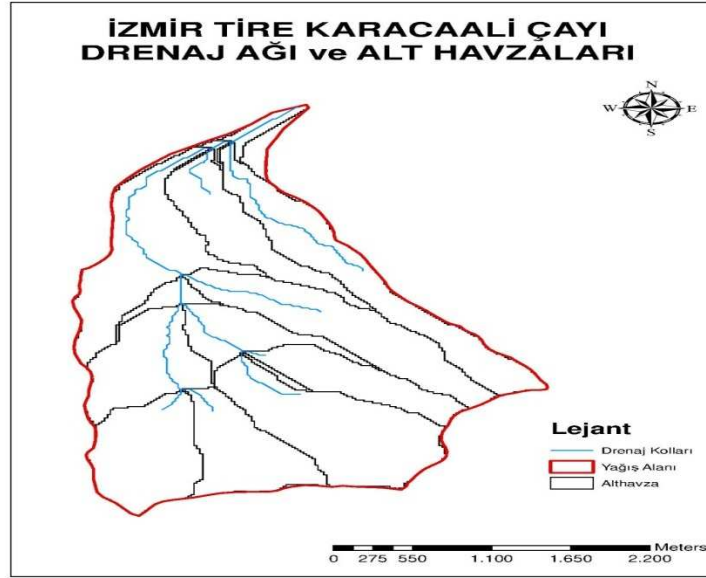


Şekil 3.6 Akış yönü hesaplanması (Özkeser, 2008)

Akış yönleri ve toplanma bölgelerinin haritaları oluşturulduktan sonra bu haritalardan alt havzalar (Şekil 3.7) ve drenaj ağı (Şekil 3.8) tespit edilebilir.

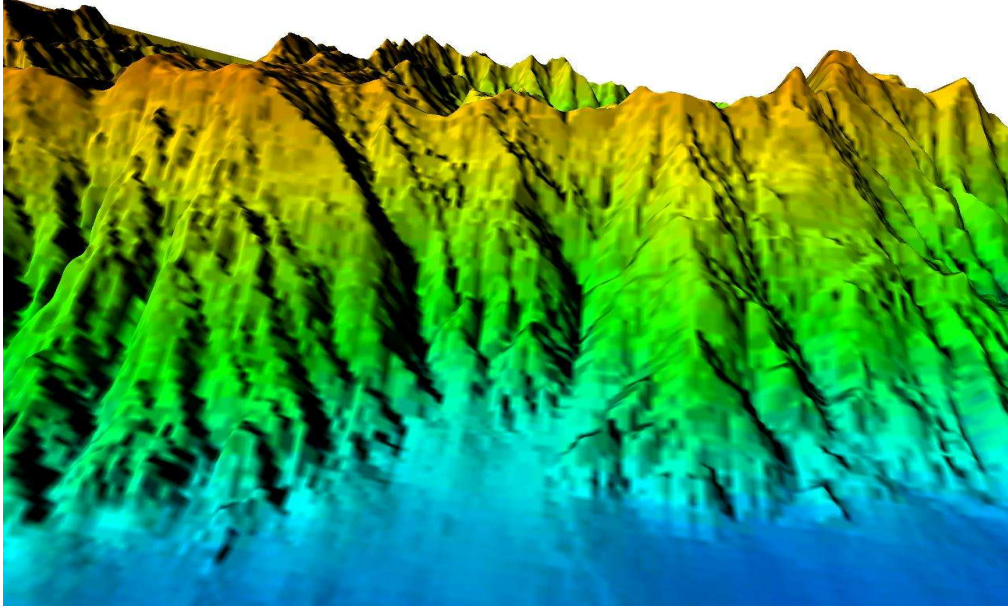


Şekil 3.7 CBS ile akış yönü haritasından elde edilen alt havza alanları



Şekil 3.8 Örnek bir drenaj ağı haritası

Eğer havzanın çıkış noktasına bir nokta yerleştirilir ve arkasında kalan havza belirlenirse, çalışılan alan için en büyük havza sınırı da çıkarılmış olunur. Daha sonra da oluşturulan tüm haritaları üç boyutlu olarak görüntülemek mümkündür (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Havzanın üç boyutlu haritasından bir görünüm

Coğrafi Bilgi Sistemleri hidrolojinin yanı sıra; jeoloji, su kaynakları mühendisliği, arazi ölçümleri, inşaat ve şehir planlaması, ziraat ve arazi kullanımı, orman geliştirme, erozyonla mücadele, çevresel uygulamalar, arkeoloji, askeri uygulamalar, vb. gibi birçok alanda da rahatlıkla kullanılabilir (Usul, 2004).

Bu çalışmada CBS'de arazinin sayısal modeli oluşturularak topografik veriler HECRAS programına gönderilmiş, daha sonra da tespit edilen su yüzü profillerini hidrolik modelden alarak, arazi kullanım haritası üzerine uygulayıp hangi bölgelerin su altında kalacağını tespit edilmiştir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri için birçok yazılım mevcuttur. Bu yazılımlardan en öne çıkan ArcGIS Programı kullanılarak önce arazi modeli, sonra da HEC-RAS'tan alınan su yüzü kotları verisiyle de taşkın risk haritaları oluşturulmaktadır.

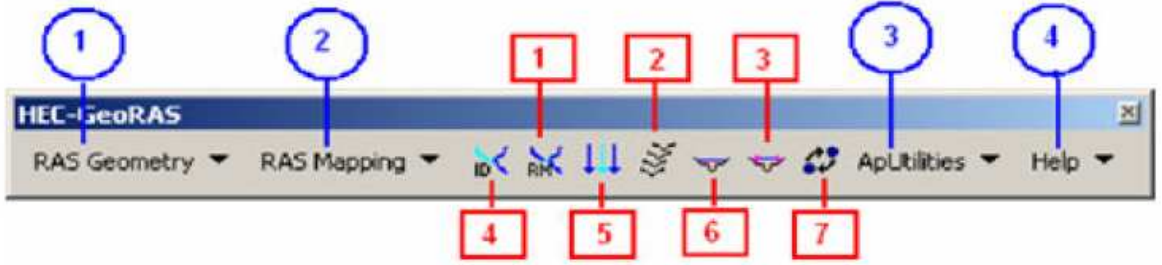
3.5. Hec-Georas Kullanılarak Geometrik Verilerin Oluşturulması

Dere taşkın analizlerinde ikinci aşamada ise ArcGIS tabanında çalışan bir modül olan HEC-GeoRAS kullanılmaktadır. Bu programla elde edilen veriler işlenerek taşkın analizinin yapılacağı HEC-RAS programına aktarılır.

3.5.1. Hec-Georas Hakkında Genel Bilgiler

HEC-RAS programına coğrafi verilerin taşınması için ilk olarak, incelenecek olan bölgenin sayısal yükseklik modelinin hazırlanması gerekmektedir. HEC-GeoRAS alt programı coğrafi

verileri toplamak için arazinin TIN formatında sayısal yükseklik modeline gerek duymaktadır. ArcGIS 9.3.1 yazılımına bir uzantı olarak çalıştırılabilen HEC-GeoRAS temel olarak HEC-RAS yazılımının hidrolik modelleme yapabilmesi için ihtiyaç duyduğu geometrik verinin hazırlanması ve HEC-RAS'ta modelleme sonrasında sonuçların gösterim ve sunumunda kullanılmaktadır. HEC-GeoRAS 4 menü (mavi daire) ve 7 düğmeden (kırmızı kare) oluşmaktadır.



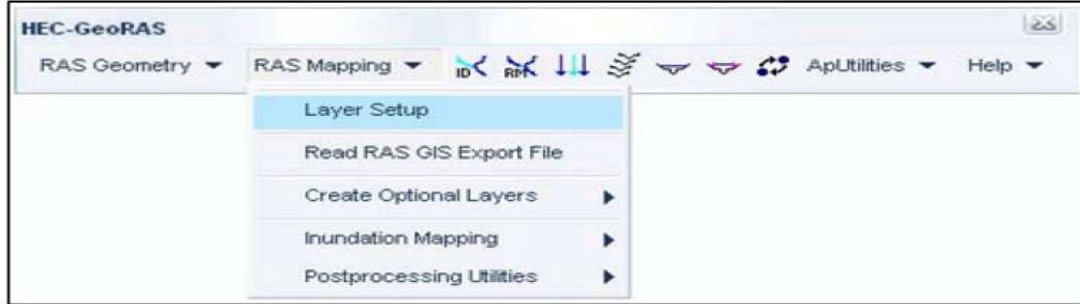
Şekil 3.10 HEC-GeoRAS menüsü (Merwade, 2010)

RAS Geometri menüsü, CBS verilerinin HEC-RAS ortamında değerlendirilmesi için gerekli olan geometrik verilerin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu menü altında geometrik verilere ait sınıflar (feature class) sahip olması gerektiği öznitelik değerleriyle beraber atanmış (default) olarak (.mdb) dosyası oluşturmaktadır.



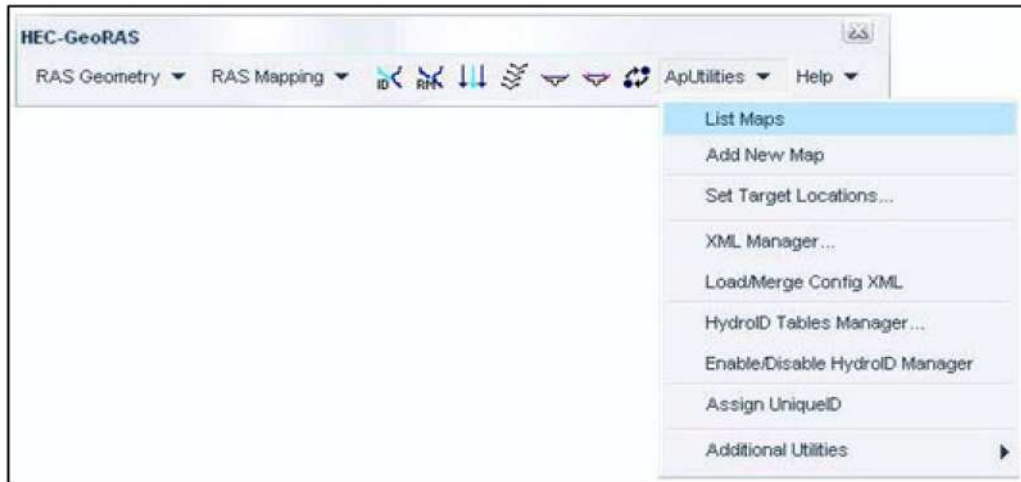
Şekil 3.11 Geometri menüsü ve elemanları (Merwade, 2010)

RAS Haritalama menüsü, HEC-RAS analiz sonuçlarının CBS ortamında islenmesi, taşkın sınır ve derinliğinin haritasının oluşturulması ve sunumunda kullanılmaktadır.



Şekil 3.12 RAS haritalama menüsü ve elemanları

ApUtilities menüsü Geometri dosyasının saklanacağı yeni harita katmanının oluşturulması ve veri yönetiminde kullanılmaktadır.



Şekil 3.13 ApUtilities menüsü ve elamanları

HEC-GeoRAS düğmeleri Geometri katmanlarına veri girilmesi ve HEC-RAS analiz sonuçlarının çıktı formatını (.sdf), HEC-GeoRAS'ta haritalama ve analiz sonrası işlemlerde kullanılmak üzere (.xml) formatına dönüştürülmesinde kullanılır.

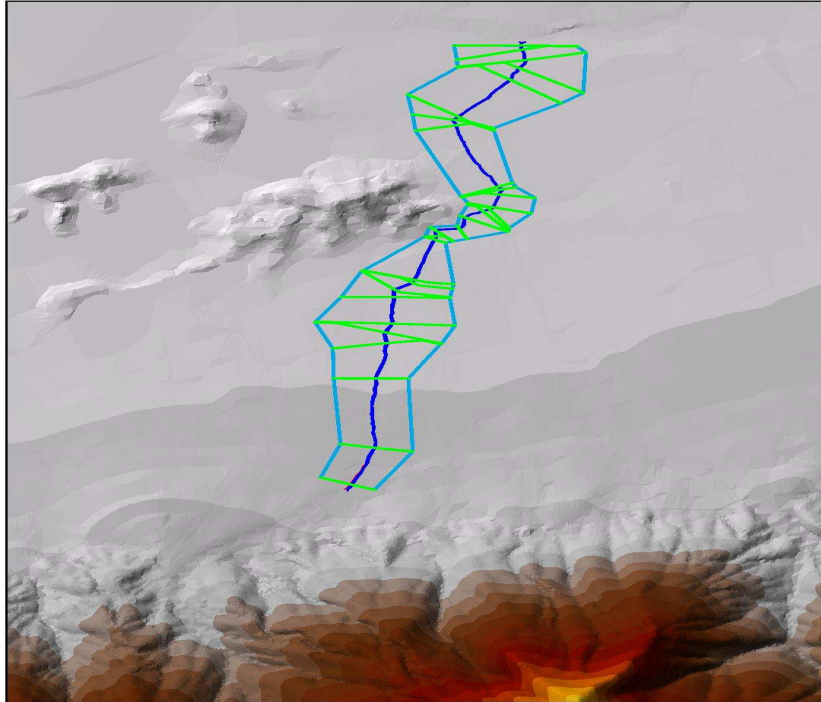
3.6. Hec-Georas Programı İle Verilerin Hec-Ras'a Aktarılması

HEC-GeoRAS; ArcGIS ve HEC-RAS arasında köprü görevi yapıp, HEC-RAS'ta hidrolik analiz yapmak için gerekli geometrik verilerin ArcGIS ile elde edilip HECRAS'a aktarılmasını ve hidrolik analiz yapıldıktan sonra bulunan sonuçların görselleştirilmesi amacıyla su yüzü kotlarını

içeren çıktının ArcGIS'e alınıp haritalanmasını sağlayan hazır bir makro (kodu yazılarak sonradan ArcGIS'e eklenen) programdır (HEC, 2009). HEC-GeoRAS'ta akarsu kolları, enkesitlerin alınacağı eksenler, seddeler, engelleyici yapılar, farklı bölgelerin Manning pürüzlülük değerleri, köprülerin konumları tanımlanabilir. Akarsu kolları ve enkesitlerin HEC-GeoRAS'ta tanımlanmaları zorunlu iken; diğer katmanlar HEC-RAS ortamında da girilebilir. Ancak her analizde tekrar topografik bilgilerin HEC-RAS'ta girilmesi zaman kaybına neden olacağından belirlenebilecek tüm detaylar, sayısallaştırmalar HECGeoRAS üzerinden gerçekleştirilmelidir.

Havzanın sayısal yükseklik modelleri oluşturulduktan sonra, DEM yardımıyla bulunan hidrolojik özellikleri gösteren havza karakteristikleri altlık olarak kullanılıp, TIN üzerinde ArcEditor modülü ile çeşitli katmanlar (kesit konumları, arazi kullanımı, köprülerin konumları ve özellikleri, pürüzlülük ve akış çizgileri gibi nehir yatağı bilgileri, vb.) oluşturulur. Bu sayısallaştırmalar yapılmadığı takdirde; dere yatağı, sağ ve sol sahil akım çizgileri, arazi konumları vb, bilgiler birtakım eksikliklerle HEC-RAS paket programına aktarılır ve gerçek tam olarak yansıtamayabilir.

Enkesit çizgileri nehir yatağını dik kesecek şekilde konumlandırılırken (Şekil 3.14), diğer önemli bilgiler (köprüler, seddeler, vb.) arazi çalışması sırasında tespit edildiği şekliyle haritaya işlenir. Enkesit çizgileri standart bir aralık belirlenip otomatik olarak oluşturulabileceği gibi, kesit özelliklerinin değiştiği yerlere de doğrudan yerleştirilebilir.



Şekil 3.14 Enkesit çizgilerinin konumlandırılması

Daha sonra oluşturulan bu sayısal veriler, ArcGIS programına dışarıdan eklenen ve sadece bu program içerisinde çalışan HEC-GeoRAS modülü kullanılarak, doğal veya yapay kanallardan oluşabilecek bir sistemde tek boyutlu hidrolik hesaplamaların yapılabilirdiği, su yüzey profillerinin tespit edilebildiği bir paket program olan HEC-RAS'a otomatik olarak aktarılır (HEC, 2009).

3.7. Hec-Ras Programı İle Su Yüzü Profillerinin Tespiti

Taşkın anında oluşabilecek çeşitli yinleme periyotlarına sahip debilerin, tüm nehir yatağında oluşturacağı su seviyelerinin tespiti için, topografyanın değiştiği yerlerde kesitler alınarak, hesaplamalarının elde yapılması zaman açısından pek mümkün değildir. Aynı zamanda, debinin veya kesitlerden bazılarının değişmesi durumunda tüm hesaplar baştan yapılmak zorundadır. Bu nedenle, CBS ile uyumlu olarak hidrolik analizlerin yapılabileceği hazır bir bilgisayar programından yararlanmak ve dinamik bir model ortaya çıkarmak gereklidir. Bu doğrultuda, literatürde CBS ile birlikte kullanılan iki alternatif paket program Mike 11 ve HEC-RAS'tan, ücretsiz olarak indirilebilen ve kullanıcı ara yüzü daha pratik olan HEC-RAS programı seçilmiştir.

Nehir su yüzeyi profillerinin hesaplanabilmesi için kullanılan HEC-RAS, U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen, bir boyutlu zamanla değişmeyen ve zamanla değişen nehir akım modelleri yapılabilen bir programdır. İlk versiyonu (HEC-RAS 1.0) 1995 yılının Temmuz ayında çıkarılan programın, bir çok sürümü zaman içerisinde kullanıcıya sunulmuştur (1.1; 1.2; 2.0; 2.1; 2.2; 3.0; 3.1; 4.0 ve en son olarak 2010 Ocak ayında kullanıma açılan 4.1 sürümü). Bir boyutlu nehir analizleri HEC-RAS ile birkaç amaç için yapılabilir. Bunlar; zamanla değişmeyen akım şartlarında su yüzü profillerinin tespiti, zamanla değişen akım durumunda su yüzü profillerinin hesaplanması, katı madde taşınım hesaplamaları ve su kalitesi modelleridir (HEC, 2010).

Zamanla değişmeyen akım koşullarında su yüzü profillerinin tespit edilebilmesi için hazırlanan modelin analizleri; subcritical (kritik altı, nehir rejimi), supercritical (kritik üstü, sel rejimi) ve mixed flow (her ikisinin de bulunduğu) rejimleri için ayrı ayrı yapılabilir (HEC, 2010). Sınır koşullarından (hesaplamanın yapılmaya başlanacağı ve bitirileceği noktaların bilgileri), kritik eğimin altında veya üstünde olunmasına göre rejim ve su yüzü seviyesi belirlenir ve bir sınır koşulundan diğer sınır koşulunun belirtildiği yere kadar, analizler ikişer kesit arasında yapılarak, tüm kesitler bitirilerek, su yüzü profilleri tespit edilir. Topografik koşulların değiştiği (kesitin daralıp genişlemesi, nehir boy profilinde eşik veya ani düşü olması gibi) bölgelerde, akım rejimi nehir rejiminden sel rejimine veya sel rejiminden nehir rejimine (hidrolik sıçrama ile) geçiş gösterebileceğinden, her ikisinin de olduğu rejim tercih edilerek analizler gerçekleştirilebilir.

Akım rejimi değişmediği takdirde diğer iki şarttan (kritik altı, kritik üstü) hangisi oluşuyorsa ona göre modelleme yapılır.

HEC-RAS hidrolik analiz programında hesaplamalar mansaptan membaya doğru yapılmaktadır. Eğer sel rejimi meydana gelen bir yer bulunuyorsa burada mambadan mansaba doğru da su yüzü seviyeleri bulunmalıdır (Yıldız, 1992). Bilinen başlangıç su yüzü seviyesinden bulunması istenen en son kesitteki su yüzü seviyesine kadar her iki kesit arasındaki su yüzü profili Bernoulli Enerji Eşitliği (3.1) kullanılarak tespit edilir (Şekil 3.15).

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (3.27)$$

Z_1, Z_2 : Kıyas düzleminde kanal tabanına kadar mesafe

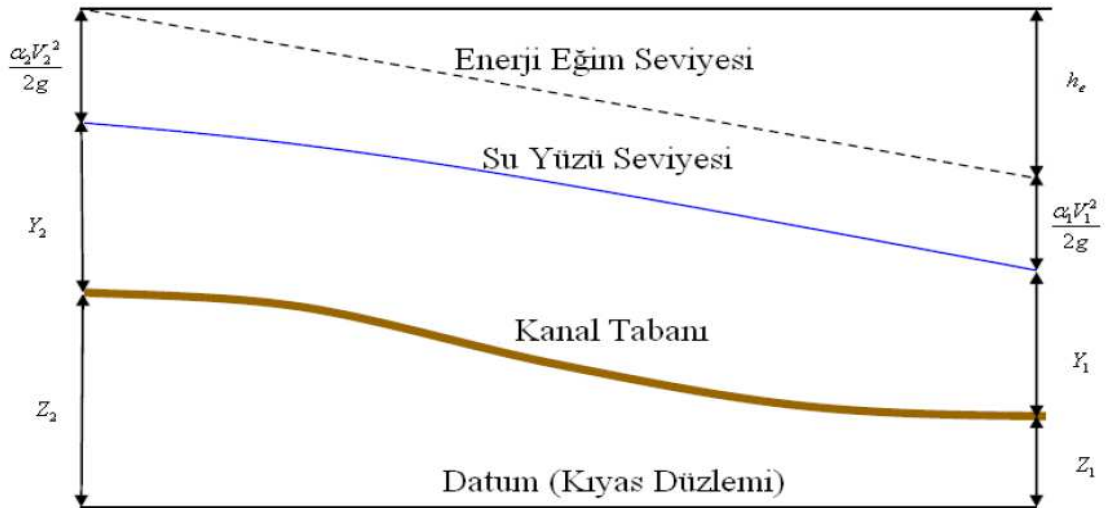
Y_1, Y_2 : Kesitlerdeki su seviyeleri

V_1, V_2 : Kesitlerdeki ortalama hızlar

α_1, α_2 : Hızların düzeltme katsayıları

g : Yerçekimi ivmesi

h_e : İki kesit arasındaki enerji yük kaybı



Şekil 3.15 Enerji eşitliğinde kullanılan terimlerin sembolik gösterimleri (HEC, 2010)

Hidrolik hesaplarda kullanılan enerji kaybı kesit genişlemesi veya daralmasına, iki kesit arasındaki eğime, mesafelere (iki kesit arasındaki sağ sahil, sol sahil ve kesit orta noktası uzaklıkları) ve hıza bağlı olarak değişmektedir. Yani hem sürtünme kaybı hem de kesitin özelliklerinin değişmesine bağlı olarak değişen kayıp hesaplanarak dikkate alınmaktadır.

$$h_g = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (3.28)$$

C : Genişleme veya daralma kayıp katsayısı

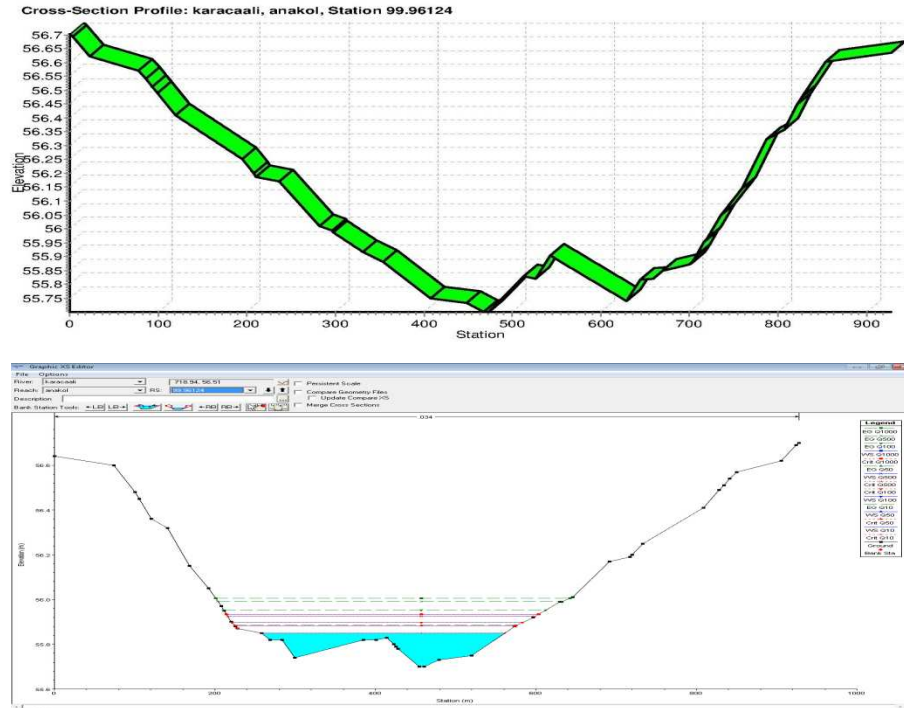
\bar{S}_f : İki kesit arasındaki eğim

HEC-RAS analiz programına girilmesi gerekenler veriler:

- i. Nehir yatağı enkesiti
- ii. Nehir yatağı boy profili
- iii. Debi
- iv. Nehir yatağı pürüzlülüğü değerleridir.

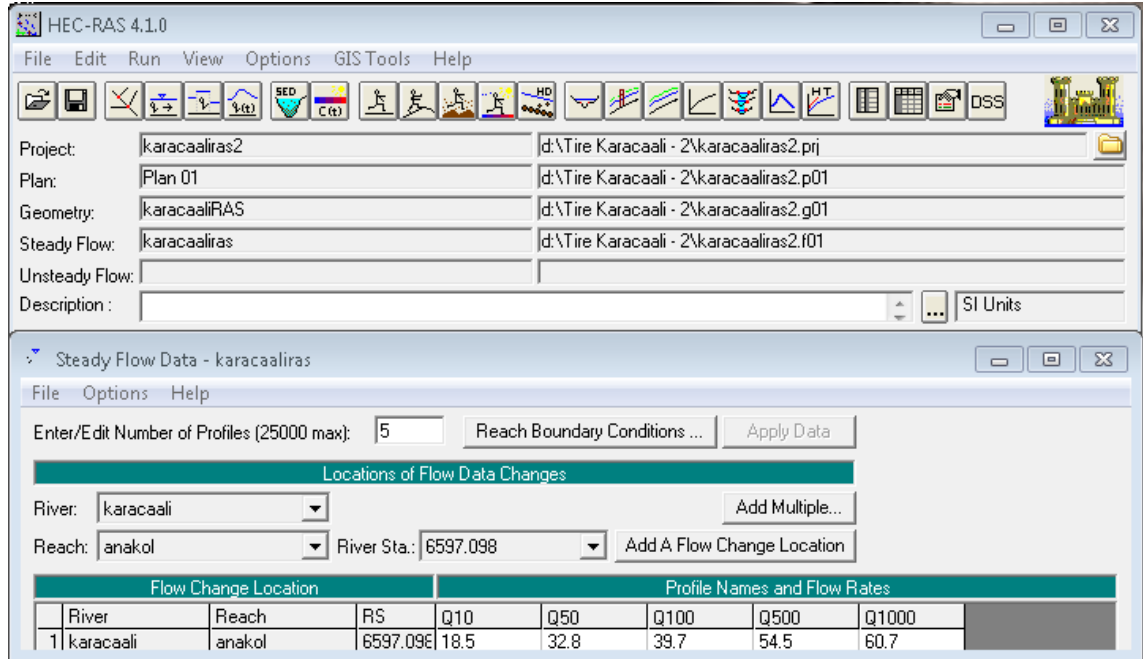
HEC-RAS' a tüm kesit noktalarındaki geometrik özellikleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinin tek tek girilmesi çok fazla zaman alacağından, oluşturulan arazi modelinden otomatik olarak bu bilgiler aktarılmaktadır. Oluşturulan modelin en önemli özelliği bahsedilen uygulamaları çok kısa sürede başarabilmesi ve farklı hidrolik şartlar için de aynı sistemin kullanılabilmesi bir model olmasıdır.

HEC-RAS programına, sayısal arazi modelinden RasGIS.sdf girdi verisi ile alınan topografik kesitler (Şekil 3.16), nehrin pürüzlülük, sağ ve sol sahil kıyı çizgileri vb. bilgileri aktarılır.

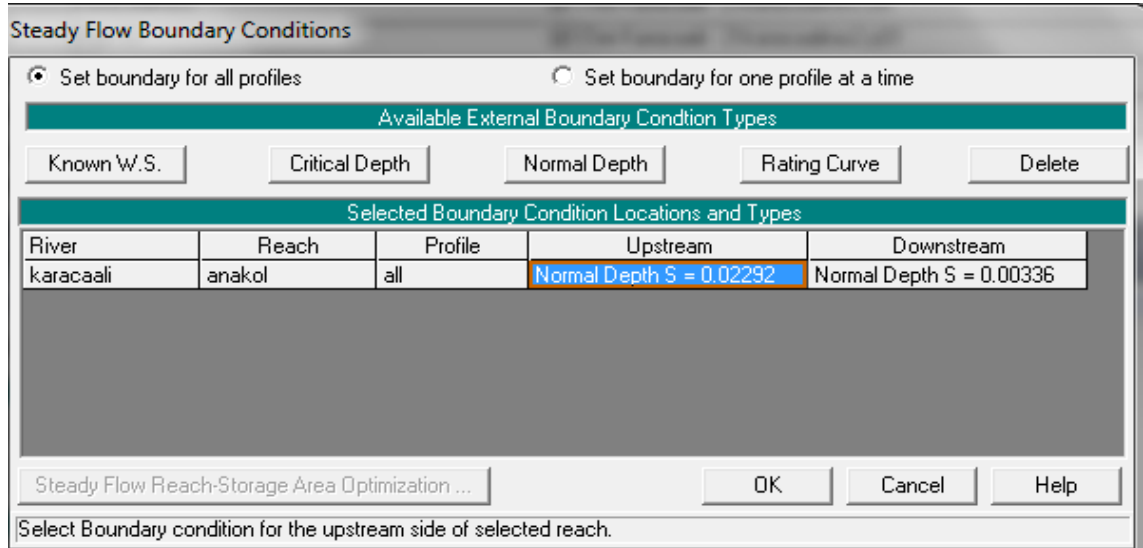


Şekil 3.16 HEC-GeoRAS'tan HEC-RAS'a aktarılan bir kesitin her iki programdaki görünümü

Daha sonra sentetik yöntemlerle tespit edilen çeşitli tekerrürlere sahip debi değerleri (Şekil 3.17) ile sınır koşulları (Şekil 3.18) girilir ve mevcut akım (zamana göre akım şartlarının değişmediği durum) şartlarında bir boyutlu hidrolik analizler gerçekleştirilir.

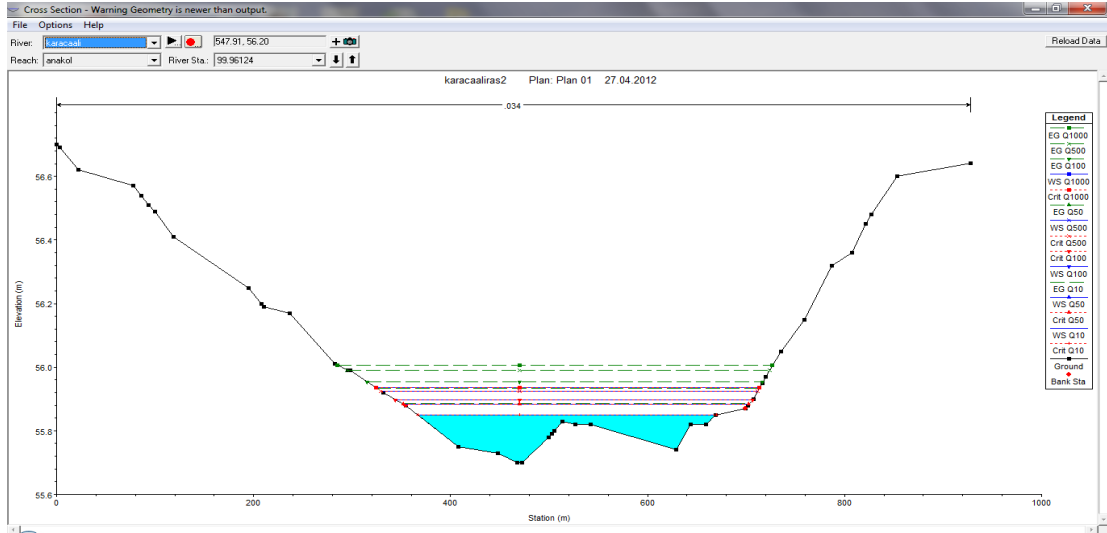


Şekil 3.17 Debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi



Şekil 3.18 Nehir kollarına ait sınır koşullarının HEC-RAS'a girilmesi

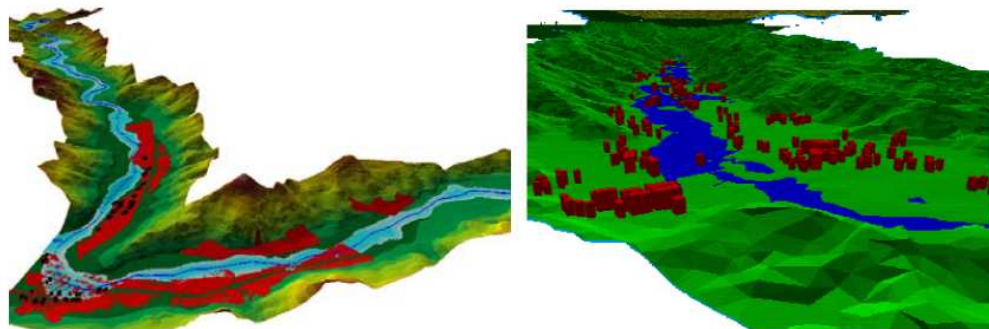
Sınır koşulu olarak başlangıç ve bitiş kesitlerinin kritik derinlikte olması durumu, normal akım derinliğinin olduğu taban eğimi, debi anahtar eğrisi gibi bilgiler girilebilir (HEC, 2010). Bu çalışmada normal akım derinliğine karşılık gelen taban eğim değeri, kesitlerin bulunduğu noktadaki taban eğimleri okunarak girilmiştir. Sonuç olarak, incelenen tüm nehir yatakları boyunca su yüzü seviyeleri tespit edilir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Analizler sonucu tespit edilen örnek bir su yüzü seviyesinin gösterimi

3.8. CBS İle Risk Haritalarının Oluşturulması

Bulunan su yüzü seviyelerini içeren RasGIS.sdf çıktı dosyası HEC-GeoRAS ile ArcGIS'e yollar ve ArcGIS'te TIN verisinin üzerine eklenir. Bu şekilde arazi modelinin üzerinde herhangi bir taşkın debisinin oluşması durumunda nerelerin su altında kaldığı 3 boyutlu olarak haritalanabilir (Şekil 3.20). Arazi üzerinde uçuş simülasyonları gerçekleştirilerek tüm havza dolaşılabilir ve görsel olarak taşkın riskleri daha kolay ifade edilebilir. Oluşturulan haritalara örnekler, uygulama alanı üzerinde yapılan analizler sonunda verilmiştir.



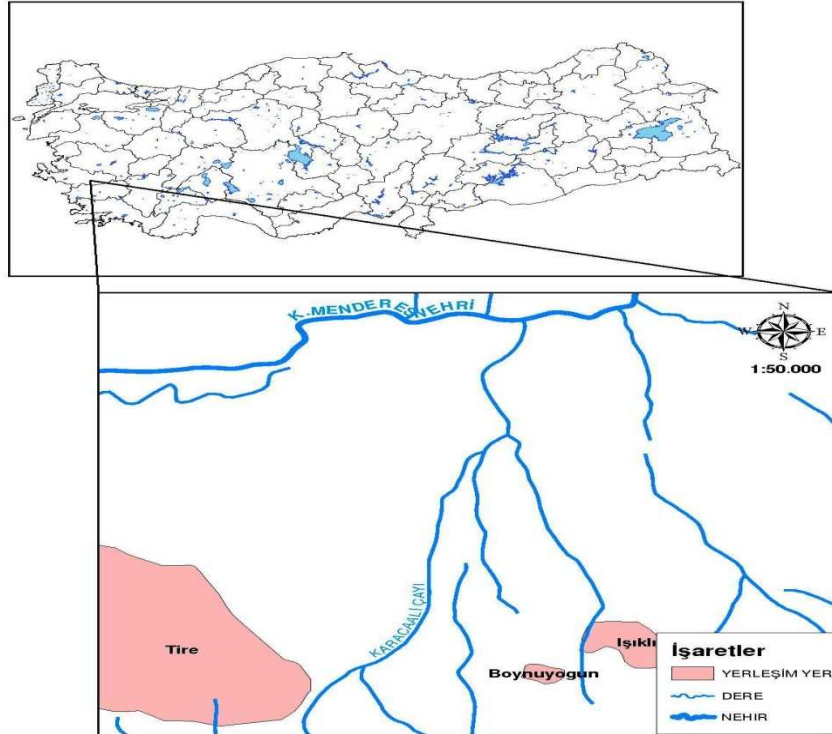
Şekil 3.20 Taşkın anında sular altında kalabilecek yerlere örnek harita (Usul, 2004)

4. KARACAALİ ÇAYI OPTİMUM TAŞKIN KONTROL DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ

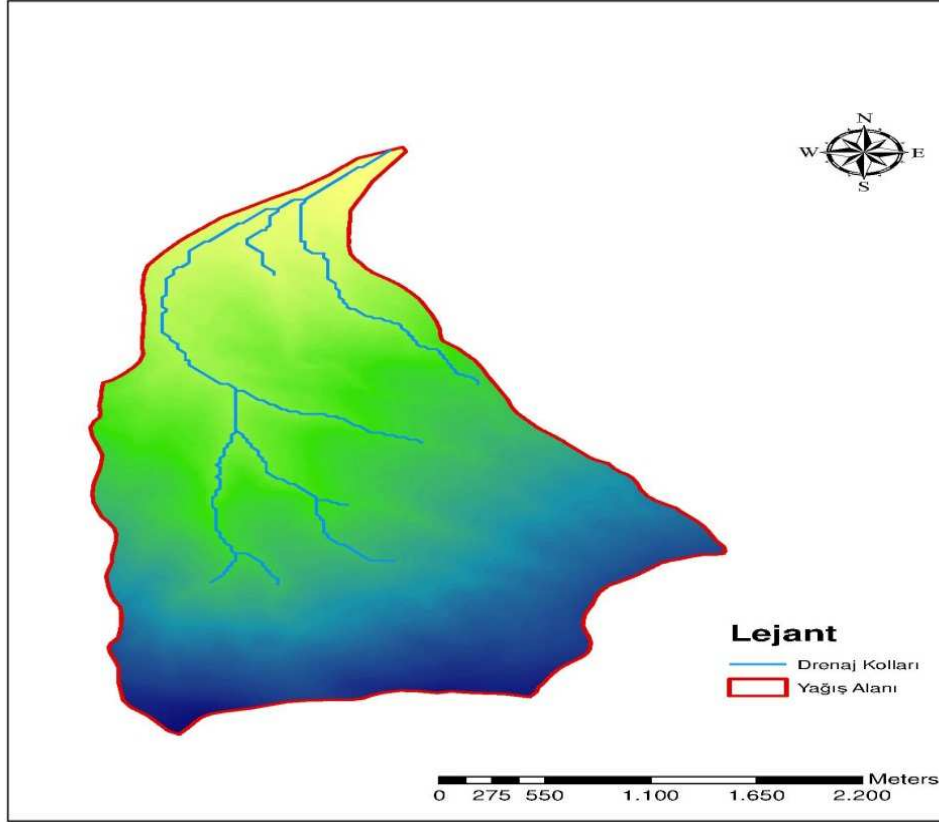
4.1. Çalışma Alanı

Taşkın risk haritalarının üretilerek su yapılarının boyutlandırılması sırasında kullanılan taşkın kontrol debilerinin ekonomik kriterlere göre belirlenmesi konu edilen bu tez çalışmasının uygulamada işe yarayabilmesi için; öncelikle taşkın riski bulunan, yeterince nehir gözlem verisi ve yüksek hassasiyetli topografik verileri mevcut olan bir havza seçilmelidir. Bu nedenle çalışma alanının, Türkiye'nin ve Ege Bölgesinin en verimli ovalarından geçen, tarımsal arazilerde zarar meydana getiren taşkın afetlerinin meydana geldiği havzalardan biri olan Küçükmenderes Havzası'nın alt havzalarından olan Karacaali Havzası'nın seçilmesi kararlaştırılmıştır. Bu model için gerekli olan topografik ve hidrometrik veriler DSİ 2. Bölge Müdürlüğünden alınmıştır.

Çalışma Küçükmenderes Nehri havzasında yer alan Karacaali Çayında uygulanmıştır. Karacaali Çayı ülkenin batısında yer almakta olup, yağış alanı 9.8 km^2 'dir (Şekil 4.2). Küçükmenderes Nehrinin yan kollarından biri olan Karacaali Çayı, İzmir İli, Tire İlçesinin güneyindeki Kömürcü Gediği mevkiinden doğduktan sonra, Tirenin doğusunda bulunan Karacaali Mahallesinden geçerek Küçükmenderes Nehrine dökülür. 5.6 km uzunluğunda olan akarsu ana kolu Küçükmenderes Nehrine güneybatı-kuzeydoğu yönünde dökülmektedir. Havza, yıllık yağışların büyük bir kısmını Ekim ve Nisan ayları arasında almakta, yaz aylarında ise nadiren yağışlar görülmektedir. Nehrin yıllık ortalama akımları 0.96 milyon m^3 'tür (Şekil 4.1).

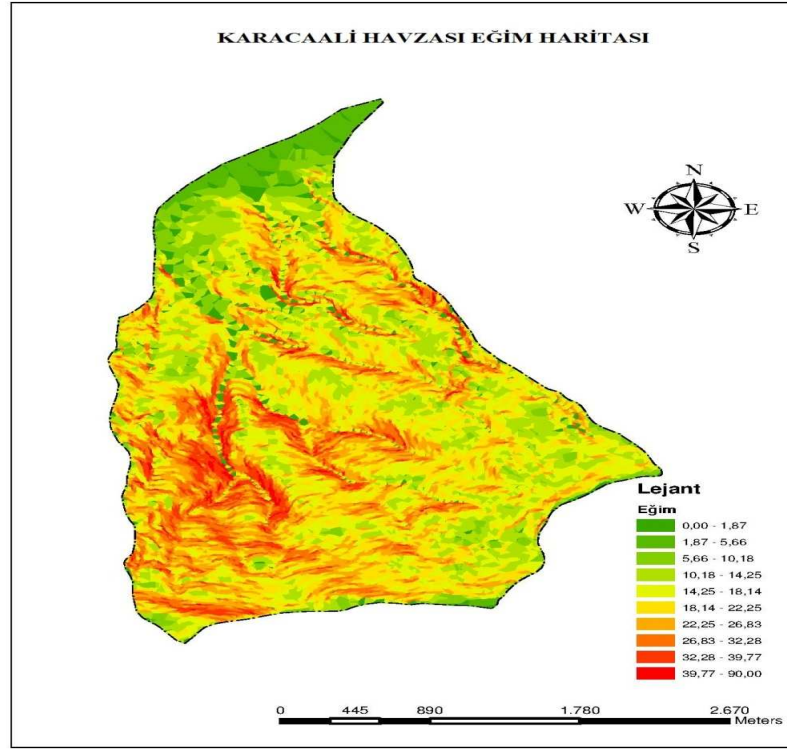


Şekil 4.1 Karacaali çayı havzası genel görünümü ve Türkiye'deki yeri



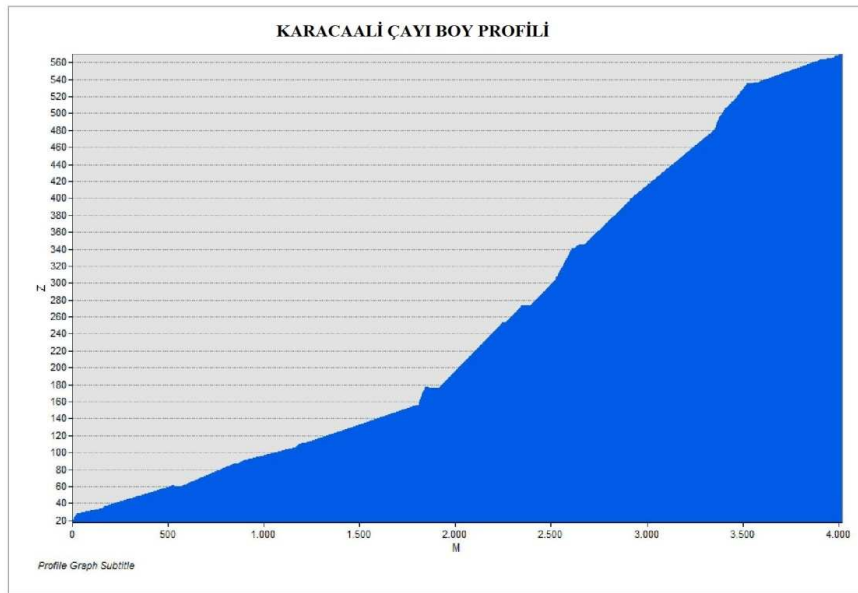
Şekil 4.2 Karacaali çayı havzası drenaj kolları, alt havzalar ve yükseklik haritası

Türkiye'nin en çok yağış alan bölgelerinden olan Ege Bölgesinde bulunan Karacaali Havzası geçmişte, birçok kez taşkın afetiyle karşı karşıya kalmıştır. Ülkenin en çok yağış alan bölgelerinden birinde bulunmasının yanı sıra, dere yatağına yapılan çeşitli müdahaleler de taşkın riskini arttırmaktadır. Havzanın eğimi özellikle üst kotlarda yüksektir. Ana nehir kolu diğer yan kollarla birleştikten sonra çok daha az bir eğimle Küçükmenderes Nehri'ne mansaplanmaktadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Karacaali çay havzası eğim haritası

Çalışma alanı Karacaali Havzası'nın mansabında bulunmasına rağmen, dere yatağı kotları ortalama **350-400** m. arasında değişmektedir. Karacaali ana kolu için nehir boy profili belirlendiğinde, yüksekliğin nehir boyunca değişimi daha net anlaşılabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Karacaali ana çay kolu boy profili

Karacaali Çayı taşkın kontrol debilerinin ekonomik kriterlere göre optimum olarak belirlenmesine geçmeden önce çayın içinde bulunduğu Küçükmenderes Havzasının genel özellikleri tanıtılmıştır.

4.2. Küçükmenderes Havzasının Genel Özellikleri

Küçük Menderes Havzası, Türkiye'nin batısında Gediz ve Büyük Menderes Havzaları arasında sularını Küçük Menderes Nehri ve diğer akarsularla Ege Denizi'ne boşaltan alanı kapsamaktadır. Havza, 38°41'05" ve 37°24'08" kuzey enlemleri ile 28°24'36" ve 26°11'48" doğu boylamları arasında yer alır. Havza alanı yaklaşık 702.931 ha olup, Türkiye'nin yüzölçümünün %0,9'unu kapsamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından gerçekleştirilen 2009 yılı adrese dayalı nüfus sayımı sonuçlarına göre Küçük Menderes Havzası toplam nüfusu 3.322.468 kişidir.

Havza İzmir ilinin büyük bir kısmı ile Aydın ilinin Kuşadası ilçesini kapsar. Doğudan Karadağ, Çulha ve Ayrık (Oyuk) Dağlarıyla; güneyden batıya doğru Beydağ, Kümeli Dağı, kuzeyden batıya doğru ise Bozdağ, Çallıbadağı, Mahmut Dağı ve Kesme Dağları; batıda Ege Denizi ve İzmir Körfezi ile çevrilidir.

Havzayı temsil eden akarsu, Küçük Menderes Nehri ve kollarıdır. Bu sisteme Uluçay, Kocahavran, Çamlı, Keleş, Aktaş Çayları gibi bazı akarsular girmektedir. Akarsuyun denize döküldüğü yerde alüvyon-set gölleri olan Çakal ve Gebekirse Gölleri yer yer bataklıklar halinde göze çarpar.

Toplam yağış alanı 3.225 km² olan Küçük Menderes Havzası'nın uzunluğu 129 km'dir. Yıllık ortalama yağış yüksekliği 622 mm; yıllık ortalama akışı ise 11,45 m³/s dir.

4.2.1. Yerleşim Yerleri

Küçük Menderes Havzası'nda İzmir, Aydın ve Manisa illeri yer almaktadır. İllerin havza sınırları içerisinde kalan alanlarının büyüklükleri çizelge 4.1'de, illerin yüzölçümlerinin Havza alanına göre dağılımı ise şekil 4.5'de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Havzada Yer Alan İller ve Havza İçindeki Alanları

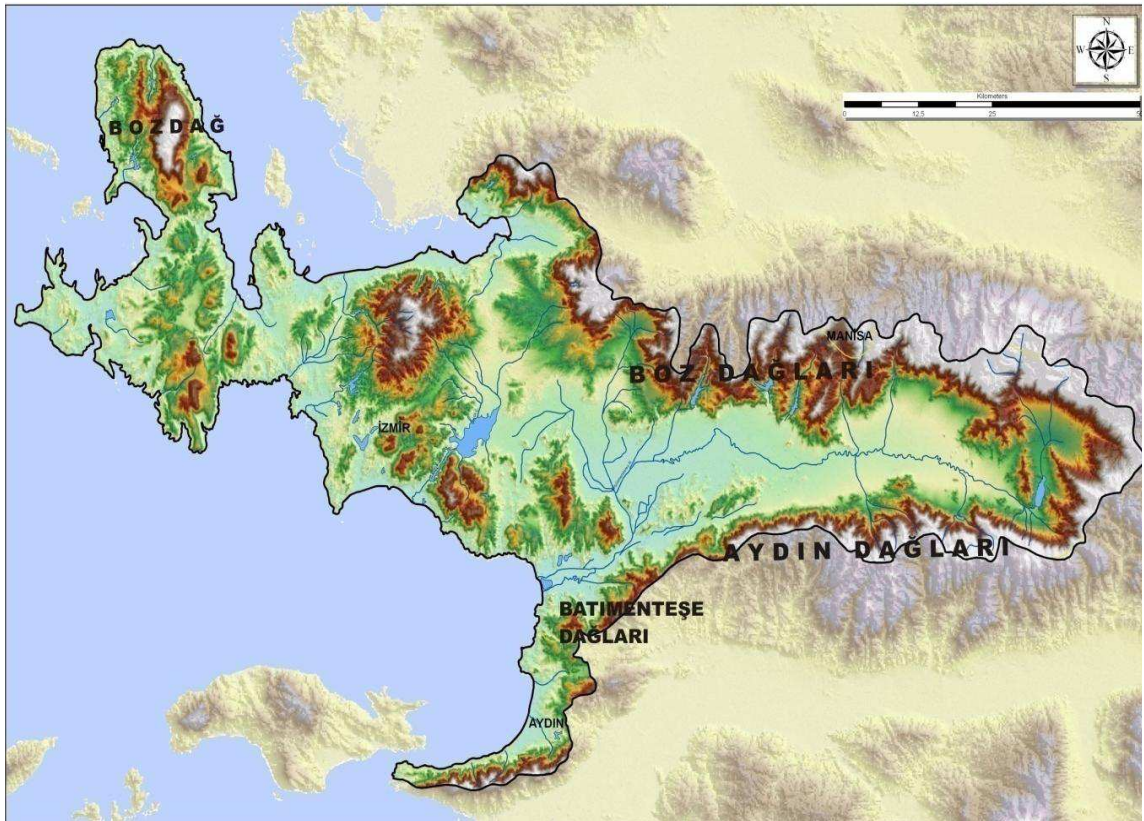
İLLER	TOPLAM ALAN (ha)	İLİN HAVZA İÇİNDEKİ ALANI (ha)	İL ALANININ HAVZAYA GİREN KISMI (%)	HAVZANIN İLLERE GÖRE DAĞILIMI (%)
İzmir	1.197.300	668.858	56	95
Aydın	158.200	25.929	16	4
Manisa	1.381.000	5.658	0,8	1

4.2.2. Coğrafi Durum

Türkiye'nin batısında, Ege Bölgesi'nde yer alan Küçük Menderes Havzası'nın yüzölçümü toplam olarak 702.931 ha olup, su yüzeyleri çıkarıldığında yüzölçümü 668.858 ha dır. Havza doğudan Karadağ, Çulha ve Ayrık Dağları ile güneyden batıya doğru Beydağ, Kümeli Dağı, kuzeyden batıya doğru ise Bozdağ, Çallıba Dağı, Mahmut Dağı ve Kesme Dağları, batıda Ege Denizi ve İzmir Körfezi ile çevrilidir. Kuzey ve doğudan Gediz Havzası, güneyden Büyük Menderes Havzasıyla komşudur.

Dağlar

Havzanın en yüksek dağı kuzeydeki 2.159 m. ile Bozdağ'dır. Bunu sırasıyla 1.603 m. ile Cevizli, 1.587 m. ile Geyik, 1.553 m. ile Çulha, 1.510 m. ile Nif, 1.460 m. ile Oyuk, 1.387 m ile Mahmut ve 1705 m. ile Yamanlar dağları izler. Batıya doğru bu yükseklikler sürekli olarak değişmekte Ödemiş-Tire yöresinde 100 m., Selçuk yöresinde ise 400-600 metreye kadar düşmektedir. Karaburun yarımadasında 1.218 m. yükseklikteki Akdağ'ın dışında kalan doruklar 500-800 m arasındadır. Şekil 4.6'da havzanın fiziki haritası yer almaktadır.



Şekil 4.6 Küçük Menderes havzası fiziki haritası

Ovalar

Komşu Gediz ve Büyük Menderes Ovalarından daha küçük olan Küçük Menderes taşkın ovası, havzanın kuzeydoğu ucunda bulunan Kiraz Ovası, havzanın kuzeybatısında Torbalı'da bulunan Fetrek Ovası, Küçük Menderes Nehri'nin Ege Denizi kenarındaki Selçuk Ovası havzada yer alan ovalardır.

Akarsular

Küçük Menderes Havzası'nın en önemli akarsuyu Küçük Menderes Nehri ve yan kolları olan Fetrek Çayı, Uladı Deresi, Ilıca Deresi, Değirmen Dere, Aktaş Deresi, Rahmanlar Deresi, Pirinçci Deresi, Yuvalı Dere, Ceriközkaya Deresi, Eğridere, Birgi Çayı, Çevlik Çayı ve Keles Çayı'dır. Çizelge 4.2'de havzanın adını da aldığı Küçük Menderes Nehri'nin özellikleri özetlenmektedir.

Çizelge 4.2 Küçük Menderes Nehri özellikleri

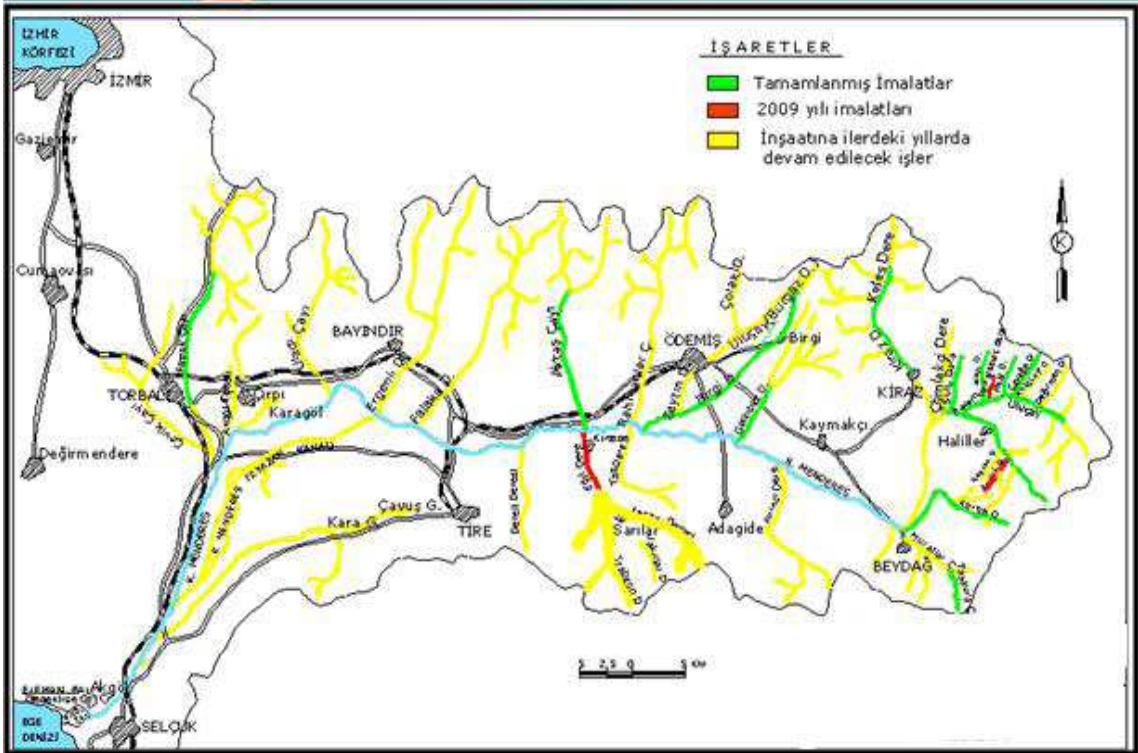
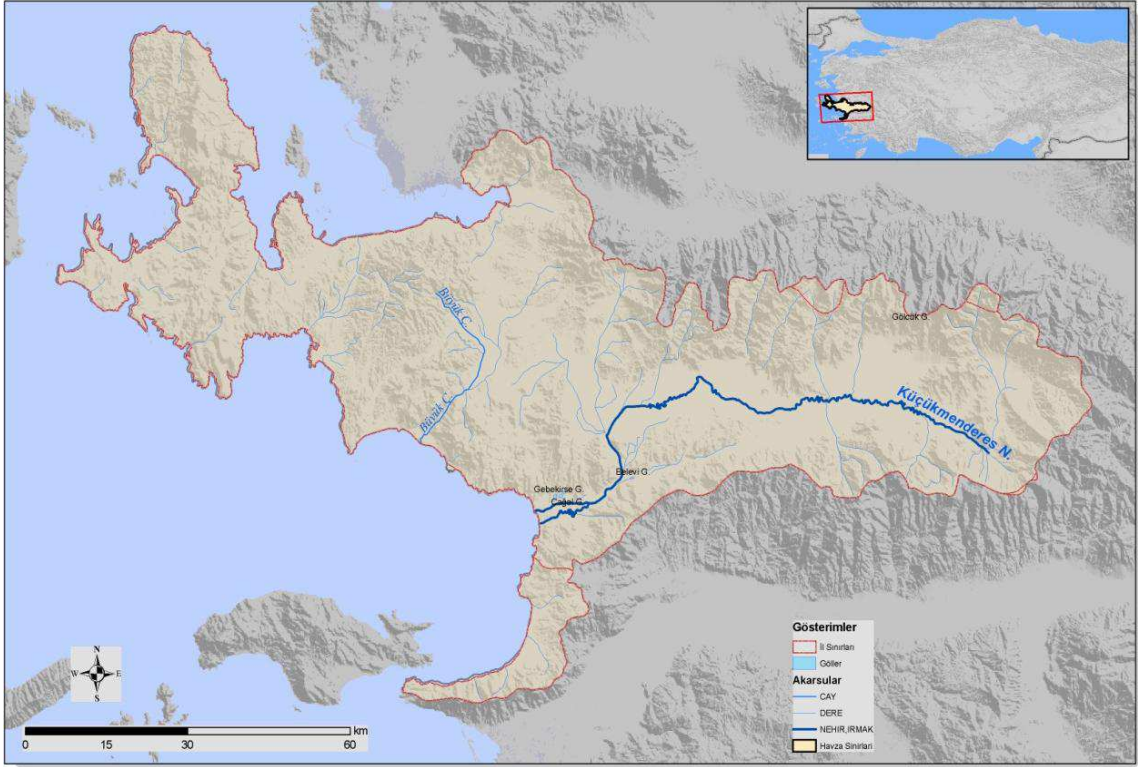
Drenaj Alanı	3225 km ²
Uzunluk	129 km
Ortalama Debi	11,45 m ³ /saat
Ortalama Su Potansiyeli	361 hm ³ /saat
Ortalama Yağış	622 mm/yıl

Küçük Menderes Nehri, Ege Denizi'ne ulaşmaya dek yaklaşık 129 km'lik yol kat eder. Havzanın doğusunda Bozdağ (2.159 m.), Karadağ (1.467 m.) ve Gediktepeler'den (1.241 m.) akan derelerden beslenen ve Kiraz ovasından (yaklaşık 220 m.) başlayan Küçük Menderes Nehri, kuzey-güney yönünde aktıktan sonra Beydağ ilçesinden (170 m.) itibaren doğu-batı istikametinde ilerleyip, Ödemiş Ovasını kat eder ve Torbalı'nın doğusuna (20 m.) kadar akar. Buradan tekrar kuzey güney istikametinde Belevi Boğazı'ndan Selçuk Ovası'na (5 m.) kavuşur ve doğu-batı istikametinde aktıktan sonra Pamucak'ta, Ege Denizi'nde delta oluşturarak dökülür. Nehir kışın kabarıp ve sağanak yağışlar olduğunda, özellikle delta alanı üzerinde yatağından taşarak, geçici bataklıklar oluşturur. Yazın ise sular çok azalır, özellikle kendisini besleyen küçük kollar tamamen kurur.

Çizelge 4.3'de Küçük Menderes Havzası'nda bulunan akarsular tür ve uzunluklarına göre verilmiştir. Tabloda sıralanan dereler 1 km. üzerinde uzunluğu olanlar olarak yer almıştır. Şekil 4.7'de ise havzanın akarsuları Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan alınan alt havzalar üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Küçük Menderes havzasındaki akarsular ve uzunlukları (ÇOB)

AKARSU ADI	TÜRÜ	UZUNLUĞU (m)
Küçük Menderes Nehri	Nehir	129.114
Çevlik Deresi	Çay	12.043
Deveçukuru Deresi	Çay	10.670
Keleş Çayı	Çay	11.557
Kemer Çayı	Çay	6.723
Kervan Çayı	Çay	4.197
Koca Çay	Çay	5.439
Manda Çayı	Çay	7.701
Rahmanlar Çayı	Çay	13.286
Tahtalı Çayı	Çay	12.749
Uladi Çayı	Çay	4.710
Fetrek (Vişneli) Çayı	Çay	12.544
Yassı Çayı	Çay	11.945
Boğaz Deresi	Dere	16.602
Çay Deresi (Değirmen Dere)	Dere	10.771
Değirmen Deresi	Dere	10.261
Döşeme Deresi	Dere	11.272
Gök Dere	Dere	22.932
Ilıca Deresi	Dere	14.231
Kızılkaya Deresi	Dere	10.306
Koca Dere	Dere	11.678
Fetrek (Vişneli) Deresi	Dere	13.783
Aktaş Deresi	Dere	8.943



Şekil 4.7 Küçük Menderes havzasının akarsular haritası

Göller

Havzada irili ufaklı göller bulunmaktadır. Bu göllerden başlıcaları, Bozdağın batısında Gölcük Gölü, Yamanlar Dağı üzerinde tipik krater gölü olan Karagöl, Torbalı-Selçuk arasında sığ bir göl olan Belevi Gölü ve Küçük Menderes Nehri'nin getirdiği alüvyonlardan oluşan Çakal Boğaz Gölü, Barutçu ve Gebekirse Gölleridir. İzmir ve çevresi için rekreasyon ve dinlenme alanı olarak kullanılan bu göllerden Gölcük, çevresindeki tarım arazilerinin sulanması amacıyla da kullanılmaktadır. Toplam su kaynağı 2.564 hm³/yıl'dır. Ayrıca, sulama ve kullanma amacıyla oluşturulmuş göletler bulunmaktadır. Bunlar Ataköy, Balabandere, Dokuz Eylül, Mordoğan, Sandıdere ve Ulamış Göletleri'dir. Çizelge 4.4'de havzanın önemli gölleri ve alanlarını gösterilmektedir.

Çizelge 4.4 Küçük Menderes havzasında bulunan göller ve kapladıkları alan

GÖLÜN ADI	ALAN (m²)
Belevi Gölü	140687
Gölcük Gölü	7206
Gebekirse Gölü	628958
Çağal Gölü	601075

İklim ve Bitki Örtüsü

Küçük Menderes Havzası'nda, Akdeniz ikliminin tipik özellikleri görülür. Akdeniz ikliminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Yıllık toplam yağışın yaklaşık yarısı kışın düşer. Kıyı kuşağında, kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar, karlı ve soğuk geçer. Havzada Akdeniz iklim özelliklerine bağlı olarak gelişen bitki örtüsü, yükseltinin düşük olduğu kısımlarda bodur bitkiler, yüksek kısımlara doğru karışık tipte ağaç toplulukları ve iğne yapraklı ormanlardan oluşur.

Toprak Yapısı ve Jeolojik Durum

Küçük Menderes Havzası, Batı Anadolu'da yer alan, uzun eksenli batı-doğu gidişli bir çöküntü havzası niteliğindedir. Havzanın, paleotektonik ve neotektonik dönemler itibarıyla bölgesel konumu şöyle özetlenebilir.

Paleotektonik açıdan Küçük Menderes Havzası; anatolidler olarak tanımlanan ve Türkiye'nin önemli tektonik birimlerinden biri olarak bilinen kaya topluluğu içinde yer alır. Bu kaya topluluğunun alan içindeki en önemli üyelerinden biri Menderes masifidir. Menderes masifi, yaklaşık 40.000 km²'lik bir alanda yüzeyleşen metamorfik bir çekirdek temel ve bu temel üzerinde gelişen örtü birimlerinden oluşur. Masif, kuzeyden İzmir-Ankara Kenet kuşağı ile güneyden ise Likya napları ile sınırlanır.

Neotektonik açıdan ise Küçük Menderes Havzası; "Batı Anadolu Grabenler" olarak tanımlanan çöküntü havzalarından biridir. Küçük Menderes Havzası, kuzeyden Salihli-Turgutlu-Alaşehir arasında yer alan Gediz ve güneyden Bafa gölü-Aydın-Denizli arasında yer alan Büyük Menderes çöküntüleri ile sınırlıdır.

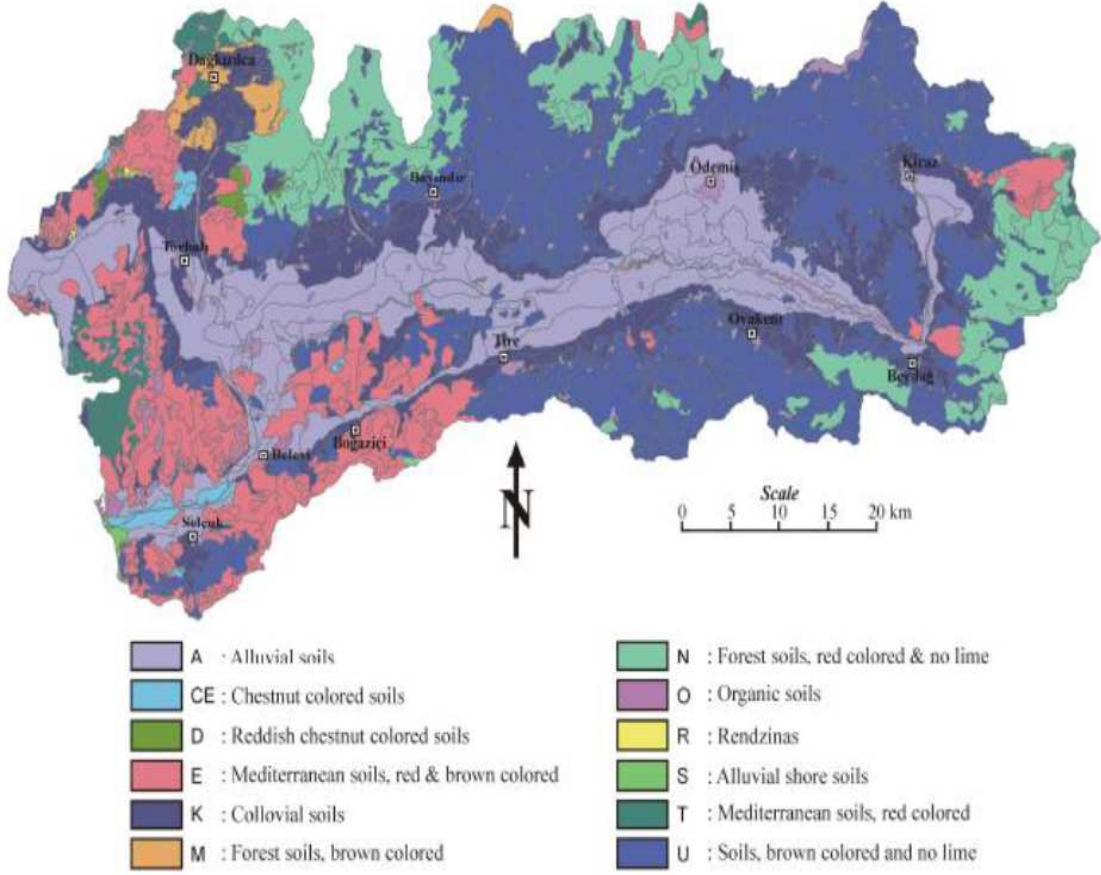
Genel olarak, Küçük Menderes Havzası temeli oluşturan Paleozoik yaşlı menderes masifi metamorfikleri, bunun üzerine diskordant olarak gelen üst Kretasenin fliş ve kalkerleri ile bunlara uyumsuz olarak oturan Neojen istifleri ve Kuaterner yaşlı çökellerden oluşur.

Etüt bölgesinde, Hersinyen ve Alpin Orojenezine ait hareketler vardır. Paleozoik formasyonlar, Hersinyen, Kretase ve Neojen formasyonları da Alpin Orojenezin muhtelif fazlarındaki tesirler altında kalarak kıvrılmış ve kırılmışlardır. Bölge son yapısını Pliosen sonundaki hareketlerle (Vallakien Fazı) kazanmıştır.

Kretase tabakaları arasında görülen serpantinler, bu devir tabakaları oluşurken meydana gelen deniz dibi ultrabazik intrüzyonlar ile oluşmuş, sonraki tektonik hareketlerle de bugünkü yerlerini almışlardır. Riolit, riodasit ve andezitlerle bunların tüflerine ait volkanik formasyonlar ise, Neojen'e aittir.

Küçük Menderes Havzası'nda, toprak yapısı incelendiğinde toprak tiplerini iki ana gruba ayırmak mümkündür. Bunlardan ilki, alçak kısımlardaki azonal topraklar, ikincisi ise yüksek kısımlardaki intrazonal ve zonal topraklardır. Zonal ve azonal topraklar arasındaki fark sadece oluşma mekanizmalarındaki farktan ve nispeten eski ve yeni olmalarından ileri gelmez. Yükseklik farkı ve özellikle meyil, yetiştirilen ürünler, uygulanan ziraat sistemleri ve verim açısından da, zonal ve azonal topraklar arasında önemli ayrımlıklar mevcuttur.

Bölgenin geniş ve alçak ovalar ile yamaçlar arasında gözlenen coğrafi farkın sebeplerinden biri de, ova ile yamaçlardaki toprakların farklı özellikler göstermesidir. Yamaçlarda özellikle zonal topraklar, buna karşılık düz ve derin alüvyal ovalarda azonal topraklar hâkimdir. Azonal topraklar ziraat bakımından daha elverişli imkânlarla sahiptir. Şekil 4.8'de toprak grupları dağılımı verilmiştir. Bu harita 2008 yılında yapılan MATRA projesinden alınmıştır. Çizelge 4.5'de ise Küçük Menderes alt havzalarında yer alan önemli toprak grupları verilmiştir.



Şekil 4.8 Küçük Menderes Nehri alt havzasında yer alan önemli toprak gruplarının dağılımı

Çizelge 4.5 Küçük Menderes Nehri alt havzası'nda yer alan önemli toprak grupları

Sembol	Toprak Yapısı	Kapladığı Alan (%)
O	Organik Toprak	0,1
D	Kırmızı, Kestane Renkli Toprak	0,4
CE	Kestane Renkli Toprak	0,8
M	Kahverengi Renkli Orman Toprağı	2,1
E	Kırmızı-Kahve Renkli Akdeniz Toprağı	13,9
K	Kolloviaal Toprak	16,3
A	Alüvyal Toprak	19,7
U	Kahverengi Renkli, Kireçsiz Toprak	32

4.2.3. Meteorolojik Bilgiler

Küçük Menderes Havzası'nda, Akdeniz iklim özellikleri etkilidir. Akdeniz ikliminde; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Yıllık toplam yağışın yaklaşık yarısı kışın düşer. Kıyı kuşağında, kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar, karlı ve soğuk geçer. Kuraklık fazla değildir. Yarı nemli kuşakta yer alan Küçük Menderes Havzası sınırının doğusu ve güneydoğusunun toplam yağış miktarı, bölgenin diğer kısmından daha fazladır. İzmir'in doğusunda Torbalı-Bayındır'dan itibaren Küçük Menderes Ovası'nı içine alan bölümde toplam yağış miktarı bölgenin diğer fazlalık gösterir. Havzanın en az yağış aldığı ay Ağustos ayı, en çok yağış aldığı ay ise Aralık ayıdır.

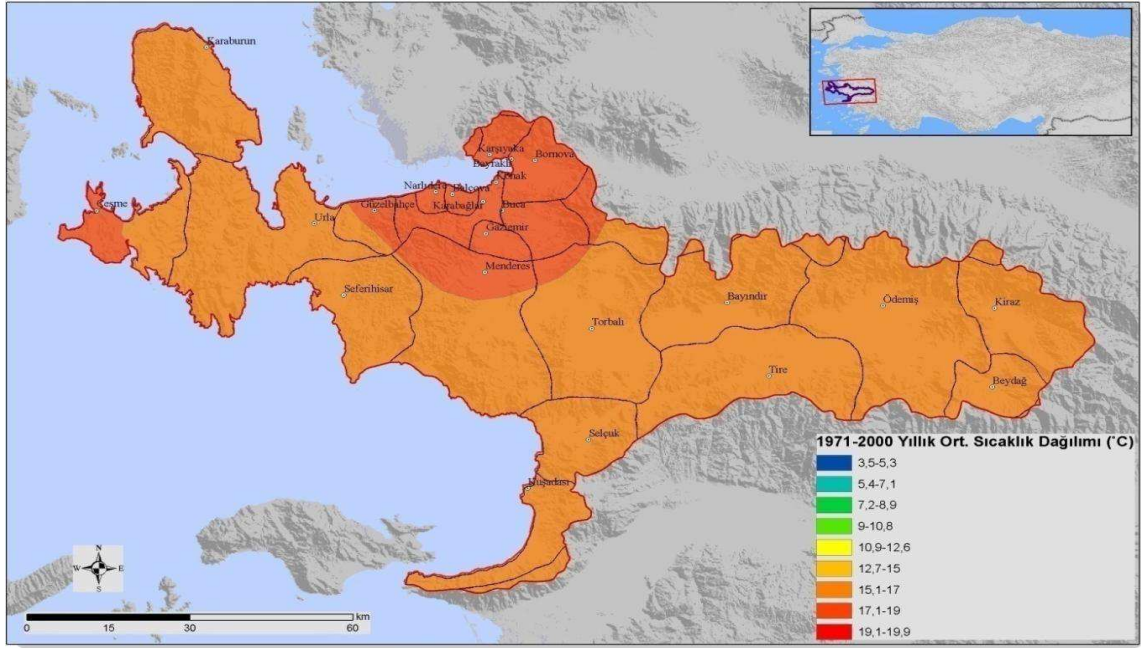
Küçük Menderes Havzası ve çevresinde değişik özelliklerde çok sayıda meteoroloji istasyonundan saatlik rasat yapan "büyük klima" istasyonlarının verileri değerlendirmeye alınmıştır. Çizelge 4.6'da havzada mevcut olan meteoroloji istasyonlarının yerleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 Küçük Menderes havzasında yer alan gözlem istasyonları (DMI)

İstasyon Adı	İstasyon No	Rakım (m)	Enlem	Boylam
İzmir (Merkez)	17220	25	38.26	27.10
Çeşme	17221	5	38.19	26.18
Bornova	17790	27	38.28	27.13
Seferihisar	17820	21	38.21	26.50
Ödemiş	17822	118	38.14	27.58
Selçuk	17854	17	37.57	27.22
Kuşadası	17232	22	37.52	27.15

Sıcaklık

Sıcaklık, iklim elemanlarının en önemlisidir. Küçük Menderes Havzası'nda yer alan istasyonlardan alınan verilere göre hazırlanan şekil 4.9'daki yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde; yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin 16,3°C civarındadır. Ortalama sıcaklıklar bakımından hiçbir ayın ortalamasının 0°C altına düşmediği görülür. Soğuk devreyi karakterize eden sürede ortalama sıcaklıklar 8°C üzerindedir. Sıcak devreyi karakterize eden yaz aylarında ise, ortalama sıcaklık 25°C üzerindedir. Sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos'tur.



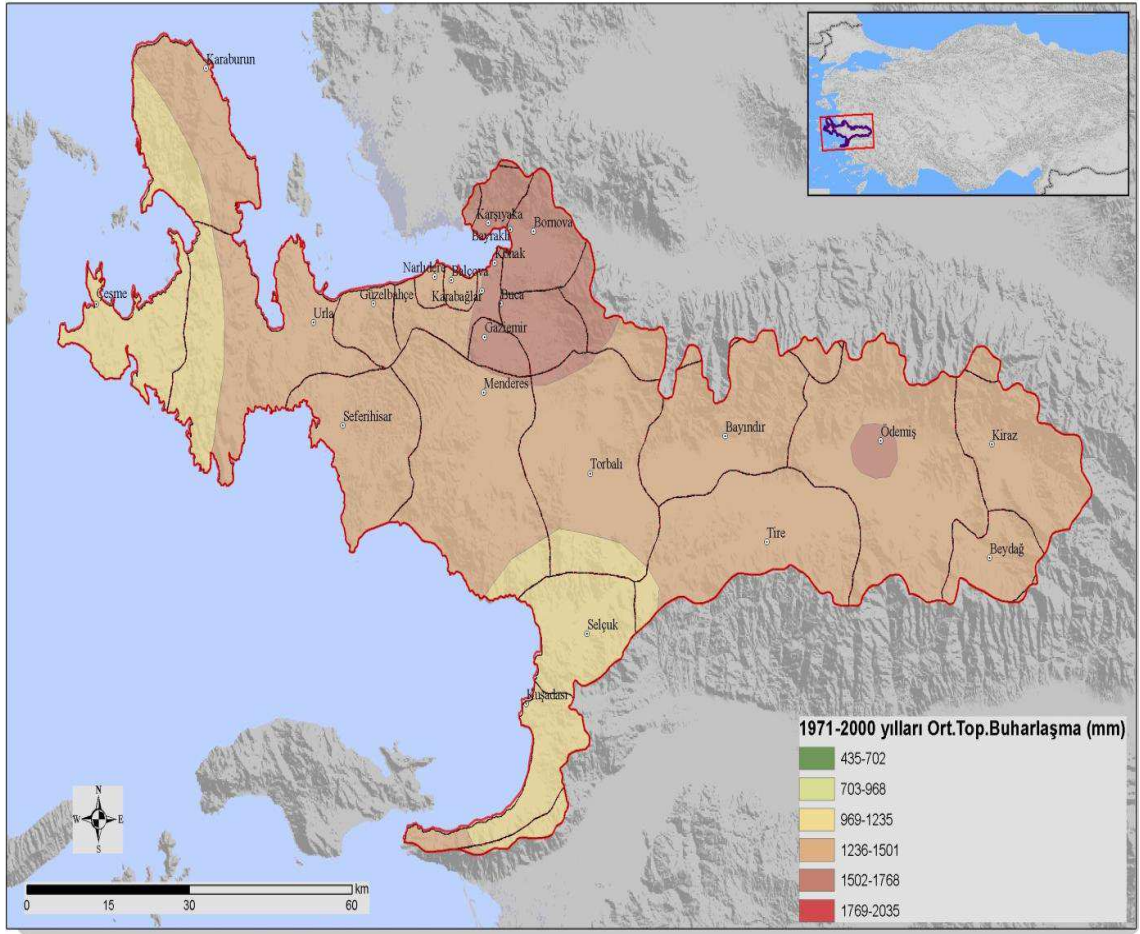
Şekil 4.9 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama sıcaklık dağılımı (1971-2000)

Buharlaştırma

Çizelge 4.7'de havzanın yıllık ortalama buharlaştırma değerleri, şekil 4.10'da ise havzanın buharlaştırma haritası yer almaktadır. Verilen değerlerden de görüldüğü gibi buharlaşmanın en yoğun olarak ölçüldüğü istasyonlar İzmir Merkez, Bornova ve Ödemiş'tir.

Çizelge 4.7 Küçük Menderes havzası aylık ortalama buharlaştırma (mm) (DMİ, 1975-2009)

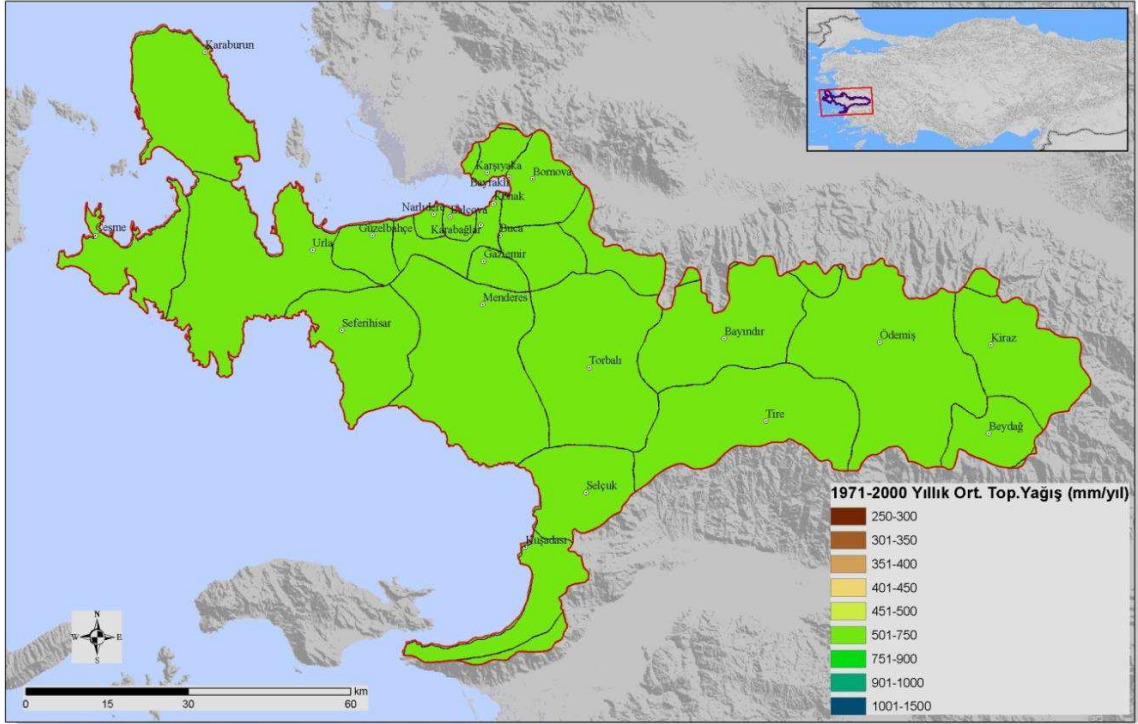
İstasyonlar	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
İzmir	2,4	1,5	12,2	118,5	179,5	242	282,6	246,1	175,9	109,9	57,5	24,5
Çeşme	5,4	3,3	15,8	83,5	141,5	195,2	218,5	202,7	144,2	98,1	52,1	19,3
Bornova	10,2	13	26,3	92,9	149	216,8	275,7	266,3	178,5	108,8	51,5	14,3
Seferihisar			5,2	107	173,6	243,2	290	297,6	182,6	111,3	49,3	5
Ödemiş			7,3	95,2	171,8	274,3	318,2	276,9	184,2	99,5	23,4	4,9
Selçuk	1,5		5,5	95,3	145,1	204,1	239,3	201	146,6	86,5	41,6	11,5
Kuşadası	29,5	26,8	71,9	117,5	171,4	228,9	260,8	231,2	167	112,4	74	40,5
Ortalama	9,8	11,2	20,6	101,4	161,7	229,2	269,3	246	168,4	103,8	49,9	17,1



Şekil 4.10 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama buharlaşma dağılımı (1971-2000)

Yağış

Küçük Menderes Havzası, Akdeniz yağış rejimi özelliklerine sahiptir. Maksimum yağış, basınç şartlarının son derece kararsız olduğu kış ortasına, minimum da mevsimin sıcak ve havanın son derece sabit olduğu yaz aylarına düşer. Havzada yağış özellikleri incelendiğinde ise, yıllık yağışların 50 mm. civarında olduğu ve bu yağışın kış aylarında (kış aylarında 100 mm. civarında) düştüğü görülür. Buna karşılık yaz aylarında ise yağış miktarı yok denecek kadar azdır. Aralık, Ocak, Şubat, aylarında önemli miktarda yağış alan havzadaki yağış miktarı, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında düşer. Küçük Menderes Havzası'nda kar şeklindeki yağışlar ve karın yerde kalma süresi yok denecek kadar azdır. Şekil 4.11'de havzanın ortalama yağış dağılımını gösterir haritalar verilmektedir.



Şekil 4.11 Küçük Menderes havzası yıllık ortalama toplam yağış dağılımı (1971-2000)

Rüzgar

Küçük Menderes Havzası'nda hakim rüzgar esiş yönleri incelendiğinde, rüzgar yönlerinin farklılığında rölyefin ve denizin etkisi hissedilir. Doğu-batı istikametinde Ege Denizi'ne uzanan Küçük Menderes oluğu topografya şartları bakımından sağladığı elverişli şartlar dolayısıyla batıdan gelen siklonların doğuya hareketini kolaylaştıran doğal bir yoldur. Devlet Meteoroloji Enstitüsü Genel Müdürlüğü'nden İzmir-Merkez istasyonunda WNW yönlü, Çeşme'de SSW yönlü, Bornova'da NE yönlü, Seferihisar'da N yönlü, Ödemiş'te WSW yönlü, Selçuk'ta W yönlü, Kuşadası'nda NNW yönlü rüzgarların yıllık esme sayıları yüksek çıkmıştır. Havza genelinde kuzey sektörlü rüzgarlar hakimdir. Ölçülen en yüksek rüzgâr hızı Seferihisar'da 3,5 m/s olarak tespit edilmiştir.

Kuzeyden esen rüzgârlar yazın havanın sıcaklığını düzenlemekte olup, bu rüzgarlar Hazirandan sonra esmeye başladığından havanın nemini almaktadır. Güney rüzgarlarıysa ilkbahar ve sonbaharda ve özellikle kış mevsiminde yağmur ihtiyacını sağlar.

Alp Dağlarının kuzeyinden, Tuna Havzası'ndan, Balkan Yarımadası'nın kuzeyinden geçerek Karadeniz'in güney kıyıları ve Kafkasya'nın güney etekleri boyunca uzanan hava akımları Ege Denizi illerinde değişmez bir karakter gösteren "etesiae" (eteziyen) rüzgarlarını oluşturur.

Eteziyen rüzgarları, Nisan ayında etkisi göstermeye başlasa da Mayıs ayında etkisi daha fazla hissedilip yağışın azaldığı Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında etkisi en fazla düzeye ulaşarak Eylül ayında itibaren etkisi azalmaktadır. Soğuk enlemlerden sıcak enlemlere esen etesien rüzgarları kuru rüzgarlardır; estikleri bölgede sema açık, hava sabit, buharlaşma şiddetlidir.

Bulutluluk

Küçük Menderes Havzası'ndaki yıllık ortalama bulutluluk İzmir'de 3,3; Çeşme'de 3; Bornova'da 3,1; Seferihisar'da 3,1; Ödemiş'te 3,3 Selçuk'ta 2,9; Kuşadası'nda 3; tür. En düşük değere kıyıya yakın Selçuk'ta rastlanır. Aylık ortalama bulutluluğun en fazla olduğu Aralık ayında Ödemiş'te 5,3; Selçuk'ta 4,9; Kuşadası 5; Seferihisar 5,3 tür. Havzanın bulutlu olduğu gün sayısı genel olarak 3,3-3,6 gün arasında olup, bulutlanma havzanın güneyine doğru azalmaktadır.

Güneşlenme

Havzada yıllık ortalama güneşlenme 7,6 sa/gün değerindedir. Güneşlenmenin en yoğun olduğu aylar Haziran-Temmuz ve Ağustos aylarıdır (ortalama 11,5 sa/gün), en az olduğu dönem Aralık ve Ocak aylarıdır (ortalama 4 sa/gün).

Havzadaki istasyonlar arasında güneşlenme değeri karşılaştırıldığında, Küçük Menderes Nehri etrafındaki ilçelerin ve Kuşadası Bölgesi'nin en yoğun güneş alan bölgeler olduğu görülmektedir.

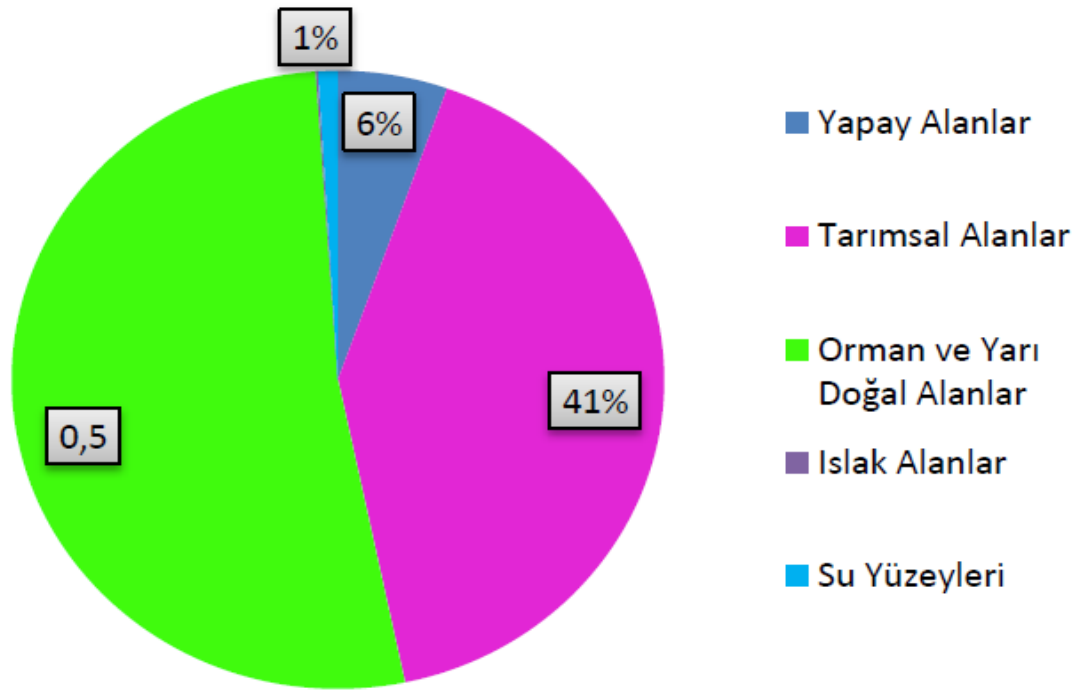
4.2.4. Arazi Kullanımı

Küçük Menderes Havzası, ülkemizin en verimli topraklarından bir bölümüne sahip olup, hem ürün kalitesi hem de ürün verimi açısından tarımsal potansiyeli yüksektir. Başlıca tarım ürünleri zeytin, pamuk, buğday, patates ve tütündür.

Havzadaki arazi kullanım dağılımı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan alınan verilere dayanılarak "CORINE" sınıflandırmasına göre belirlenmiştir. Buna göre havzadaki arazilerin % 41'i tarımsal alan, % 52'si orman ve yarı doğal alan, %1'i su yüzeylerini ve % 6'si ise diğer alanları içermektedir. Havzadaki arazi kullanım durumu çizelge 4.8'de özetlenip, şekil 4.12'de grafik üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Küçük Menderes havzası arazi kullanımı (ÇOB, 2009)

Arazi Dağılımı	Alan (ha)
Yapay Alanlar	38.230
Tarımsal Alanlar	290.06
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	366.99
Islak Alanlar	8.02
Su Yüzeyleri	6.04
TOPLAM	702.9

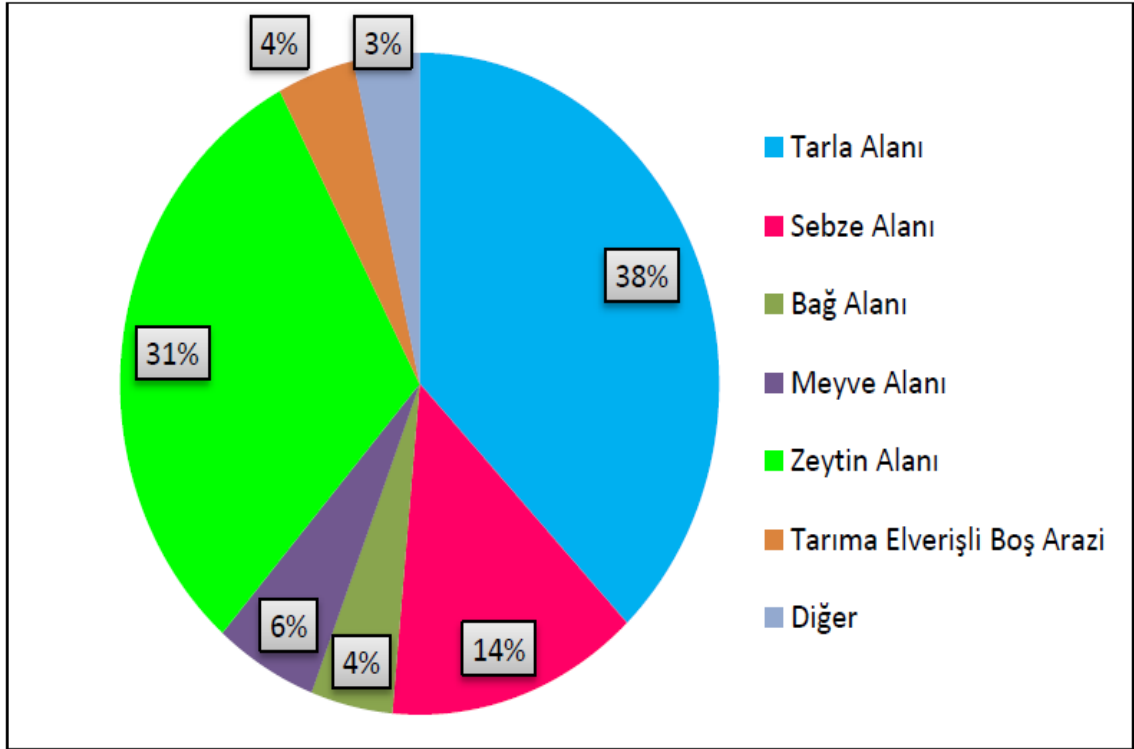


Şekil 4.12 Küçük Menderes havzası arazi kullanımının dağılımı

Şekil 4.12'de görüldüğü üzere orman ve yarı doğal alanların, diğer bir ifadeyle orman, maki veya otsu bitki ve bitki örtüsü az ya da olmayan alanların arazi dağılımı daha çoktur. Havzada tarımsal alanlar dağılımı da neredeyse orman ve yarı doğal alanlar olmak üzere havzanın diğer yarısını kapsamaktadır. Şehir, ulaşım, maden, boşaltım sahaları veya yapay tarımsal alan olmak üzere yapay alanlar havzada %6'lık bir dilimi kapsamaktadır. Havzada karasal bataklık ve denize yakın ıslak alan olmak üzere ıslak alanlar havzada çok az bir alanda bulunmaktadır.

4.2.5. Tarım

702.931 ha alana yayılan Küçük Menderes Havzası'nda tarım yapılan topraklar 290.067 ha olup, Havzanın yaklaşık %41'ni oluşturmaktadır. Tarım alanlarının %52'si sulu, %48'i kuru tarım alanıdır. Havzada yetiştirilen en önemli ürünler zeytin, pamuk, tütün, hububat, üzüm, domates ve biberdir. Şekil 4.13'de İzmir İl Çevre Durum Raporu 2007'den faydalanılarak, kullanım şekline göre tarım arazisi dağılımı verilmektedir.



Şekil 4.13 Küçük Menderes havzasında kullanım şekline göre tarım arazisi dağılımı

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi, havzadaki tarım arazileri tarla, sebze, bağ, meyve, zeytin alanları olarak ayrılmaktadır. Bu dağılım içinde %4 olmak üzere tarıma elverişli boş alan olduğu görülmektedir. Şekilde diğer başlığı altında süs bitkileri, narenciye, kavaklık ve nadas alanları %3'lük bir dağılım göstermektedir.

Toplam tarım alanı havzaya giren ilçeler bazında karşılaştırıldığında, Ödemiş ilçesinde diğerlerine nispeten daha çok alan olduğu görülmektedir. Tire, Torbalı ve Bayındır gibi Küçük Menderes Nehri etrafına toplanmış diğer ilçeler ise Ödemiş'i takip etmektedir. Havzada bulunan Balçova, Gaziemir, Karşıyaka, Konak, Narlıdere gibi büyük ilçelerde ise tarım alanının çok az olduğu görülmektedir.

Havzada Küçük Menderes Nehri etrafındaki Bayındır, Beydağ, Kiraz, Ödemiş, Selçuk, Tire ve Torbalı ilçelerinde yapılan tarım faaliyetlerine bakıldığında, bu bölgede yapılan tarımın Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Küçük Menderes Nehri etrafındaki bu 7 ilçede tarım arazisi dağılımı incelendiğinde; toplam tarım alanı % 49, tarla alanı % 22, zeytin alanı % 12, sebze alanı % 9, meyve alanı % 4, tarıma elverişli boş arazi % 2, bağ ve kavaklık alan % 1 oranında yer tutmaktadır. Küçük Menderes Havzası'nda, meyve ve sebze bahçeleriyle özellikle zeytinliklerin geniş yer tutması, bağ ve bahçe tarımının önemini göstermektedir. Tarım alanlarının ilçelere göre dağılımı sırasıyla Ödemiş, Torbalı, Tire, Bayındır, Menderes ve diğerleri olarak takip etmektedir.

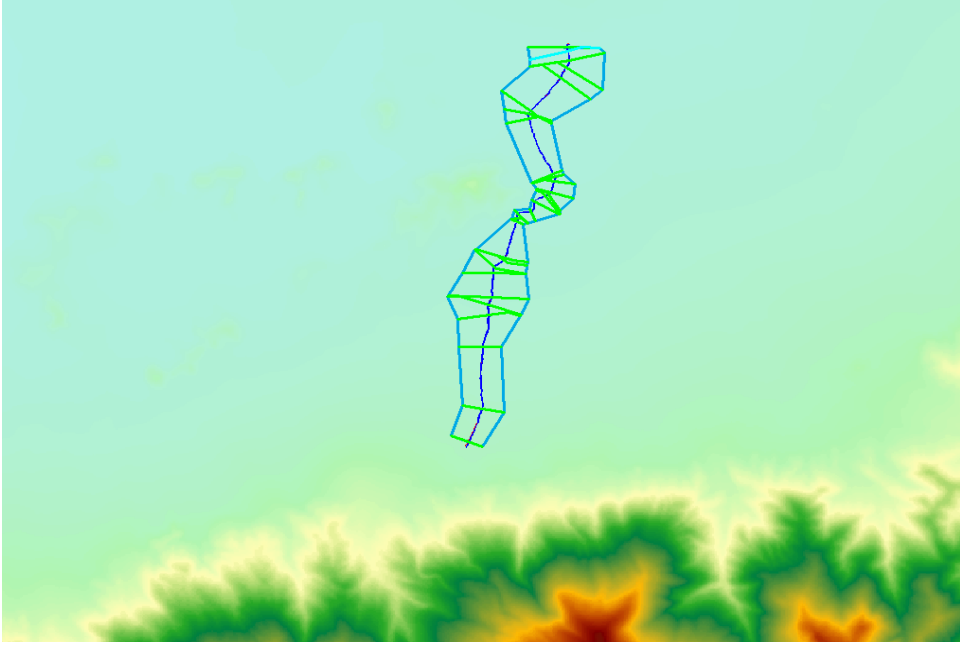
4.3. Arc-Gis Programında Arazi Modelinin Kurulması

Veriler toplanıp istatistiksel analizlere paralel olarak, arazinin 3 boyutlu modeli kurulur. Böylece hidrolik analizlerin yapılacağı kesitlere, aktarma işleminden önceki son hali verilmiş olur. Karacaali Havzası'nın merkezinde bulunan, mevcut topografik ve hidrometrik veriler göz önüne alındığında en zengin bölge olan ve arazi çalışmalarında en riskli bölge olarak çayın Tire-Ödemiş karayolundan itibaren Küçükmenderes Nehri'ne mansaplandığı kısım, bu tez çalışmasının uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.14).



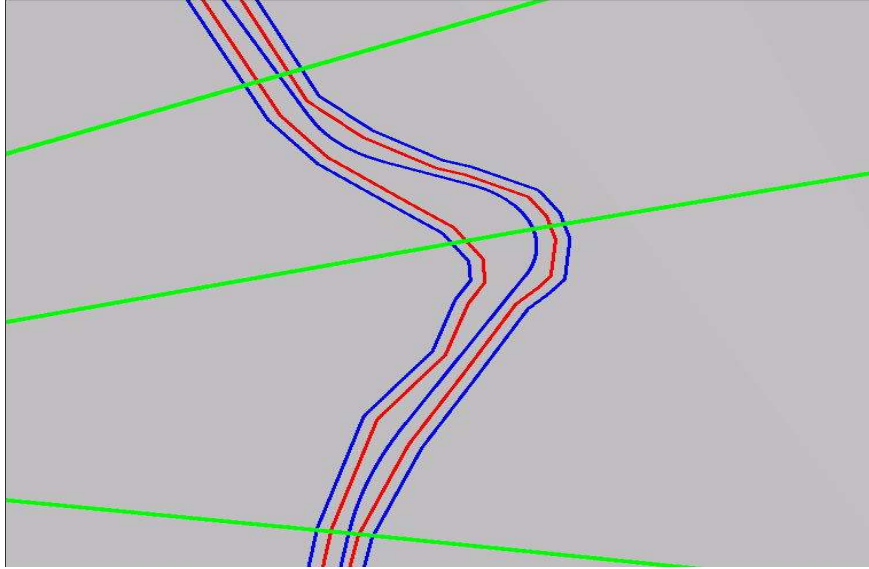
Şekil 4.14 Taşkın risk haritası üretilen bölge

Çalışma alanında DSİ 2. Bölge Müdürlüğünden elde edilerek uygun koordinat sisteminde bir araya getirilen topografik veriler sayısallaştırılmış ve en detaylı harita elde edilmiştir. Bu harita kullanılarak ilk önce ArcGIS programı yardımıyla 3 boyutlu raster arazi modeli (DEM) oluşturulmuştur (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Hazırlanan son topografik verilerden oluşturulan ve arazi kullanımını içeren DEM

Üretilen bu haritalar üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak, akım merkez çizgileri, enkesit konumları, sağ ve sol sahil geçiş yerleri sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 DEM verisi üzerinde HEC-GeoRAS kullanılarak yapılan sayısallaştırmalar

ArcGIS ve HEC-GeoRAS kullanılarak tüm bu modelleme ve sayısallaştırma işlemleri bittikten sonra, veriler hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HECRAS'a gönderilmeye hazır hale getirilir.

4.4. Mockus Yöntemi ile Karacaali Taşkın Debisinin Hesaplanması

Eğer havzaya ait yeterli miktarda akım ölçümleri mevcut ise taşkın debilerinin hesabında istatistik yöntemler olumlu sonuçlar verebilir. Ancak yağış alanlarının birçoğunda birim hidrografın çıkarılabilecek yağış – akış bilgileri mevcut değildir. Bu nedenle sentetik birim hidrograflar geliştirilmiştir.

Bu konuda geliştirilmiş çok sayıda metot bulunmaktadır. Bunların hemen hepsinin bir drenaj alanında kullanılmadan önce hangi havza için çıkarıldığının ve havza özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Çünkü formüllerin çoğunun denendikleri drenaj alanlarının özellikleri de iklim şartları da aynı olmadığından, aynı büyüklükteki drenaj alanları için her birinin verdiği sonuçlarda farklı olmaktadır. Tez konusu dahilinde Karacaali Çayı üzerinde yapılan taşkın debisi hesaplamalarında yeterli miktarda yağış ve akış ölçüm bilgileri mevcut olmadığı için taşkın debileri sentetik yöntemlerden olan Mockus Yöntemine göre hesaplanmıştır.

Mockus yöntemi, hesabının pratikliği ve üçgen hidrografının çizim kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Üçgen hidrograflar, rezervuarlarda ve akarsu yataklarındaki ötelemelerde de eğrisel hidrograflar kadar hassas neticeler vermekte, sadece hidrograf kuyruğunun projelendirmeye tesir ettiği hallerde eğrisel hidrograflar zorunlu olmaktadır. Ayrıca üçgen hidrografların eğrisel hidrograflara dönüştürülmesi hassasiyetleri bozulmadan mümkün olmaktadır.

Mockus yöntemi, toplanma zamanı (T_c) 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanabilmekte, daha büyük alanlarda drenaj alanı tali parçalara ayrılarak her bir parça için çizilecek hidrograflar geciktirme sürelerine göre süperpoze edilmektedir. Yağışın değişkenliği nedeniyle hesaplanacak taşkınlarla alınacak ΔD birim sağanak süresinin doğru seçilmesi önemlidir.

İlk 6 saatlik proje sağanak süresi için ΔD çoğunlukla 1 saattir. Toplanma süresi (T_c)'nin 3 saatten az olduğu hallerde ise ΔD pratik olarak 0,5 alınır. Toplanma süresinin 10 ile 15 saat olması halinde ΔD 2 saat, 15 saatten 30 saate kadar olması halinde ise ΔD 'nin 3 saat alınması tavsiye edilmektedir.

Havzanın taşkın debisinin (Q_p) birimi $m^3/s/mm$ dir. Yani debi; $h_a = 1$ mm alındığında 1 mm lik akışın oluşturacağı debidir. Bulunan bu debi maksimum akış yüksekliği ile çarpılarak maksimum taşkın debisi bulunmuş olur. K katsayısı 0,208 kabul edilmiştir (Özdemir, 1978).

Yöntemlerin uygulanması sırasında gerekli olan bazı parametreler tüm yöntemlerde kullanıldığı için önceden hesap edilmeleri uygulamalarda kolaylık sağlayacağı görülmektedir.

Bu parametreler havza alanının hesabı, havza alanının uzunluğu, havza alanının ağırlık merkezinin havza giriş-çıkış noktasına olan en fazla uzaklığı, drenaj alanının uzunluğu, drenaj alanının eğimi ve yağış yüksekliğidir. Formüllerde kullanılan tüm parametreler DSİ 2. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

Formüllerde kullanılacak yağış yüksekliği bulunurken; Karacaali Çayı için yağış yükseklikleri için Tire DMİ istasyonunda gözlenen yağış ölçümleri kullanılmıştır.

Tire DMİ istasyonundan elde edilen yağış yükseklikleri Çizelge 4.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.9 Karacaali Çayı yağış yükseklikleri (mm)

Tekerrür Aralığı (Yıl)	2	5	10	25	50	100
Yağış Yüksekliği (mm)	65,23	84,25	96,85	112,77	124,57	136,29

Karacaali Çayının Eğimi, Havza Alanı, Havza Uzunluğu ile her bir tekerrür aralığı için Havza Proje Akış yükseklik değerleri Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.10 Hesaplarda kullanılacak parametreler

Dere Adı	Eğim S (%)	Alan A (km²)	Havza Uzunluğu L (m)
Karacaali Çayı	0,112	9,8	5600

Çizelge 4.11 Havza proje akış yükseklikleri (mm)

Tekerrür Aralığı (Yıl)	2	5	10	25	50	100
Akış Yüksekliği ha (mm)	3,01	6,71	9,72	14,04	17,55	21,25

$$\text{Geçiş süresi } T_c = 0,00032 \times L^{0,77} / S^{0,385} = 0,00032 \times 5600^{0,77} / 0,112^{0,385} = 0,57 \text{ saat}$$

$$\text{Taşkını oluşturan yağışın süresi } D = 2 \times \sqrt{T_c} = 2 \times \sqrt{0,57} = 1,51 \text{ saat}$$

$$\text{Pik debiye ulaşma süresi } T_p = 0,5 \times D + 0,6 \times T_c = 0,5 \times 1,51 + 0,6 \times 0,57 = 1,09 \text{ saat}$$

Havzanın birim taşkın debisi $Q_p = K \times A \times ha / T_p = 0,208 \times 9,8 \times 1 / 1,09 = 1,86 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$ bulunmuştur.

Karacaali Çayının Mockus Yöntemine göre bulunan 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık Taşkın Debileri Çizelge 4.12'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.12 Hesaplanan taşkın debileri

Dere Adı	Tekerrür Aralığı (Yıl)	Akış Yüksekliği ha (mm)	Havzanın Birim Taşkın Debisi ($\text{m}^3/\text{s}/\text{mm}$)	Hesaplanan Taşkın Debisi (m^3/s)
Karacaali Çayı	2	3,01	1,86	5,62
	5	6,71	1,86	12,51
	10	9,72	1,86	18,12
	25	14,04	1,86	26,17
	50	17,55	1,86	32,71
	100	21,25	1,86	39,62

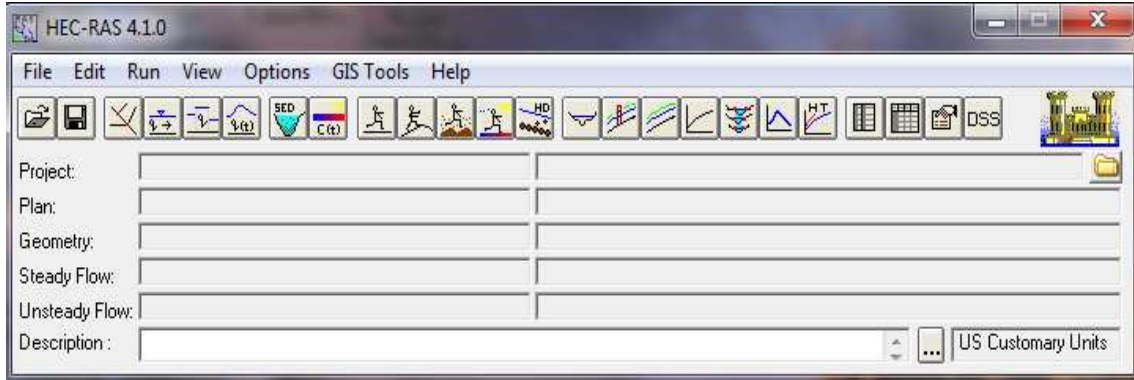
$$Q_{500} = Q_{10} + Z_{500} \times (Q_{100} - Q_{10}) = 18,12 + 1,692(39,62 - 18,12) = 54,5 \text{ m}^3/\text{s} \quad Z_{500} = 1,692$$

$$Q_{1000} = Q_{10} + Z_{1000} \times (Q_{100} - Q_{10}) = 18,12 + 1,99(39,62 - 18,12) = 60,7 \text{ m}^3/\text{s} \quad Z_{1000} = 1,99$$

olarak hesaplandı.

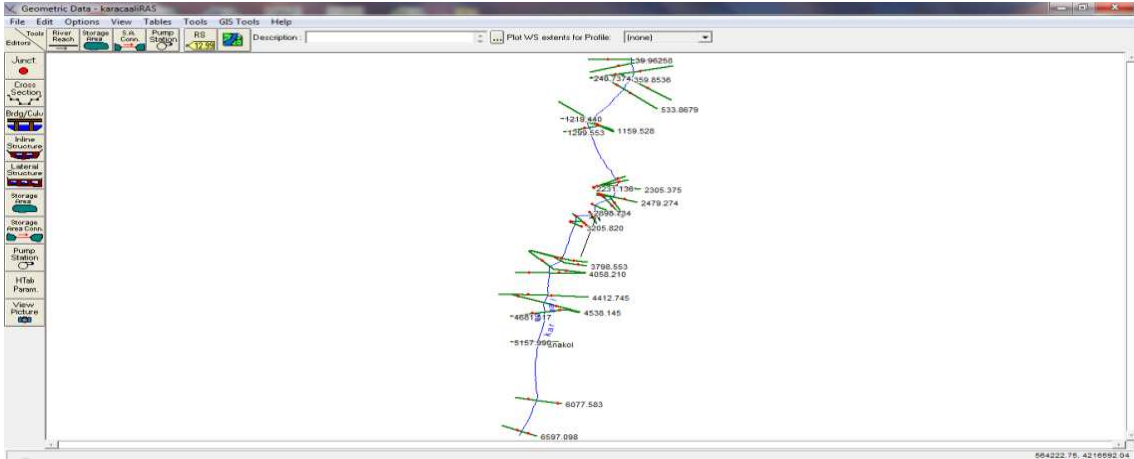
4.5. Hidrolik Analizler

Hidrolik hesaplamaların yapılacağı HEC-RAS programının teknik özellikleri kullanılan yöntemde Bölüm 3.7'de anlatılmıştır. Bu program, ArcGIS ile dışarıdan uyumlu olarak çalışabilmesi, ücretsiz olması, grafiklerinin kullanıcı tarafından rahat anlaşılır olması, nehir akım modellerinin daha uygulanabilir olması nedeniyle diğer paket programlara tercih edilmiştir (Şekil 4.17) (Methods, 2003).



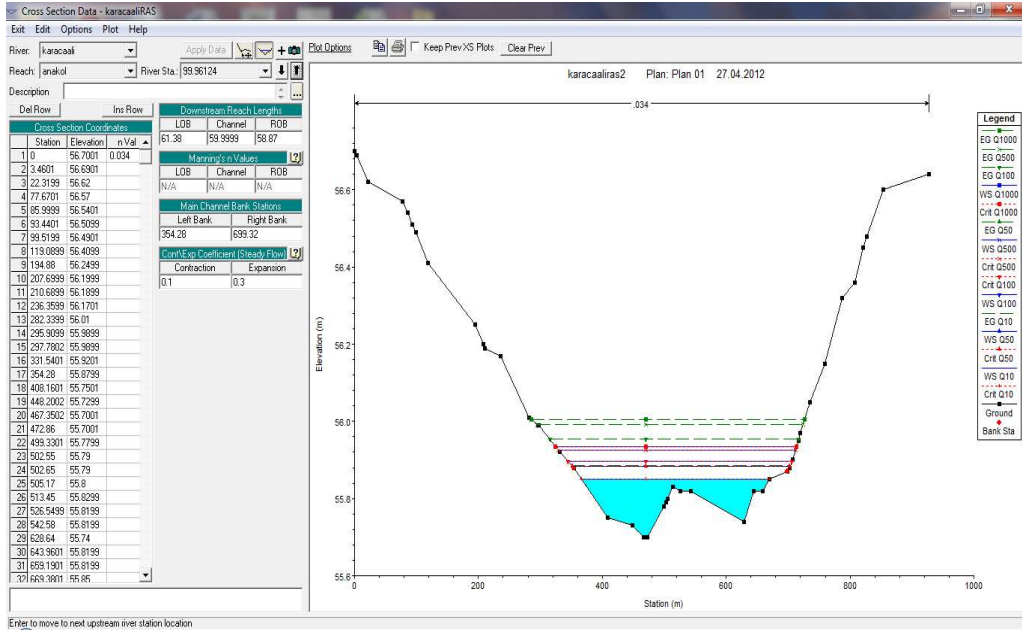
Şekil 4.17 HEC-RAS programının ana menüsü

CBS yardımıyla uygulama alanı için hazırlanan jeomorfolojik veriler HEC-RAS programına aktarılmıştır (Şekil 4.18). Bu yöntemin uygulanması durumunda elde edilen en önemli avantajlar, tüm kesitlerin tam koordinatlarında bulunması ve kesit özelliklerinin tümüyle 3 boyutlu arazi modelinden okunmasından dolayı hiçbir verinin (kesitler arasındaki mesafeler, kesitlerin sol baştan başlayarak tüm kotlarının girilmesi, Manning pürüzlülük katsayıları, vb.) elle sonradan tanımlanmasına gerek kalmamasıdır. Arazi modeli HEC-RAS'a aktarıldıktan sonra Karacaali Çay yatağında da neredeyse 6 km civarında topografik veri kayıtlı hale gelmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Arazi modelinden HEC-RAS'a gönderilen kesitlerin yerleşimi

Bu verilerin otomatik olarak aktarılması ve teker teker sisteme tanıtılması haftalar alacaktır. Çünkü her bir kesitte onlarca farklı kot okuması bulunmaktadır ve bu kesit yerlerini tam koordinatına yerleştirmek, yani kesitler arası mesafeleri tam olarak girmek de son derece güçtür (Şekil 4.19).

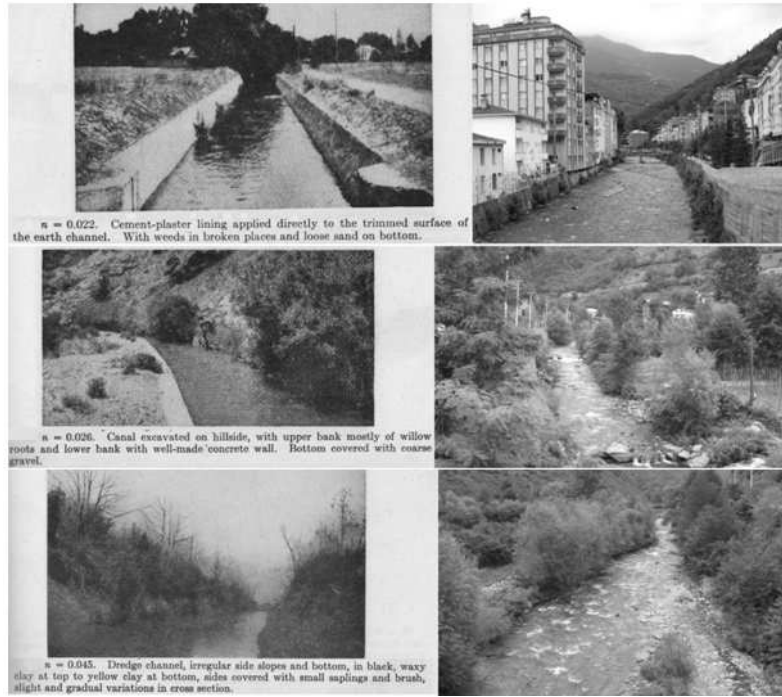


Şekil 4.19 HEC-RAS'a gönderilen veriden örnek bir topografik kesit

Bu metot ile kesitin hangi nehrin hangi kolunda bulunduğu (River, Reach), kesitte yapılan ölçümlerin soldan başlayarak kotları (Cross Section Coordinates), ana kanal sınırları (Main Channel Bank Station), daralma ve genişlemede kullanılacak kayıp katsayıları (Cont/Exp Coeff.), bir sonraki (mansaptaki) kesitle arasındaki mesafeler (Downstream Reach Lengths) ve Manning pürüzlülük katsayıları tüm kesitler için otomatik olarak aktarılmıştır (Şekil 4.19) (HEC, 2009).

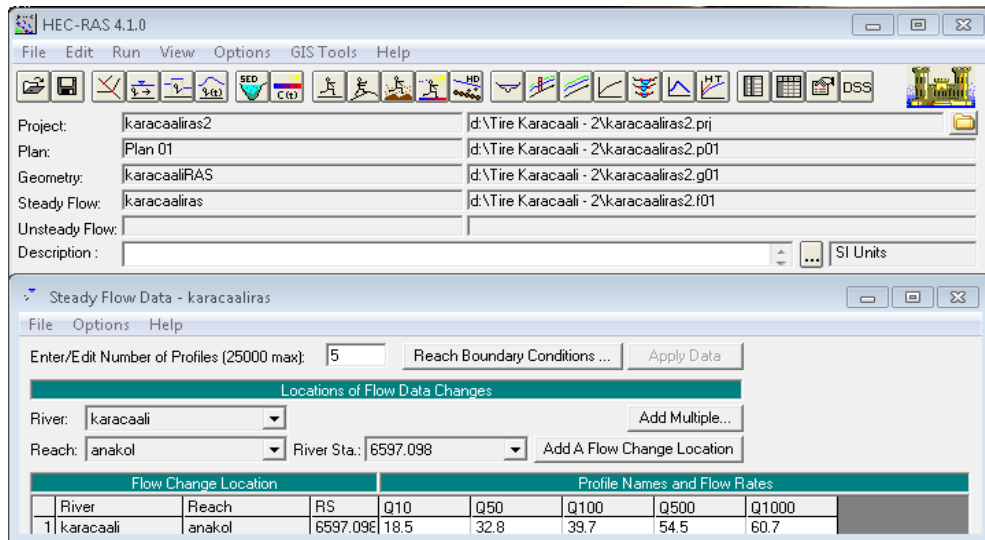
HEC-GeoRAS'ta arazi ile ilgili bilgiler tanımlanırken sonucu en fazla etkileyen parametre olan Manning pürüzlülük katsayıları; arazi çalışmaları, DSİ yayınları ve Ven Te Chow tarafından belirlenen referans fotoğraflar kullanılarak, en uygun şekilde tespit edilmiştir (Şekil 4.20). Daha sonra topografik verilerle beraber HEC-RAS'a otomatik olarak aktarılır. Çalışmanın yapıldığı bölümde herhangi bir debi-anahtar eğrisi bulunmadığından bu aşamada su yüzü profillerinin kalibrasyonu yapılamamıştır. Ancak bu çalışma için debi-anahtar eğrisi tespit edildiği an, su yüzü kotları kontrol edilebilir ve herhangi bir uyumsuzluk anında tüm pürüzlülük değerleri tablodan rahatlıkla değiştirilip, enkesit bilgileri tek hamleyle HEC-RAS'a yeniden aktarılabilir ve su yüzü seviyeleri yeniden hesaplanabilir. Bu işlemler çok kısa sürdüğünden model oluşturulduktan sonra sonuca gidebilmek, eldeki veriler oranında kolaylaştırılmış olur.

Karacaali Çayı yatağının Manning pürüzlülük değeri bol sediment taşımamasından ötürü manning pürüzlülük katsayısı $n=0,034$ olarak alınmıştır. Taşkın kontrol yöntemi olarak dere yataklarının yan yüzeyleri için; iki tarafı harçlı pere kaplama iken $n=0,022$ değerleri kullanılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Araziden izlenimlere göre kullanılan referans fotoğraflar ve seçilen Manning pürüzlülük değerleri (Chow, 1959)

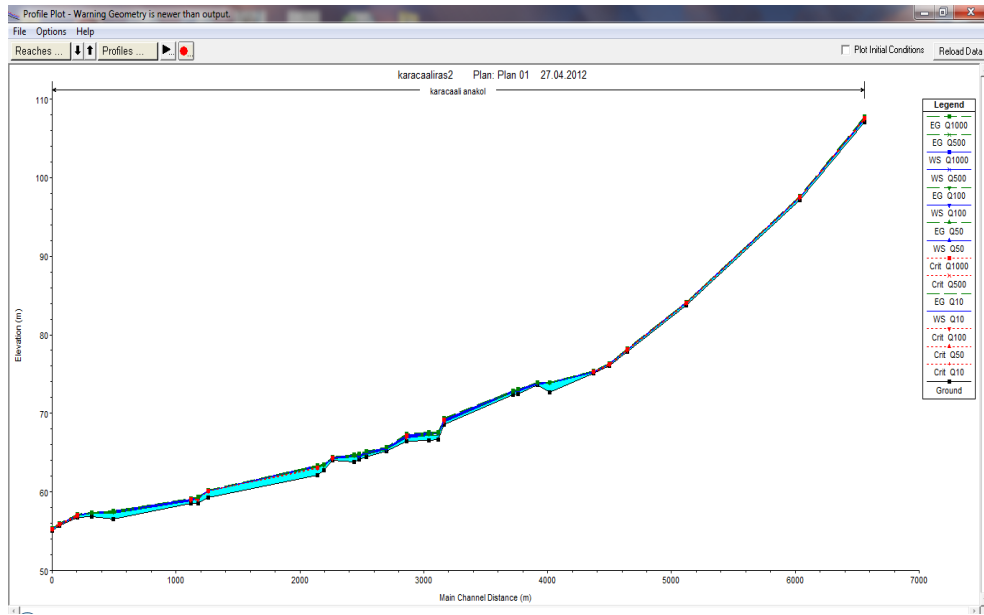
Uygulama alanının tüm fiziksel şartları HEC-RAS programında sağlandıktan sonra Mockus yöntemi ile bulunan; 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıl yinleme periyotlarına sahip debi değerleri, ayrı ayrı sisteme girilmiş ve birbirinden farklı 5 senaryo için su yüzü profilleri tespit edilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Karacaali çayına ait debi değerlerinin HEC-RAS'a girilmesi

Hidrolik analizler öncesi, Karacaali Çayının memba ve mansap kısımlarındaki akarsuda normal akım derinliğine karşı gelen taban eğimi değerleri kollar üzerinde hesaplanmıştır ve sınır koşulu olarak sisteme girilmiştir. Daha sonra da hesaplamalar yapılmış ve tüm senaryolar için su yüzü seviyeleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; Karacaali Çayı ana kolunda tüm senaryolar için su yüzü seviyeleri elde edilmiştir. Bulunan su yüzü seviyeleri farklı frekanslara sahip debiler için ayrı ayrı gösterilebilir (Şekil 4.22).

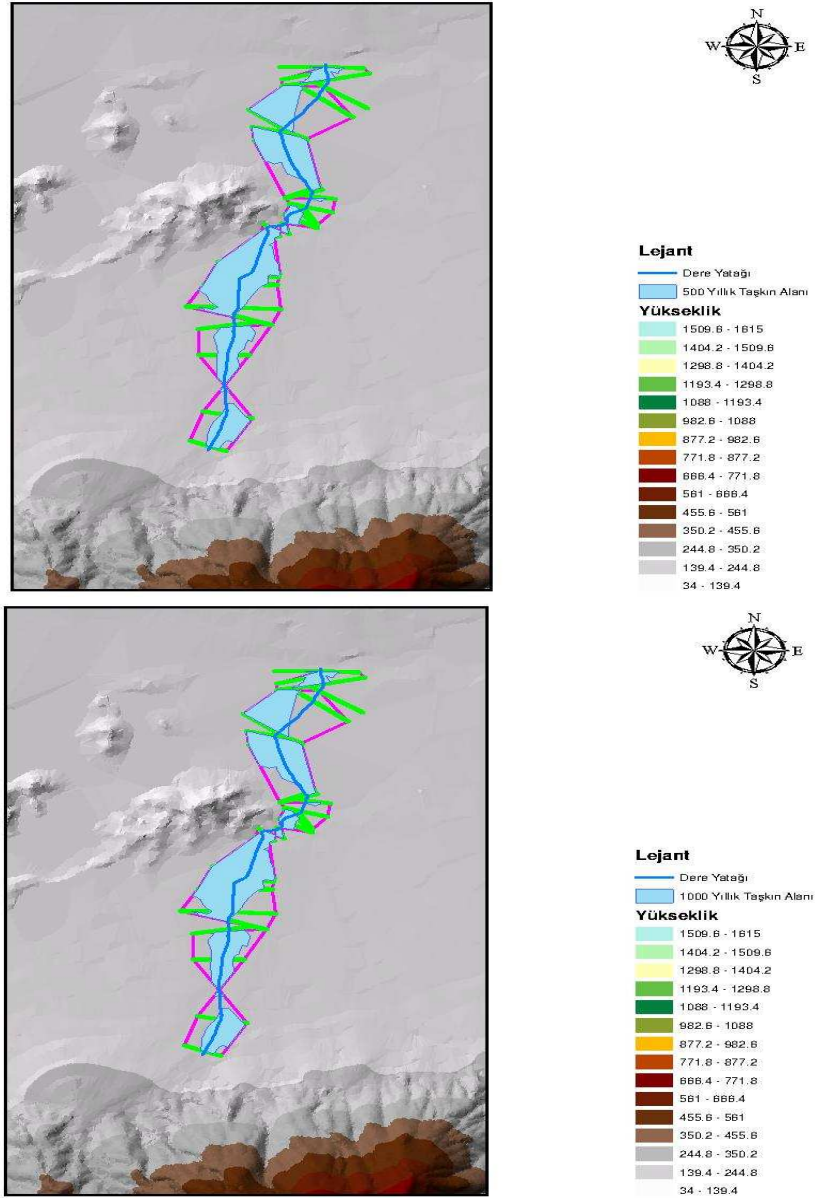


Şekil 4.22 Karacaali çayında 500 ve 1000 yıl tekrürlü debilerin oluşturduğu su yüzü profilleri

4.6. Taşkın Risk Haritalarının Tespiti

Karacaali Çayı'nın Tire-Ödemiş karayolundan itibaren Küçükmenderes Nehri'ne mansaplandığı kısmın taşkın analizleri HEC-RAS programı ile yapıldıktan sonra, akım yükseklikleri elde edilmiş ve CBS'ye aktarılmıştır. Böylece; çeşitli frekanslardaki debilerin oluşturacağı taşkın alanları tespit edilmiştir. Taşkın yataklarındaki çeşitli amaçlar için kullanılan arazilerin ne kadarının zarar görebileceği vb. analizler CBS ile üç boyutlu olarak gösterilebilir.

Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri ArcGIS'e aktarılırken, HECGeoRAS alt programından yararlanılmıştır. ArcGIS programı içerisinde, HECGeoRAS yardımıyla HEC-RAS'tan alınan su yüzü kotlarını içeren çıktı dosyası, çeşitli aşamalardan geçirilerek arazi modeli üzerine eklenmeye hazır hale getirilmiştir. Sonuç olarak 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıl yinelenme periyotlarına sahip debiler için 5 farklı taşkın senaryosu incelenmiş ve oluşabilecek taşkın risk alanları belirlenmiştir (Şekil 4.23)



Şekil 4.23 Çeşitli yinelenme periyotlarına sahip debilere göre oluşturulan taşkın risk haritaları

Taşkın risk haritaları oluşturulan 5 farklı senaryoya göre, taşkın suları altında kalacak arazilerin büyüklükleri debilere göre farklılık göstermektedir. Buna göre Q_{10} debisi meydana geldiğinde 149,87 ha alan taşkın suları altında kalırken, Q_{1000} debisinin oluşma anında bu rakam 179,87 ha kadar ulaşmaktadır (Çizelge 4.13).

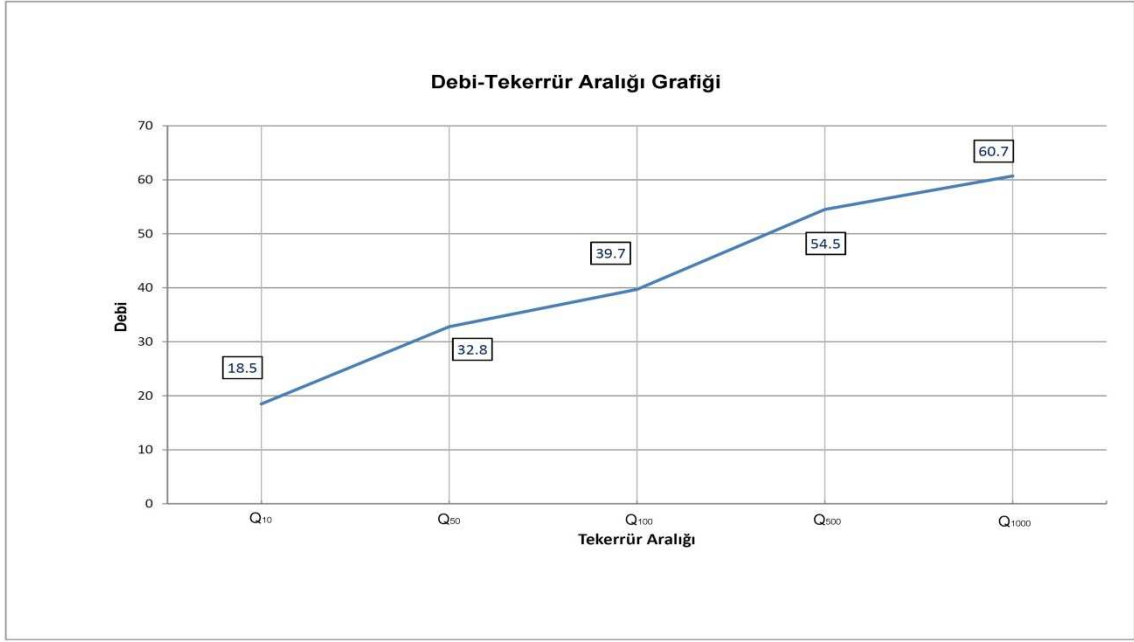
Çizelge 4.13 Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar

Yinelenme Dönemi (Tr, Yıl)	10	50	100	500	1000
Su Altında Kalan Alan (ha)	149,87	163,17	168,17	177,06	179,87

4.7. Hidroekonomik Analiz

4.7.1. Debi-Yineleme Bağlantısının Oluşturulması

Taşkınların oluşturacağı zarar su seviyesine bağlıdır. Akarsudaki seviye debi ile ilişkilidir. Her debi de belli bir dönüş aralığına, ya da aşılmama olasılığına (frekansına) karşı gelir (Şekil 4.24). Taşkın kontrolü yöntemleri bu ilişkileri çeşitli şekillerde değiştirerek sonuç olarak taşkın neden olacağı zararın azaltılmasını sağlar.



Şekil 4.24 Karacaali Çayı Debi-Tekerrür Aralığı grafiği

4.7.2. Taşkın Kontrolünün Faydasının Hesaplanması

Taşkın kontrolü piyasada satın alınan bir mal niteliği taşımadığı gibi taşkın kontrolü sağlandığında bazı kişiler bunun dışında kalamayacağı ve kendi paylarına düşen maliyeti dolaysız olarak ödetmek mümkün olmadığı için taşkın kontrolünün faydası ancak önüne geçilen taşkın zararına bağlı olarak hesaplanabilir. Bunun için önce taşkın zararının hesaplanması gerekir (Beyazıt, 1994).

Taşkın zararlarının hesabında çeşitli belirsizliklerle karşılaşılır. Bu belirsizlikler pik debi-dönüş aralığı ilişkisindeki belirsizlik, anahtar eğrisindeki belirsizlik ve taşkın zararı-seviye ilişkisindeki belirsizlikten kaynaklanır. Sonuç olarak belli bir seviyedeki taşkın neden olacağı zarar kesin olarak belirlenemez Ancak eldeki bilgileri en iyi şekilde kullanarak bu zararın değeri tahmin edilir (Beyazıt, 1994).

Tezimize konu olan bölgenin özelliklerine göre taşkından etkilenecek zarar kalemi olarak yalnızca tarımsal zarar değerlendirilmiştir. Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar çizelge 4.13'den alınmıştır. Taşkın oluş tarihinden önce arazide üretilen bitki paterninin oranları ise çizelge 4.14'de belirtilmiştir. Tarımsal alanların gördüğü zararlar ve hesaplamalar çizelge 4.15 ve çizelge 4.16'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Tezimize altlık teşkil eden bu bilgiler DSİ 2. Bölge Müdürlüğünden temin edilen "İzmir İli Tire İlçesinin Karacaali Çayı Taşkınlarından Korunması Projesi"nden elde edilmiştir.

Çizelge 4.14 Taşkın sahasındaki bitki deseni ve ekiliş oranları

ÜRÜN CİNSİ	MÜNA ORAN (%)
Mısır Silajı	25
Şeftali	25
Karpuz	50

Çizelge 4.15 Taşkın sahasında taşkın öncesi üretim değerinin hesaplanması

Taşkın Öncesi Durum							
ÜRÜN CİNSİ	VERİM Kg/da	FİYAT TL/da	GSMH TL/da	GİDER TL/da	NET GELİR TL/da	MÜNA ORAN %	ORANTILI NET GELİR TL/da
Mısır Silajı	6.000	0,13	780,00	554,00	226,00	25	56,50
Şeftali	1.840	1,20	2208,00	681,00	1.527,00	25	381,75
Karpuz	4.500	0,30	1350,00	1.144,78	205,22	50	102,61
						TOPLAM	540,86

Çizelge 4.16 Taşkın sahasında taşkın sonrası üretim değerinin hesaplanması

Taşkın Sonrası Durum							
ÜRÜN CİNSİ	VERİM Kg/da	FİYAT TL/da	GSMH TL/da	GİDER TL/da	NET GELİR TL/da	MÜNA ORAN %	ORANTILI NET GELİR TL/da
Mısır Silajı	4.000	0,13	520,00	387,80	132,20	25	33,05
Şeftali	1.288	1,20	1545,60	476,70	1.068,90	25	267,23
Karpuz	3.150	0,30	945,00	801,36	143,64	50	71,82
						TOPLAM	372,10

1 dekada meydana gelen zararın hesaplanması:

Taşkından öncesi üretim değeri : 540,86 TL/da

Taşkın sonrası üretim değeri : 372,10 TL/da

2011 yılı fiyatlarına göre taşkın sahasında 1 dekada meydana gelecek olan taşkın zararı taşkın öncesi üretim değerinden taşkın sonrası üretim değeri arasındaki fark olacaktır. Çizelge 4.17'de 1 dekar başına taşkın zararımızın hesaplanması gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 Taşkın sahasında 1 dekada meydana gelen taşkın zararının hesaplanması

Taşkın Öncesi Üretim Değeri TL/da	Taşkın Sonrası Üretim Değeri TL/da	2011 yılına göre 1 Dekarda Meydana Gelen Taşkın Zararı TL/da	2012 Çevirme Katsayısı %	2012 yılına göre 1 Dekarda Meydana Gelen Taşkın Zararı TL/da
540,86	372.10	168,76	1.08	182,26

Çizelge 4.17'de hesaplanan değerimiz aynı zamanda taşkın kontrolü faydamızın değerine denk gelmektedir. Çizelge 4.18'de ise çizelge 4.13'de çeşitli taşkın senaryolarına göre su altında kalacak alanların taşkın zararı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.18 Çeşitli taşkın senaryolarına göre toplam taşkın zararının hesaplanması

Yineleme Dönemi Tr, Yıl	Su Altında Kalan Alan da	2012 yılına göre 1 Dekarda Meydana Gelen Taşkın Zararı TL/da	Toplam Taşkın Zararı TL
10	1498,7	182,26	273.153,06
50	1631,7	182,26	297.393,64
100	1681,7	182,26	306.506,64
500	1770,6	182,26	322.709,56
1000	1798,7	182,26	327.831,06

Çeşitli debi dönüş aralığına karşılık gelen taşkın zararları belirlendikten sonra anahtar eğrisi kullanılarak $D(Q)$ debi-zarar ilişkisine geçilir (Şekil 4.24). Taşkın debisinin olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(Q)$, dağılım fonksiyonu $F(Q)$ olduğuna göre yıllık taşkın zararının beklenen değeri (yıllık ortalama taşkın zararı) (Beyazıt, 1994):

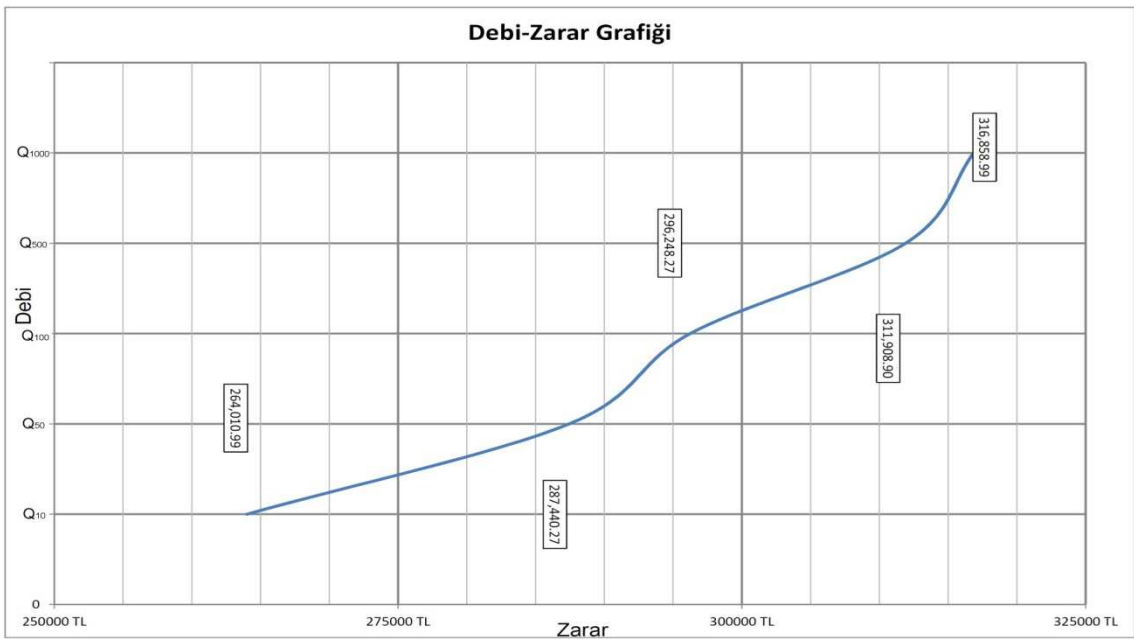
$$E(D) = \int_{Q_c}^{\infty} D(Q) f(Q) dQ = \int_0^1 D(Q) dF(Q) \quad (4.7)$$

olur, burada Q_c taşkın zararının görülmeye başladığı debi değeri olup, akarsuyun esas yatağının kapasitesine karşılık gelir. $E(D)$ değeri yaklaşık olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$E(D) = \sum_{j=1}^n \frac{[D(Q_j) + D(Q_{j+1})]}{2} [F(Q_{j+1}) - F(Q_j)] \quad (4.8)$$

$F(Q_{j+1}) - F(Q_j) = 1/n$ alınırsa;

$$E(D) = \sum_{j=1}^n D(Q_j) / n \quad (4.9)$$



Şekil 4.25 Karacaali Çayı Debi-Zarar grafiği

4.7.3. Taşkın Kontrolünün Maliyetinin Hesaplanması

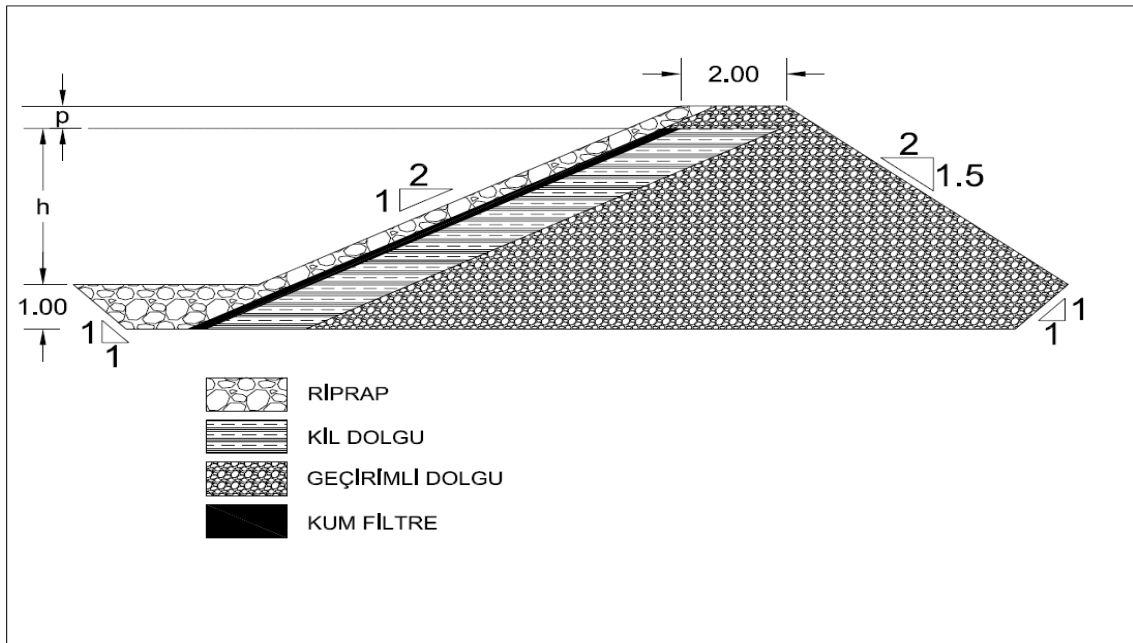
Taşkın kontrolü çalışmalarının maliyeti de proje taşkın frekansına bağlıdır. Maliyetin proje taşkın frekansı ile değişimini belirlemek için yapılan çalışmalarda birden fazla önlemin beraber kullanılması halinde bunların en iyi (en ucuz maliyetli) kombinasyonunu belirlemek gerekir.

Bu çalışmada taşkın koruma yöntemlerinden biri olarak Karacaali Çayında topuk korumalı taş tahkimatlı sedde çalışılmasına karar verilmiş olup, maliyet analizi yapılacak olan sedde detayı şekil 4.25'de verilmiştir. Taşkın su seviyesi her bir taşkın frekansı için ayrı ayrı belirlenmiş ve seddede 0.50 m.lik hava payı alınmıştır. Bu seviyeler açık kanallarda üniform akımın

hesaplanmasında kullanılan Manning formülü ile bulunmuştur. Manning formülü kullanılarak hesaplanan su seviyeleri çizelge 4.19'da belirtilmiştir. Banket genişliği 2.00 m iç şev eğimi 1/2 dış şev eğimi 1.5/2 olarak seçilmiştir. Temel tabanı tabii zemin üst yüzünden itibaren 1.00 m derinde alınmıştır. İç şev yüzünde aşınmayı engellemek amacıyla ortalama olarak 0.30 m kalınlığında taş tahkimat (riprap) onun altında ise 0.15 m kalınlığında filtre tabakası düşünülmüştür. Geçirimsizliği sağlamak amacıyla kum filtre tabakası altında 0.85 m kalınlığında kil çekirdek teşkil edildiği düşünülmüştür.

Çizelge 4.19 Karacaali Çayı ıslah kesitlerinin çeşitli taşkın senaryolarına göre hesaplanması

SIRA NO	ADI	Q (Yıl)	Q Gelen	b (m)	h (m)	1/m	j (Eğim)	n	P (m)	H (m)
1	KARACAALI ÇAYI	10	18.120	5.00	1.00	2.00	0.00500	0.022	0.50	1.50
2		50	32.710	5.00	1.40	2.00	0.00500	0.022	0.50	1.90
3		100	39.620	5.00	1.55	2.00	0.00500	0.022	0.50	2.05
4		500	54.500	5.00	1.80	2.00	0.00500	0.022	0.50	2.30
5		1000	60.700	5.00	1.90	2.00	0.00500	0.022	0.50	2.40



Şekil 4.26 Maliyet hesaplamasında kullanılan sedde tip enkesiti

Şekil 4.25'de boyutları verilmiş sedde kesiti için çeşitli taşkın senaryolarına göre hesaplanan ve çizelge 4.19'da boyutları verilen ıslah kesitleri için hesaplanan sedde maliyetleri ise çizelge 4.20'de verilmiştir. Karacaali Çayında ıslah maliyet tahmini sırasında çizim üzerinden metraj çalışmaları yapılarak ilgili imalatlar için DSİ'nin 2012 yılı için önermiş olduğu ilgili birim fiyatlar kullanılmıştır. Sedde maliyet hesaplarında kullanılan pozların ve birim fiyatların yer aldığı özet tablolar ise tezimizin ekler kısmında sunulmuştur.

Çizelge 4.20 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan ıslah seddesi maliyet hesabı

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10³ TL)
10	5.763,82
50	6.684,31
100	7.038,28
500	7.667,93
1000	8.190,73

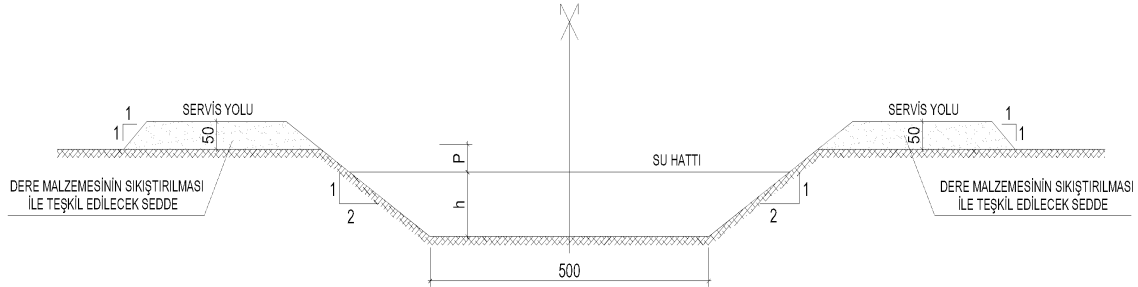
Taşkın koruma seddesinin maliyet hesabı yapılırken temel kazısından çıkan toprağın sahada biriktirildiği, dolgu için gerekli toprak hacminin belirlenmesinde ise çizim üzerinden belirlenen hacmin akarsuyun her iki sahili düşünülerek iki katı hesaplanmıştır. Sedde yapımında kullanılan geçirimsizlik malzemesi kilin 5 km, riprap yapısı için gerekli taşın yaklaşık olarak 20 km uzaklıktaki bir ocaktan, geçirimli dolgunun ve kum filtrenin ise akarsu çevresindeki yerel malzemelerden temin edildiği düşünülmüştür. Bundan dolayı hesaplara geçirimli dolgu ve kum filtre için nakliye bedeli dâhil edilmeyip kazı yapıp imlaya serilmesi şeklinde düşünülmüştür. Sedde maliyeti hesaplanırken sedde en kesitinde bulunan metraj akarsuyun her iki sahili düşünülerek hesaplanmıştır.

Her bir debi dönüş aralığı için taşkın kontrol yönteminin maliyeti hesaplandıktan sonra optimum proje taşkın dönüş aralığının hesaplanması için yıllık tesis maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için DSİ Genel Müdürlüğüne taşkın koruma projelerinin rantabilite hesaplarının yapılmasında kullanılan yöntem ile taşkın koruma yapısının yıllık tesis maliyeti bulunacaktır. Yıllık tesis maliyetinin hesaplarının detayları tezimizin ekler kısmında sunulacaktır. Yıllık tesis maliyetleri çizelge 4.21'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.21 Çeşitli taşkın senaryolarına göre seddeli kanalın tesis maliyetinin hesaplanması

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10 ³ TL)	Yıllık Tesis Maliyeti (10 ³ TL)
10	5.763,82	540,39
50	6.684,31	626,69
100	7.038,28	659,88
500	7.667,93	718,91
1000	8.190,73	767,93

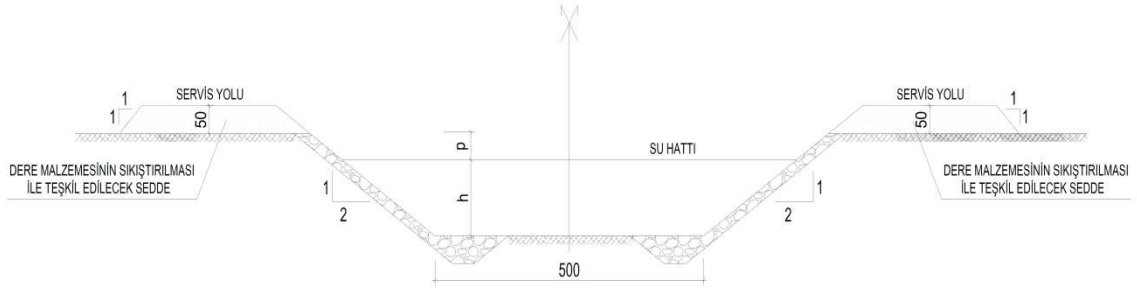
Aynı çalışmalar trapez kesitli toprak kanal ve toprak korumalı taş tahkimatlı trapez toprak kanal taşkın koruma yöntemleri içinde hesaplanmıştır. Maliyet analizi yapılacak olan diğer taşkın koruma yöntemlerinin detayları şekil 4.26 ve 4.27’de verilmiştir. Çeşitli taşkın senaryolarına göre hesaplanan ve çizelge 4.19’da boyutları verilen ıslah kesitleri için hesaplanan maliyetler çizelge 4.22 ve 4.23’de verilmiştir. Karacaali Çayında ıslah maliyet tahmini sırasında çizim üzerinden metraj çalışmaları yapılarak ilgili imalatlar için DSI’nin 2012 yılı için önermiş olduğu ilgili birim fiyatlar kullanılmıştır. Maliyet hesaplarında kullanılan pozların ve birim fiyatların yer aldığı özet tablolar ise tezimizin ekler kısmında sunulmuştur.



Şekil 4.27 Maliyet hesaplamasında kullanılan trapez toprak kanal tip enkesiti

Çizelge 4.22 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan trapez kesitli toprak kanal maliyet hesabı

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10 ³ TL)
10	121,94
50	160,25
100	175,00
500	204,31
1000	225,59



Şekil 4.28 Maliyet hesaplamasında kullanılan topuk korumalı taş tahkimatlı kanal tip enkesiti

Çizelge 4.23 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan topuk korumalı taş tahkimatlı toprak kanal maliyet hesabı

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10 ³ TL)
10	3.797,72
50	4.226,75
100	4.385,68
500	4.656,52
1000	4.875,50

Trapez kesitli toprak kanal maliyet hesabı yapılırken kazıdan çıkan toprağın 0.50 m lik kısmının servis yolu amacıyla dolguya serildiği, titreşimli silindire bu dolgunun sıkıştırıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Topuk korumalı taş tahkimatlı trapez kesitli toprak kanal maliyet hesabı yapılırken temel tabanı tabii zemin üst yüzünden itibaren 1.00 m derinde alınmıştır. İç şev yüzünde aşınmayı engellemek amacıyla ortalama olarak 0.20 m kalınlığında taş tahkimat (riprap) düşünülmüştür. Riprap yapısı için gerekli taşın yaklaşık olarak 20 km uzaklıktaki bir ocaktan temin edildiği düşünülmüştür.

Her bir debi dönüş aralığı için taşkın kontrol yönteminin maliyeti hesaplandıktan sonra optimum proje taşkın dönüş aralığının hesaplanması için yıllık tesis maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için DSİ Genel Müdürlüğüne taşkın koruma projelerinin rantabilite hesaplarının yapılmasında kullanılan yöntem ile taşkın koruma yapısının yıllık tesis maliyeti bulunacaktır. Yıllık tesis maliyetinin hesaplarının detayları tezimizin ekler kısmında sunulacaktır. Yıllık tesis maliyetleri çizelge 4.24 ve 4.25'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.24 Çeşitli taşkın senaryolarına göre trapez kesitli kanal tesis maliyetinin hesaplanması

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10 ³ TL)	Yıllık Tesis Maliyeti (10 ³ TL)
10	121,94	11,43
50	160,25	15,02
100	175,00	16,41
500	204,31	19,16
1000	225,59	21,15

Çizelge 4.25 Çeşitli taşkın senaryolarına göre topuk korumalı taş tahkimatlı kanal tesis maliyetinin hesaplanması

Yineleme Dönemi (Tr, Yıl)	Taşkın Koruma Yapısının Maliyeti (10 ³ TL)	Yıllık Tesis Maliyeti (10 ³ TL)
10	3.797,72	356,06
50	4.226,75	396,28
100	4.385,68	411,18
500	4.656,52	436,58
1000	4.875,50	457,11

4.7.4. En İyi Çözümün Belirlenmesi

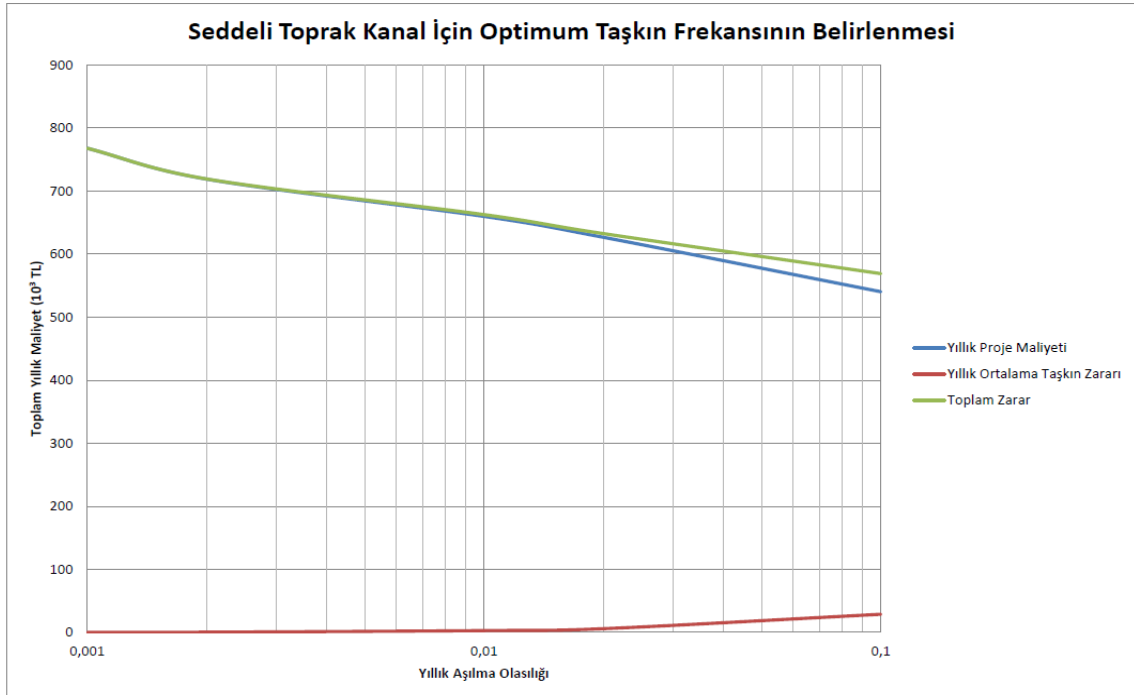
Yukarıda anlatılan çalışmalar sonunda taşkın kontrolünden sonra oluşacak yıllık ortalama taşkın zararının ve taşkın kontrolü çalışmalarının maliyetinin proje taşkın frekansı ile değişimi belirlenmiş olacaktır. Proje taşkın frekansı küçüldükçe (yani taşkın kontrolü daha seyrek görülen daha büyük taşkınları önleyecek şekilde yapılınc) proje çalışmalarından sonra oluşabilecek yıllık ortalama taşkın zararı azalır, buna karşılık projenin maliyeti artar. Bu iki büyüklüğün toplamının minimum değerine karşılık gelen frekans, proje taşkın frekansının optimum değeridir. Tezimize konu olan taşkın koruma yöntemlerinin optimum proje taşkın frekanslarının grafikleri şekil 4.28, 4.29 ve 4.30'da özetlenmiş olup, yapılan hesapların tabloları ise çizelge 4.26, 4.27 ve 4.28'de sırasıyla gösterilmiştir.

Taşkın sırasında oluşacak can kaybının parasal değerini belirlemek güç olduğundan can kaybı olasılığı bulunması halinde proje taşkın frekansı yukarıda anlatıldığı şekilde bulunan değerden bir miktar küçük seçilebilir. Tezimize konu alanda can kaybını olasılığı bulunmadığından sadece tarımsal zarar dikkate alınmıştır.

Taşkın kontrolünde çeşitli önlemlerden birini seçmek söz konusu ise her bir önlem için yukarıda anlatıldığı şekilde optimum taşkın frekansı belirlendikten sonra her bir önlem için bu frekanstaki toplam maliyetler (inşa maliyeti ile yıllık ortalama zararın toplamı) karşılaştırılıp en düşük maliyetli önlem seçilir.

Çizelge 4.26 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Seddeli toprak kanal)

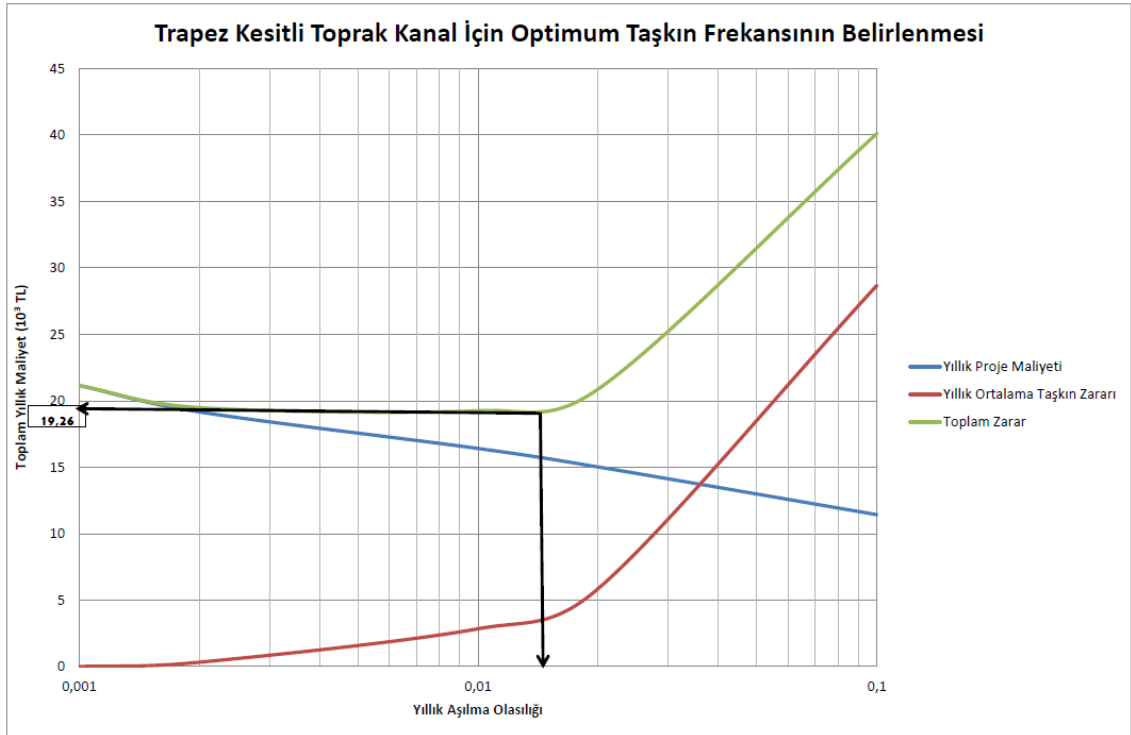
Dönüş Aralığı T (Yıl)	Yıllık Aşılma Olasılığı F(Q)	Taşkın Zararı D (10 ³ TL)	$\Delta E(D)$ (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Ort. Zarar (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Maliyet (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Toplam Yıllık Maliyet (10 ³ TL)
1	1	0	-	151,61	0	0
10	0,1	273,153	122,92	28,69	540,39	569,08 (*)
50	0,02	297,394	22,82	5,87	626,69	632,56
100	0,01	306,507	3,02	2,85	659,88	662,73
500	0,002	322,710	2,52	0,33	718,91	719,24
1000	0,001	327,831	0,33	0	767,93	767,93
Σ 151,61						



Şekil 4.29 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Seddeli toprak kanal)

Çizelge 4.27 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Trapez kesitli toprak kanal)

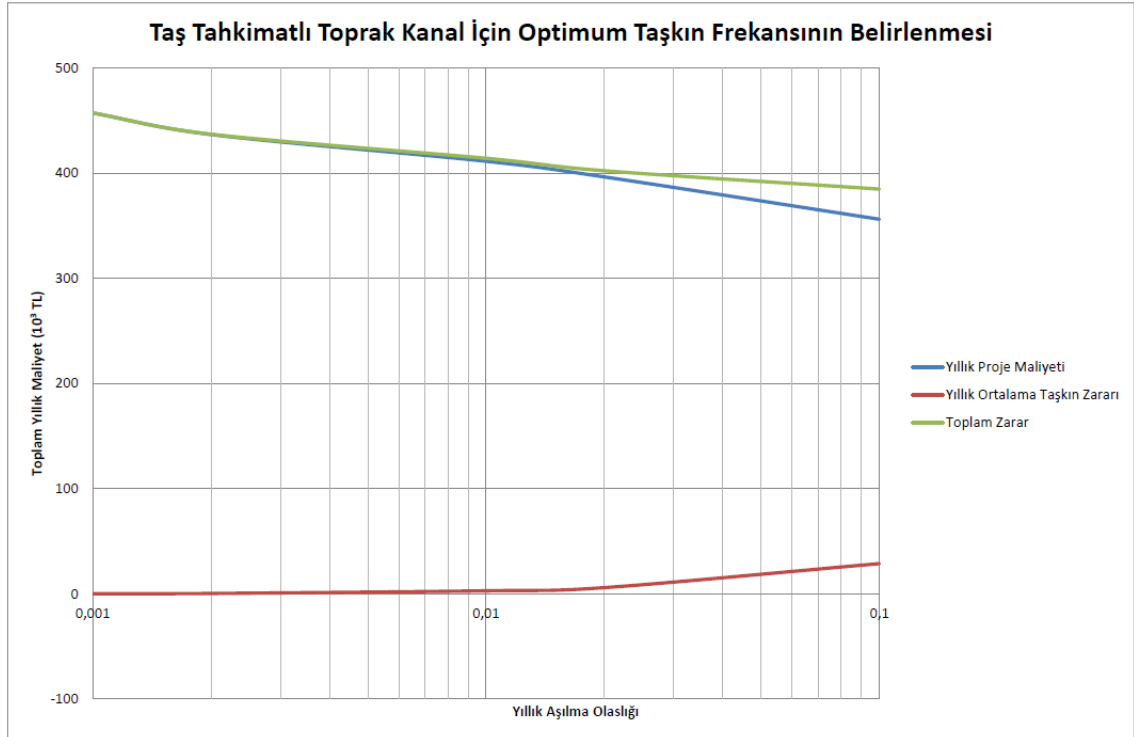
Dönüş Aralığı T (Yıl)	Yıllık Aşılma Olasılığı F(Q)	Taşkın Zararı D (10 ³ TL)	$\Delta E(D)$ (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Ort. Zarar (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Maliyet (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Toplam Yıllık Maliyet (10 ³ TL)
1	1	0	-	151,61	0	0
10	0,1	273,153	122,92	28,69	11,43	40,12
50	0,02	297,394	22,82	5,87	15,02	20,89
100	0,01	306,507	3,02	2,85	16,41	19,26 (*)
500	0,002	322,710	2,52	0,33	19,16	19,49
1000	0,001	327,831	0,33	0	21,15	21,15
Σ 151,61						



Şekil 4.30 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Trapez kesitli toprak kanal)

Çizelge 4.28 Optimum proje taşkın frekansının hesaplanması (Taş tahkimatlı toprak kanal)

Dönüş Aralığı T (Yıl)	Yıllık Aşılma Olasılığı F(Q)	Taşkın Zararı D (10 ³ TL)	$\Delta E(D)$ (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Ort. Zarar (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Yıllık Maliyet (10 ³ TL)	T Yıllık Proje Taşkını İçin Toplam Yıllık Maliyet (10 ³ TL)
1	1	0	-	151,61	0	0
10	0,1	273,153	122,92	28,69	356,06	384,75 (*)
50	0,02	297,394	22,82	5,87	396,28	402,15
100	0,01	306,507	3,02	2,85	411,18	414,03
500	0,002	322,710	2,52	0,33	436,58	436,91
1000	0,001	327,831	0,33	0	457,11	457,11
Σ 151,61						



Şekil 4.31 Optimum proje taşkın frekansının grafikte gösterimi (Taş tahkimatlı toprak kanal)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bölgesel iklim, topografya ve yağış alanı büyüklüğü faktörlerinin birleşiminden meydana gelen taşkınlar tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde en sık görülen ve en tahrip edici doğal afetlerden biridir. Bir drenaj alanından gelmesi beklenen taşkınların hesabı için günümüze kadar teorik, ampirik veya bunların karışımı birçok formülasyon ortaya koyulmuştur. Bunlarının çoğunda, dikkate alınan havza özellikleri ve iklim koşulları birbirinden farklı olduğundan aynı büyüklükteki havzalar için her birinin hesap sonuçları birbirinden farklı olmuştur.

Bu çalışmada, İzmir İli sınırları dahilinde yer alan ve Küçükmenderes Havzasının alt havzalarından taşkınlar açısından en riskli bölgelerden birisi olan Karacaali Çayı Havzasının CBS teknikleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın risk haritaları üretilerek olası taşkın zararları hesaplanmış, taşkın koruma yapıları olarak topuk korumalı taş tahkimatlı sedde, trapez kesitli toprak kanal ve taş tahkimatlı trapez kesitli toprak kanal için her bir proje taşkın frekansına denk gelen taşkın kontrolü maliyetleri hesaplanarak bu yapılar için optimum taşkın frekansının bulunması amaçlanmıştır. Tez çalışmasının başlangıcından bitimine kadarki yapılan çalışma ve analizler sonuç ve değerlendirmeleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Karacaali Çayı havzası, taşkın afetlerinin meydana gelebileceği potansiyele sahip ve daha önce sıklıkla taşkınların yaşandığı, verimli tarım arazilerinin zarara uğradığı Küçükmenderes havzasının alt havzalarındandır.
- Karacali Çayı havzasındaki taşkınların etkileri, bir CBS yazılımı olan ArcGIS ve hidrolik analizlerin gerçekleştirildiği paket programlardan biri olan Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen River Analysis System (HEC-RAS) ile modellenmiştir. Çalışılan akarsu parçası planda hemen hemen düz olarak kabul edilebileceğinden bu yazılımın kullanılması uygundur.
- Karacaali Çayı üzerinde yapılan taşkın debisi hesaplamalarında yeterli miktarda yağış ve akış ölçüm bilgileri mevcut olmadığı için taşkın debileri sentetik yöntemlerden olan Mockus Yöntemine göre hesaplanmıştır. Mockus Yöntemi ile hesaplanan 10, 50, 100, 500 ve 1000 yıl yineleme dönemine sahip taşkın debilerinin taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.
- Taşkın risk haritaları oluşturulduktan sonra, tezimize konu olan bölgenin özelliklerine göre taşkından etkilenecek zarar kalemi olarak yalnızca tarımsal zarar değerlendirilmiştir. Çeşitli taşkın senaryolarına göre çalışma bölgesinde sular altında kalacak alanlar taşkın risk haritalarından belirlenerek, taşkın oluş tarihinden önce arazide üretilen bitki paternine göre meydana gelen yıllık ortalama taşkın zararı hesaplanmıştır.

- Taşkın koruma yöntemleri olarak topuk korumalı taş tahkimatlı sedde, trapez kesitli toprak kanal, şevleri taş tahkimatlı trapez kesitli toprak kanal yapıları için çeşitli taşkın senaryolarına göre bulunan ıslah kesitlerinin yıllık tesis maliyetleri hesaplanmıştır.
- Yıllık ortalama taşkın zararı ve taşkın kontrol yöntemlerinin maliyetleri hesaplandıktan sonra üç farklı taşkın koruma yöntemi içinde yıllık ortalama taşkın zararı ile yıllık proje maliyeti toplamının minimum değeri yani optimum proje taşkın frekansı belirlenmiş bu durumda en ekonomik çözüm bulunmuştur.
- Karacali Çayı havzasına CBS teknikleri ve bir hidrolik model yardımıyla oluşturulan taşkın risk haritaları, yeterli topografik ve hidrometrik verisi olan ve taşkın riski taşıyan tüm bölgelerde oluşturulabilir. Oluşturulan haritalar yardımıyla olası taşkın anında sular altında kalabilecek alanlar önceden belirlenebilir ve önlemler alınabilir. Bu ve benzeri çalışmalar yapılmadan önce riskli bölgeler tespit edilmeli, bu bölgelerin taşkın analizleri yapılabilecek kadar hassas topografik haritaları çıkarılmalı ve model kurularak taşkın risk haritaları üretilmelidir.
- CBS teknikleri kullanılarak DSİ Genel Müdürlüğü ve Bölge Müdürlükleri tarafından hazırlanmış havzaların taşkın alanlarını gösteren haritalar güncellenerek, en doğru taşkın risk haritaları üretilmelidir.
- Taşkın risk haritaları oluşturulmasıyla taşkın durumu daha gerçekçi yansıtılacak ve erken uyarı sistemi, taşkın sigortalaması, halkın bilgilendirilmesi ve eğitimi, gerekli taşkın koruma yapılarının yerlerinin ve büyüklüklerinin tespiti gibi farklı çalışmalar için kullanılabilir.
- Yapılan hidroekonomik analiz sonucunda yıllık toplam maliyeti en aza indiren optimum proje dönüş aralığı seddeli toprak kanal için 10 yıl, trapez kesitli toprak kanal için 100 yıl, şevleri taş tahkimatlı toprak kanal için 10 yıl olarak tespit edilmiştir.
- Taşkın koruma yöntemi olarak üç yöntem dikkate alındığında, yıllık proje maliyeti yüksek olan yöntemlerin optimum dönüş aralığının daha düşük olduğu, yıllık proje maliyeti yüksek olan yöntemin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, taşkın koruma yöntemi olarak tercih edilen seddeli toprak kanal ve şevleri taş tahkimatlı toprak kanal yöntemlerinin yıllık proje maliyetlerinin çok yüksek olmasıdır. Bununla birlikte her bir yöntem için aynı olan yıllık ortalama zarar maliyeti ise çok düşüktür. Optimum taşkın frekansları belirlenirken toplam yıllık maliyetin minimum değeri dikkate alındığından seddeli toprak kanal ve şevleri taş tahkimatlı toprak kanal yöntemlerinde optimum proje dönüş aralığı hesaplarda kullanılan ve en düşük dönüş aralığı olan 10 yıl olarak bulunmuştur. Bu nedenle, ıslahı yapılacak akarsularda taşkın koruma yöntemi tespit edilirken yapının ekonomik ömrü süresince olabildiğince sağlam ve düşük bakım maliyeti getirecek yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir.

- Akarsu düzenlemelerinde yapının ekonomik ömrü süresince olabildiğince sağlam ve düşük bakım maliyeti getirecek şekilde tasarlanabilmesi için havza hidrolojisinin yeterince dikkate alınması gereklidir. Bu bağlamda, tasarımdaki belirsizlikler azalacağından hasar ve onarım maliyetleri de düşecek ve böylece daha gerçekçi ve ekonomik tasarımlar elde edilmiş olacaktır. Ayrıca, düzenleme yapılarının tasarımında çevreye ve doğal ekolojik sisteme olan uyum da ele alınmalıdır.
- Taşkın kontrolünde birden fazla yapısal tedbirden birini seçmek söz konusu ise her bir önlem için optimum taşkın frekansı belirlendikten sonra her bir önlem için bu frekanstaki toplam maliyetler (yıllık proje maliyeti ile yıllık ortalama zararın toplamı) karşılaştırılıp en düşük maliyetli önlemin seçilmesi daha ekonomik bir çözüm olacaktır.
- Ülkemizdeki bütün su kaynaklarının planlanması, yönetimi, geliştirilmesi ve işletilmesinden sorumlu olan DSİ tarafından yapılacak olan taşkın koruma projelerinde ekonomik faydaların dikkate alınarak en uygun taşkın yönetim yaklaşımının belirlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Akman, N., Ural, D., 2001. Afete Dirençli Toplum Oluşturma Seferberliği, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İTÜ Basımevi, İstanbul, 2001.
2. Anonim, 2000. Hydrologic Engineering Center HEC-GeoRAS Users Manual, U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Davis, California, USA, 2000.
3. Anonim, 2001. Hydrologic Engineering Center Hec-RAS River Analysis System Users Manual, U.S. Army Corps of Engineers (USACE), Davis; California, USA, 2001.
4. Anonim, 2004. ARGIS 9 Uygulama Dökümanı; İşlem Grubu Eğitim Dökümanları, Ankara, 2004.
5. Aronoff, S., 1991. Geographic Information Systems: A Management Perspective, WDL Publ., Canada, 1991.
6. Balaban M, Ş., 2008. Küresel Isınma, Taşkın Afetleri ve Türkiye, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 58-71, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
7. Beyazıt, M., Su Kaynakları Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1994.
8. Beyazıt, M., Hidroloji, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.
9. Beyazıt, M., Önöz, B., Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, Nobel Basımevi, 139-142, Ankara, 2008.
10. Bingöl, Y., İstanbul Derelerinin Mevcut Durumu ve Taşkın Debilerinin Hesabı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Temmuz 2006.
11. Chow, V.T., Open-Channel Hydraulics, McGraw-Hill, 115-123, New York, 1959.
12. Dalkılıç, B., Taşkın Hidrolojisi, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 234-241, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
13. Davie, T., 2008. Fundamentals of Hydrology. Routledge, Taylor and Francis Group, 200 p., London, GB, New York, USA, 2008.
14. Dinçsoy, Y., Erozyon ve Rusubat Kontrol Önlemleri, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 264-277, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
15. DSİ Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Taşkın Zararlarının Etüdü ve Koruma Faydalarının Hesaplanması El Kitabı, Ankara, 1988.
16. DSİ Genel Müdürlüğü Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Mühendislere İlişkin Su İşleri Eğitim Semineri Kurs Notları, Ankara, Aralık 2004.
17. Gumbel, E.J., Statistics of Extremes, Columbia University Press, 198, New York, 1958.
18. Gürbüz, A., 2008. Taşkınların İnsan Hayatına ve Ekonomiye Olan Etkileri, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Taşkın Konferansı, Bildiri Kitabı, 47-57, Edirne, 2008.
19. Haan, C.T., Statistical Methods in Hydrology 2nd ed., Iowa State Press, 126-128, USA, 2002.

20. Haktanır, T., Taşkın Frekans Analizi İçin Paket Program, DSİ Teknik Bülteni, 53, 48-57 1982.
21. Haktanır, T., Gözlenmiş Yıllık Taşkın Pikleri Örnek Serilerinin Frekans Analizi için Paket Program, DSİ Genel Müdürlüğü, I.Ulusal Taşkın Sempozyumu, 303-315, Ankara, 2006.
22. HEC, Hec-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.2, 2, 3, 2009.
23. HEC, Hec-RAS River Analysis System, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydraulic Reference Manual 4.1, 2.1, 2.2, 2.43-2.45, 2010.
24. HEC, Hec-RAS River Analysis System, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.1, 4.11, 6.25, 2010.
25. Kadioğlu, M., 2008. Sel Risk Yönetimi, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 71-97, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
26. Kasalak, A. F., Aksu, S., Eroğlu, H., Şirin, O., Taşkından Koruma Tesislerine Müdahaleler ve Ülkemizde Yaşanan Taşkın Olaylarının Değerlendirilmesi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 125-140, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
27. Kasalak, A. F., Aksu, S., Şeren, A., Yorulmaz, Ö., DSİ Taşkın Yönetimi Çalışmalarında İşletme ve Bakım Çalışmalarının Yeri ve Önemi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 329-338, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
28. Keskin, F., Darama, Y., Dalaman Ovasının Taşkın Riski Açısından Değerlendirilmesi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 161-170, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
29. Kılıçer, Ü., Özgüler, H., Türkiye'de Taşkın Durumu, Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422 (4-5-6), 142-144, 2002.
30. Koç, C., Kosif, K., Kızıltepe, S., Özdemir, K., Büyük Menderes ve Batı Akdeniz Havzalarında İşletmede Olan Taşkın Tesislerine Yapılan Müdahaleler Üzerine Bir Çalışma, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 71-79, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
31. Kulga, Z., Dizdar, M., Türkiye Akarsu Havzaları, Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA), DSİ Basım ve Foto-Film Merkezi, 1-24, Ankara, 1994.
32. Kutoğlu, H. Y., 2006, Taşkınlar Hidrolojisi, Meteoroloji Mühendisleri Odası, Dünya Meteoroloji Günü, 21-23 Mart, Ankara.
33. MATRA, Strengthening the Capacity of Sustainable Groundwater Management II Projesi, 2008.
34. Merwade, V., Tutorial on using Hec-GeoRAS with ArcGIS 9.3 Prepared by Venkatesh Merwade School of Civil Engineering, Purdue University, vmerwade@purdue.edu, November 2010.
35. Methods, H., Dyhouse G., Hatchett, J., Benn, J., Floodplain Modeling Using Hec-RAS 1th ed., Heastad Press, 4-11, USA, 2003.

36. Onuşluel, G., Harmancıoğlu, N. B., 2002. Su Kaynaklı Doğal Afet Taşkın, Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422, 131-132.
37. Onuşluel Gül G., Gül A., 2010. İzmir Bostanlı Havzası İçin Taşkın Alanlarının Hec-HMS ve Hec-RAS Modelleri ile Belirlenmesi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 267-274, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
38. Özalp, D., Dere Taşkın Risk Haritalarının CBS Kullanılarak Oluşturulması ve CBS ile Taşkın Risk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Haziran 2009.
39. Özden, ř., Türkiye'deki Su Baskınlarının Mekansal ve Zamansal Dağılımı, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Sel, taşkın ve heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı, 157-164, Samsun, 24-25 Temmuz 2008.
40. Özdemir, B., Ordu, E., Cengiz, T. M., Sedde Yapımında Hurda Lastik Balyaları/Toprak Kullanımının Maliyetler Açısından Karşılaştırılması, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 162-168, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
41. Özdemir H., 1978, Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, DSİ Matbaası, Ankara, 1978.
42. Özdemir, H., Havran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007.
43. Özdemir, H., 2007. Taşkınların Haritalanmasında Hec-GeoRAS ve Hec-RAS'ın Kullanımı: Havran Çayı Örneği (Balıkesir). TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon, 30 Ekim-02 Kasım 2007.
44. Özdemir, H., Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS-UZAL ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 131-142, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
45. Özdoğan, İ., Akarsularda Taşkın Ötelenme Modelleri: Alara Çayı Uygulaması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2010.
46. Özkese, İ., Geomedia Coğrafi Bilgi Sistemleri Hidroloji Uygulamaları, Mescioğlu Mühendislik ve Müşavirlik A. ř., Gazi Üniversitesi, 15, Ankara, 2008.
47. Özoral, E., Taşkın Zararlarının Önlenmesinde Devlet Su İşlerinin Görev Yetki ve Sorumlulukları, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Sel, taşkın ve heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı, 43-60, Samsun, 24-25 Temmuz 2008.
48. Salman, C., Munzur Projesi Kapsamında Yapılacak Barajların Bölgedeki Taşkın Koruma Yapılarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Ocak 2010.
49. San, M., Keskin Altın, S., Taşkın Zararları ve Fayda Hesaplamaları, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, 427-438, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.

50. Snead, D. B., 2000. Development and Application of Unsteady Flow Models Using Geographic Information Systems; Departmental Report; Master of Science in Engineering, The University of Texas at Austin, USA.
51. Şen, Z., 2003. Su Bilimi ve Yöntemleri ; Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
52. Tuna, M. C., Mockus Metodu ile Trabzon Taşkınlarının İncelenmesi, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı, 81-88, Trabzon, 7-8 Ağustos 2008.
53. Tutorial on using Hec-GeoRAS with ArcGIS 9.3 Prepared by Venkatesh Merwade School of Civil Engineering, Purdue University, vmerwade@purdue.edu, November 2010.
54. Tübitak MAM Çevre Enstitüsü (Ç.E.) Proje Adı: Havza Koruma Eylem Planları-Küçük Menderes Havzası, 103-195, Kocaeli, Aralık 2010.
55. Uçar, İ., Gürer, İ., 2010. Taşkın Alanlarının Modellenmesi, Trabzon Maçka Örneği, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 393-403, Afyonkarahisar, 22-24 Mart 2010.
56. Uçar, İ., Trabzon Değirmendere Havzası'nda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bir Hidrolik Model Yardımıyla Taşkın Analizi Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Haziran 2010.
57. Usul, N., Engineering Hydrology, ODTÜ Basımevi, 257-267, Ankara, 2001.
58. Usul, N., Taşkın Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, 22 Mart Dünya Su Günü Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Yolları Paneli, 41-61, Ankara, 2004.
59. Usul, N., Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri Kullanarak Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın Konferansı Bildiri Kitabı, 97-109, Edirne, 19-20 Haziran 2008.
60. Usul, N., Çayboğazı Havzasında Hidrolojik-Hidrolik Model ve CBS ile Taşkın Çalışması, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı, 147-160, Trabzon, 7-8 Ağustos 2008.
61. Uşkay, S., Aksu, S. 2002. Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler, Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422, 133-136.
62. Yanmaz, A. M., Fol Deresi İçin Önerilen Düzenleme Yapılarının Tasarım Esasları, 5. Dünya Su Forumu İstanbul 2009, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı Bildiri Kitabı, 173-180, Trabzon, 7-8 Ağustos 2008.
63. Yıldız, K., Hidroelektrik Santraller Hesap Esasları ve Projelendirilmesi, DSİ Matbaası, 229-232, Ankara, 1992.
64. Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Trabzon, 2000.

EKLER

EK-1 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı ıslah seddesi için maliyet hesabı

Sedde için Maliyet Hesabı (H=1.50 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.301	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zeminlerin kazılması ve depoya konulması	84.760	m ³	1,98	167,825
2	B-15.302	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klastaki zeminlerin kazılması ve sedde dolgusuna konulması	70.460	m ³	3,15	221,949
3	B-15.343	Filtre malzeme konulması (Elenmiş)	8.710	m ³	12,46	108,527
4	B-15.344	Filtre malzemesi yıkanması	8.710	m ³	0,88	7,66
5	B-15.052/B	Titreşimli silindirelerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	528,45	saat	146,9	77,63
6	B-14.018	Mekanik tokmakla sedde dolgusunun sıkıştırılması (h=30 cm)	58.110	m ³	10,63	617,709
7	B-15.322	Sedde dolgusunun sulanması	114.400	m ³	2,1	240,24
8	17.103	30 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	43.550	m ²	38,06	1617,51
9	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
9	07.006/17	5 km.'den Kil Nakli	79.040	ton	3,31	261,622
10	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	106.639	ton	6,6	703,817
Genel Toplam						5763,82

Sedde İçin Maliyet Hesabı (H=1.90 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.301	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zeminlerin kazılması ve depoya konulması	102.570	m ³	1,98	203,089
2	B-15.302	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klastaki zeminlerin kazılması ve sedde dolgusuna konulması	106.665	m ³	3,15	335,995
3	B-15.343	Filtre malzeme konulması (Elenmiş)	9.360	m ³	12,46	116,626
4	B-15.344	Filtre malzemesi yıkanması	9.360	m ³	0,88	8,237
5	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	779,02	saat	146,9	114,438
6	B-14.018	Mekanik tokmakla sedde dolgusunun sıkıştırılması (h=30 cm)	62.790	m ³	10,63	667,458
7	B-15.322	Sedde dolgusunun sulanması	166.335	m ³	2,1	349,304
8	17.103	30 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	55.250	m ²	38,06	2102,815
9	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
9	07.006/17	5 km.'den Kil Nakli	85.488	ton	3,31	282,965
10	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	115.765	ton	6,6	764,049
Genel Toplam						6684.31

Sedde İçin Maliyet Hesabı (H=2.05 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.301	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zeminlerin kazılması ve depoya konulması	109.460	m ³	1,98	216,731
2	B-15.302	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klastaki zeminlerin kazılması ve sedde dolgusuna konulması	119.600	m ³	3,15	376,74
3	B-15.343	Filtre malzeme konulması (Elenmiş)	10.010	m ³	12,46	124,725
4	B-15.344	Filtre malzemesi yıkanması	10.010	m ³	0,88	8,809
5	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	903,5	saat	146,9	132,725
6	B-14.018	Mekanik tokmakla sedde dolgusunun sıkıştırılması (h=30 cm)	66.300	m ³	10,63	704,769
7	B-15.322	Sedde dolgusunun sulanması	182.910	m ³	2,1	384,111
8	17.103	30 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	59.540	m ²	38,06	2266,092
9	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
9	07.006/17	5 km.'den Kil Nakli	90.064	ton	3,31	298,112
10	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	119.111	ton	6,6	786,133
Genel Toplam						7038,276

Sedde İçin Maliyet Hesabı (H=2.30 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.301	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zeminlerin kazılması ve depoya konulması	120.380	m ³	1,98	238,352
2	B-15.302	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klastaki zeminlerin kazılması ve sedde dolgusuna konulması	146.380	m ³	3,15	461,097
3	B-15.343	Filtre malzeme konulması (Elenmiş)	11.050	m ³	12,46	137,683
4	B-15.344	Filtre malzemesi yıkanması	11.050	m ³	0,88	9,724
5	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	1021,15	saat	146,9	150,007
6	B-14.018	Mekanik tokmakla sedde dolgusunun sıkıştırılması (h=30 cm)	73.580	m ³	10,63	782,155
7	B-15.322	Sedde dolgusunun sulanması	215.280	m ³	2,1	452,088
8	17.103	30 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	66.820	m ²	38,06	2543,169
9	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
9	07.006/17	5 km.'den Kil Nakli	100.048	ton	3,31	331,159
10	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	124.722	ton	6,6	823,165
Genel Toplam						7667,928

Sedde İçin Maliyet Hesabı (H=2.40 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.301	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zeminlerin kazılması ve depoya konulması	129.090	m ³	1,98	255,598
2	B-15.302	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klastaki zeminlerin kazılması ve sedde dolgusuna konulması	169.910	m ³	3,15	535,217
3	B-15.343	Filtre malzeme konulması (Elenmiş)	11.960	m ³	12,46	149,022
4	B-15.344	Filtre malzemesi yıkanması	11.960	m ³	0,88	10,525
5	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	1157,65	saat	146,9	170,059
6	B-14.018	Mekanik tokmakla sedde dolgusunun sıkıştırılması (h=30 cm)	79.430	m ³	10,63	844,341
7	B-15.322	Sedde dolgusunun sulanması	243.490	m ³	2,1	511,329
8	17.103	30 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	72.670	m ²	38,06	2765,82
9	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
9	07.006/17	5 km.'den Kil Nakli	107.952	ton	3,31	357,321
10	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	129.116	ton	6,6	852,166
Genel Toplam						8190,727

EK-2 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı trapez kesitli toprak kanal maliyet hesabı

Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=1.50 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	52.000	m ³	1,84	95,680
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
Genel Toplam						121,938

Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=1.90 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	72.453	m ³	1,84	133,314
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
Genel Toplam						160,252

Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.05 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	80.838	m ³	1,84	148,742
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
Genel Toplam						175,000

Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.30 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	95.680	m ³	1,84	176,051
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
Genel Toplam						202,309

Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.40 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	108.333	m ³	1,84	199,333
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
Genel Toplam						225,591

EK-3 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı topuk korumalı taş tahkimatlı trapez kesitli kanal maliyet hesabı

Topuk Korumalı Taş Tahkimatlı Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=1.50 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	52.000	m ³	1,84	95,680
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
3	17.101	20 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	43.550	m ²	30,02	1307,371
4	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
5	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	95.316	ton	6,6	629,086
Genel Toplam						3797,724

Topuk Korumalı Taş Tahkimatlı Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=1.90 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	72.453	m ³	1,84	133,314
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
3	17.101	20 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	55.250	m ²	30,02	1658,605
4	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
5	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	101.400	ton	6,6	669,240
Genel Toplam						4226,746

Topuk Korumalı Taş Tahkimatlı Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.05 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	80.838	m ³	1,84	148,742
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
3	17.101	20 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	59.540	m ²	30,02	1787,391
4	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
5	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	103.630	ton	6,6	683,958
Genel Toplam						4385,678

Topuk Korumalı Taş Tahkimatlı Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.30 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	95.680	m ³	1,84	176,051
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
3	17.101	20 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	66.820	m ²	30,02	2005,936
4	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
5	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	107.416	ton	6,6	708,946
Genel Toplam						4656,52

Topuk Korumalı Taş Tahkimatlı Trapez Kanal İçin Maliyet Hesabı (H=2.40 m.)						
Sıra No	Poz No	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (10 ³ TL)
1	B-15.304	Kaya ve bataklık zeminler hariç her cins klasta zemin kazılması ve yolda dolguya konulması	108.333	m ³	1,84	199,333
2	B-15.052/B	Titreşimli silindirlerle sedde dolgusunun sıkıştırılması (200 m ³ /saat)	178,75	saat	146,9	26,258
3	17.101	20 cm. kalınlıkta ocak taşı ile kuru pere	72.670	m ²	30,02	2181,553
4	17.084	Ocak taşı ile istifli taş dolgu	27.950	m ³	62,23	1739,329
5	07.006/28	20 km.'den Ocak taşı Nakli	110.458	ton	6,6	729,023
Genel Toplam						4875,496

EK-4 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı ıslah seddesi için yıllık toplam yatırım gideri

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				5 763.82
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	5 763.82	864.57
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>6 628.39</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				6 628.39
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	6 628.39	994.26
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				7 622.65
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	7 622.65	381.13
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>8 003.78</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	6 628.39	332.48
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 375.39	75.34
Amortisman Giderleri Toplamı=				407.82
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	6 628.39	132.57
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>540.39</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				6 684.31
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	6 684.31	1 002.65
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>7 686.96</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				7 686.96
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	7 686.96	1 153.04
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				8 840.00
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	8 840.00	442.00
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>9 282.00</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	7 686.96	385.58
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 595.04	87.38
Amortisman Giderleri Toplamı=				472.95
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	7 686.96	153.74
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>626.69</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				7 038.28
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	7 038.28	1 055.74
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>8 094.02</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				8 094.02
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	8 094.02	1 214.10
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				9 308.12
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	9 308.12	465.41
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>9 773.53</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	8 094.02	406.00
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 679.51	92.00
Amortisman Giderleri Toplamı=				498.00
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	8 094.02	161.88
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>659.88</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				7 667.93
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	7 667.93	1 150.19
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>8 818.12</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				8 818.12
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	8 818.12	1 322.72
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				10 140.83
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	10 140.83	507.04
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>10 647.88</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	8 818.12	442.32
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 829.76	100.23
Amortisman Giderleri Toplamı=				542.55
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	8 818.12	176.36
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>718.91</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				8 190.72
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	8 190.72	1 228.61
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>9 419.33</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				9 419.33
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	9 419.33	1 412.90
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				10 832.23
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	10 832.23	541.61
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>11 373.84</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	9 419.33	472.47
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 954.51	107.07
Amortisman Giderleri Toplamı=				579.54
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	9 419.33	188.39
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>767.93</i>

EK-5 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı trapez kesitli toprak kanal için yıllık toplam yatırım gideri

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				121.94
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	121.94	18.29
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>140.23</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				140.23
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	140.23	21.03
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				161.26
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	161.26	8.06
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>169.33</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	140.23	7.03
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	29.10	1.59
Amortisman Giderleri Toplamı=				8.63
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	140.23	2.80
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>11.43</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				160.25
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	160.25	24.04
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>184.29</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				184.29
%15 Proje kontrolluk hizmetleri=	0.15	x	184.29	27.64
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				211.93
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	211.93	10.60
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>222.53</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	184.29	9.24
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	38.24	2.09
Amortisman Giderleri Toplamı=				11.34
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	184.29	3.69
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>15.02</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				175.00
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	175.00	26.25
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>201.25</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				201.25
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	201.25	30.19
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				231.44
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	231.44	11.57
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>243.01</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	201.25	10.09
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	41.76	2.29
Amortisman Giderleri Toplamı=				12.38
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	201.25	4.03
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>16.41</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				202.31
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	202.31	30.35
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>232.66</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				232.66
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	232.66	34.90
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				267.55
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	267.55	13.38
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>280.93</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	232.66	11.67
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	48.28	2.64
Amortisman Giderleri Toplamı=				14.31
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	232.66	4.65
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>18.97</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				225.59
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	225.59	33.84
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>259.43</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				259.43
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	259.43	38.91
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				298.34
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	298.34	14.92
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>313.26</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	259.43	13.01
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	53.83	2.95
Amortisman Giderleri Toplamı=				15.96
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	259.43	5.19
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>21.15</i>

EK-6 Çeşitli taşkın senaryoları için hesaplanan Karacaali Çayı şevleri taş tahkimatlı trapez kesitli toprak kanal için yıllık toplam yatırım gideri

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				3 797.72
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	3 797.72	569.66
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>4 367.38</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				4 367.38
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	4 367.38	655.11
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				5 022.49
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	5 022.49	251.12
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>5 273.61</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	4 367.38	219.07
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	906.23	49.64
Amortisman Giderleri Toplamı=				268.71
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	4 367.38	87.35
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>356.06</i>

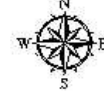
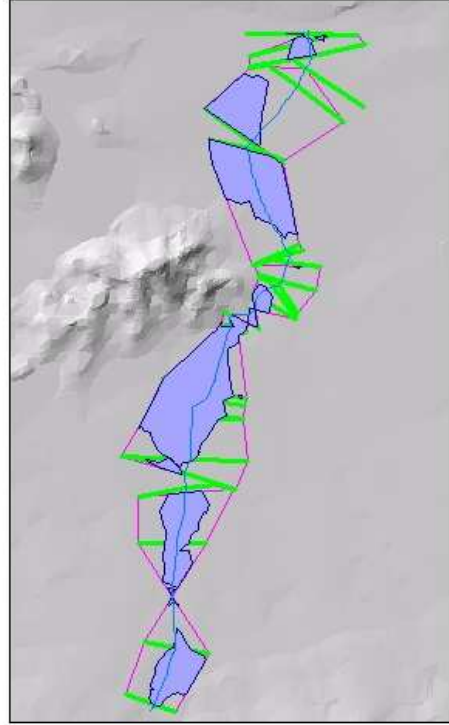
PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				4 226.75
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	4 226.75	634.01
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>4 860.76</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				4 860.76
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	4 860.76	729.11
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				5 589.87
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	5 589.87	279.49
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>5 869.37</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	4 860.76	243.82
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 008.61	55.25
Amortisman Giderleri Toplamı=				299.07
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	4 860.76	97.22
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>396.28</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				4 385.68
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	4 385.68	657.85
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>5 043.53</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				5 043.53
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	5 043.53	756.53
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				5 800.06
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	5 800.06	290.00
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>6 090.06</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	5 043.53	252.98
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 046.53	57.33
Amortisman Giderleri Toplamı=				310.31
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	5 043.53	100.87
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>411.18</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				4 656.52
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	4 656.52	698.48
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>5 355.00</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				5 355.00
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	5 355.00	803.25
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				6 158.25
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	6 158.25	307.91
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>6 466.16</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	5 355.00	268.61
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 111.16	60.87
Amortisman Giderleri Toplamı=				329.48
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	5 355.00	107.10
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>436.58</i>

PROJE EKONOMİSİ				
<u>TESİS GİDERLERİ:</u>				<u>TL</u>
Keşif bedeli=				4 875.50
%15 Bilinmeyen giderler=	0.15	x	4 875.50	731.32
<i>TOPLAM TESİS GİDERİ</i>				<i>5 606.82</i>
<u>YATIRIM GİDERLERİ:</u>				
Tesis Gideri=				5 606.82
%15 Proje kontrollük hizmetleri=	0.15	x	5 606.82	841.02
Kamulaştırma=				0.00
ARA TOPLAM				6 447.84
İnşaat süresi %5 faizi x 1/2=	0.05	x	6 447.84	322.39
<i>TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>6 770.24</i>
<u>YILLIK GİDERLER:</u>				
a) Amortisman Giderleri				
0.05016 x Tesis Gideri=	0.05	x	5 606.82	281.24
0.05478 x (Top.Yatırım Gideri-Tesis Gideri)=	0.05	x	1 163.42	63.73
Amortisman Giderleri Toplamı=				344.97
b) İşletme - Bakım giderleri:				
0.02 x Tesis Gideri=	0.02	x	5 606.82	112.14
<i>YILLIK TOPLAM YATIRIM GİDERİ</i>				<i>457.11</i>

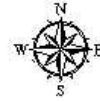
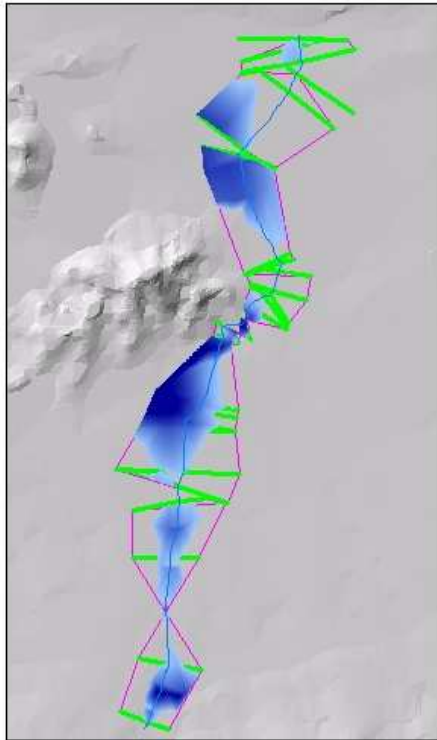
EK-7 Çeşitli yinelenme periyotlarına sahip debilere göre oluşturulan taşkın risk haritaları ve derinlik haritaları



Karacaali Çayı 10 Yıllık
Taşkın Alanı Gösterimi

Lejant

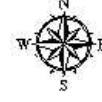
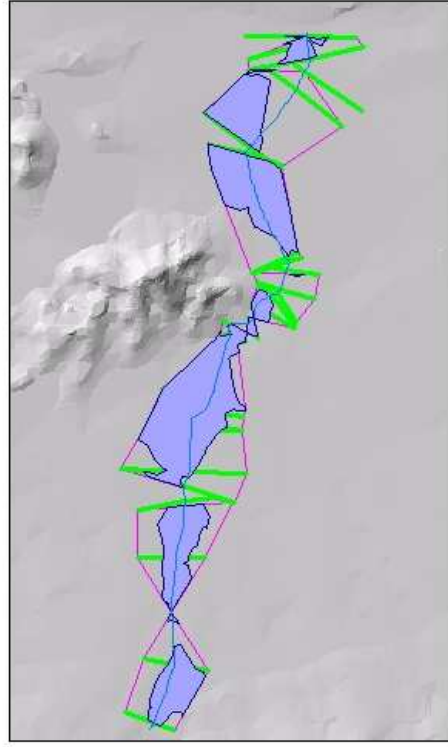
—	Dere Yatağı
■	10 Yıllık Taşkın Alanı
Yükseklik	
■	1509.6 - 1615
■	1404.2 - 1509.6
■	1298.8 - 1404.2
■	1193.4 - 1298.8
■	1088 - 1193.4
■	982.6 - 1088
■	877.2 - 982.6
■	771.8 - 877.2
■	666.4 - 771.8
■	561 - 666.4
■	455.6 - 561
■	350.2 - 455.6
■	244.8 - 350.2
■	139.4 - 244.8
■	34 - 139.4



Karacaali Çayı 10 Yıllık
Taşkın Derinlik Gösterimi

Lejant

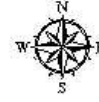
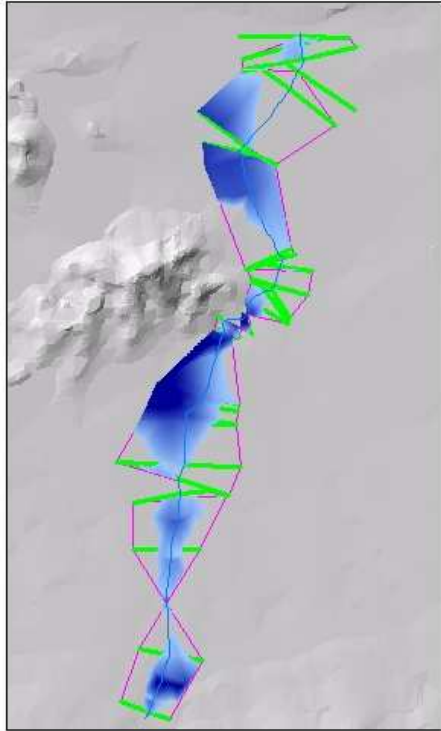
—	Dere Yatağı
■	10 Yıllık Taşkın Derinliği
Value	
■	Higi : 37.3071
■	Low : 3.8147e-005
Yükseklik	
■	1509.6 - 1615
■	1404.2 - 1509.6
■	1298.8 - 1404.2
■	1193.4 - 1298.8
■	1088 - 1193.4
■	982.6 - 1088
■	877.2 - 982.6
■	771.8 - 877.2
■	666.4 - 771.8
■	561 - 666.4
■	455.6 - 561
■	350.2 - 455.6
■	244.8 - 350.2
■	139.4 - 244.8
■	34 - 139.4



Karacaali Çayı 50 Yıllık Taşkın Alanı Gösterimi

Lejant

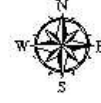
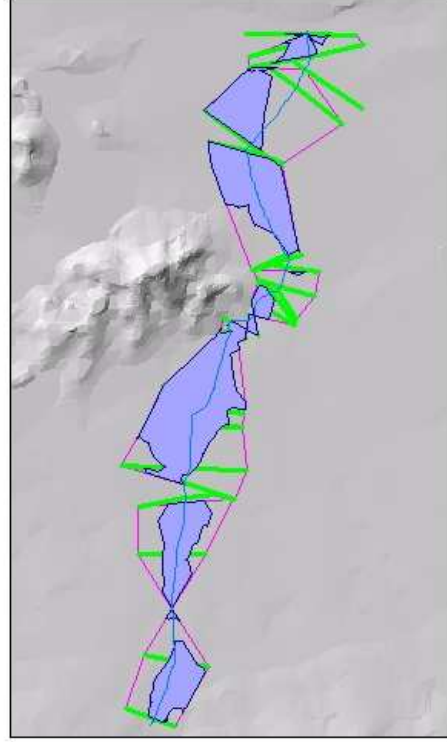
	Dere Yatağı
	50 Yıllık Taşkın Alanı
Yükselik	
	1509.6 - 1615
	1404.2 - 1509.6
	1298.8 - 1404.2
	1193.4 - 1298.8
	1088 - 1193.4
	982.6 - 1088
	877.2 - 982.6
	771.8 - 877.2
	666.4 - 771.8
	561 - 666.4
	455.6 - 561
	350.2 - 455.6
	244.8 - 350.2
	139.4 - 244.8
	34 - 139.4



Karacaali Çayı 50 Yıllık Taşkın Derinliği Gösterimi

Lejant

	Dere Yatağı
	50 Yıllık Taşkın Alanı
50 Yıllık Taşkın Derinliği	
Value	
	Higi : 37.9632
	Low : 1.52588e-005
Yükselik	
	1509.6 - 1615
	1404.2 - 1509.6
	1298.8 - 1404.2
	1193.4 - 1298.8
	1088 - 1193.4
	982.6 - 1088
	877.2 - 982.6
	771.8 - 877.2
	666.4 - 771.8
	561 - 666.4
	455.6 - 561
	350.2 - 455.6
	244.8 - 350.2
	139.4 - 244.8
	34 - 139.4



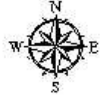
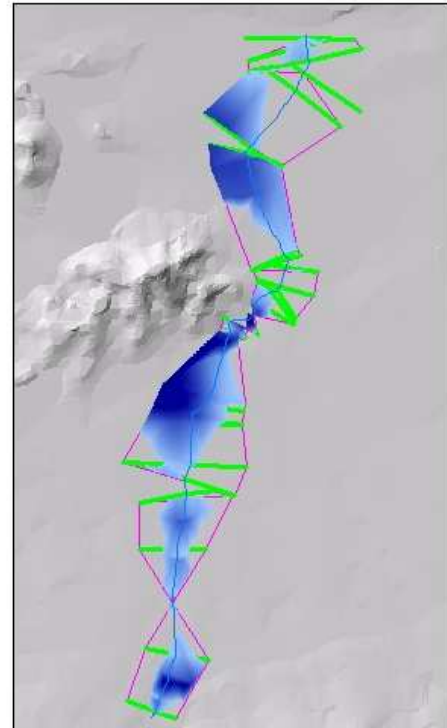
Karacaali Çayı 100 Yıllık Taşkın Alanı Gösterimi

Lejant

- Dere Yatağı
- 100 Yıllık Taşkın Alanı

Yükseklik

- 1509.6 - 1615
- 1404.2 - 1509.6
- 1298.8 - 1404.2
- 1193.4 - 1298.8
- 1088 - 1193.4
- 982.6 - 1088
- 877.2 - 982.6
- 771.8 - 877.2
- 666.4 - 771.8
- 561 - 666.4
- 455.6 - 561
- 350.2 - 455.6
- 244.8 - 350.2
- 139.4 - 244.8
- 34 - 139.4



Karacaali Çayı 100 Yıllık Taşkın Derinliği Gösterimi

Lejant

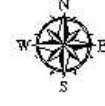
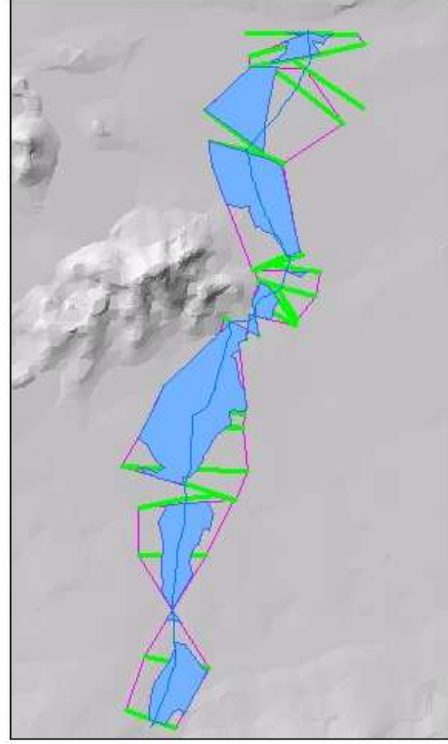
- Dere Yatağı
- 100 Yıllık Taşkın Derinliği

Value

- High : 3.82535
- Low : 3.8147e-006

Yükseklik

- 1509.6 - 1615
- 1404.2 - 1509.6
- 1298.8 - 1404.2
- 1193.4 - 1298.8
- 1088 - 1193.4
- 982.6 - 1088
- 877.2 - 982.6
- 771.8 - 877.2
- 666.4 - 771.8
- 561 - 666.4
- 455.6 - 561
- 350.2 - 455.6
- 244.8 - 350.2
- 139.4 - 244.8
- 34 - 139.4



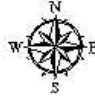
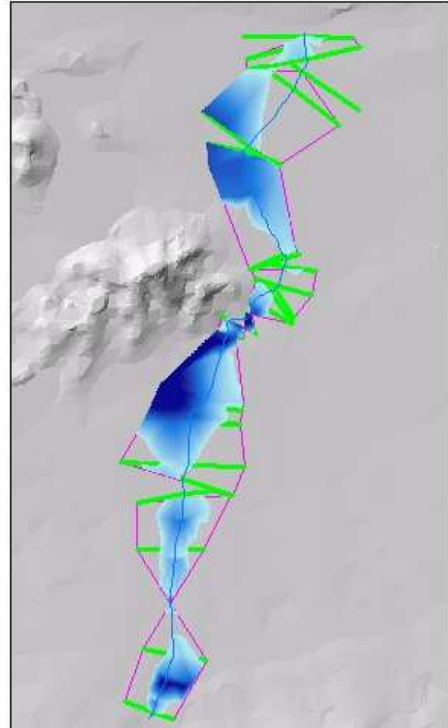
Karacaali Çayı 500 Yıllık Taşkın Alanı Gösterimi

Lejant

- Dere Yatağı
- 500 Yıllık Taşkın Alanı

Yükselik

- 1509.6 - 1615
- 1404.2 - 1509.6
- 1298.8 - 1404.2
- 1193.4 - 1298.8
- 1088 - 1193.4
- 982.6 - 1088
- 877.2 - 982.6
- 771.8 - 877.2
- 666.4 - 771.8
- 561 - 666.4
- 455.6 - 561
- 350.2 - 455.6
- 244.8 - 350.2
- 139.4 - 244.8
- 34 - 139.4



Karacaali Çayı 500 Yıllık Taşkın Derinliği Gösterimi

Lejant

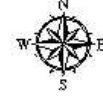
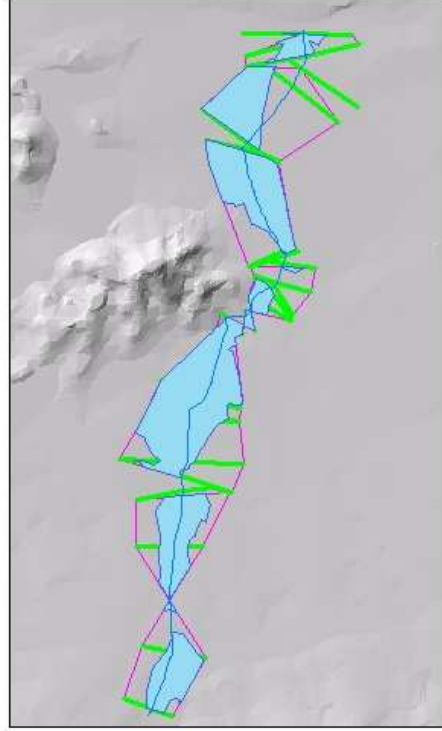
- Dere Yatağı
- 500 Yıllık Taşkın Derinliği

Value

- Higi : 3.88066
- Low : 2.67029e-005

Yükselik

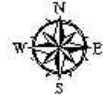
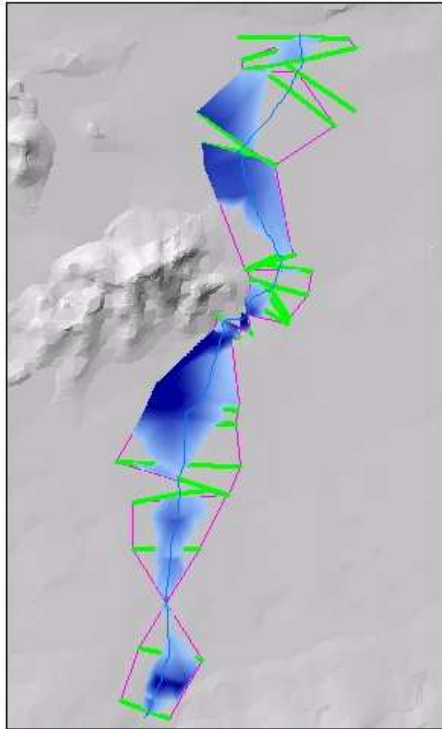
- 1509.6 - 1615
- 1404.2 - 1509.6
- 1298.8 - 1404.2
- 1193.4 - 1298.8
- 1088 - 1193.4
- 982.6 - 1088
- 877.2 - 982.6
- 771.8 - 877.2
- 666.4 - 771.8
- 561 - 666.4
- 455.6 - 561
- 350.2 - 455.6
- 244.8 - 350.2
- 139.4 - 244.8
- 34 - 139.4



Karacaali Çayı 1000 Yıllık Taşkın Alanı Gösterimi

Lejant

—	Dere Yatağı
■	1000 Yıllık Taşkın Alanı
Yükseldik	
■	1509.6 - 1615
■	1404.2 - 1509.6
■	1298.8 - 1404.2
■	1193.4 - 1298.8
■	1088 - 1193.4
■	982.6 - 1088
■	877.2 - 982.6
■	771.8 - 877.2
■	666.4 - 771.8
■	561 - 666.4
■	455.6 - 561
■	350.2 - 455.6
■	244.8 - 350.2
■	139.4 - 244.8
■	34 - 139.4



Karacaali Çayı 1000 Yıllık Taşkın Derinliği Gösterimi

Lejant

—	Dere Yatağı
1000 Yıllık Taşkın Derinliği	
Value	
■	Higi : 3.9034
■	Low : 2.67029e-005
Yükseldik	
■	1509.6 - 1615
■	1404.2 - 1509.6
■	1298.8 - 1404.2
■	1193.4 - 1298.8
■	1088 - 1193.4
■	982.6 - 1088
■	877.2 - 982.6
■	771.8 - 877.2
■	666.4 - 771.8
■	561 - 666.4
■	455.6 - 561
■	350.2 - 455.6
■	244.8 - 350.2
■	139.4 - 244.8
■	34 - 139.4