

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AŞAĞI SAKARYA NEHRİ ADAPAZARI KESİMİ
TAŞKIN RİSK TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ

Haziran 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AŞAĞI SAKARYA NEHRİ ADAPAZARI KESİMİ
TAŞKIN RİSK TAYİNİ

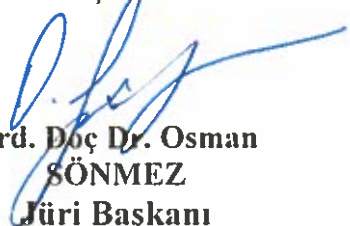
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 25 / 06 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç Dr. Osman
SÖNMEZ
Jüri Başkanı


Yrd. Doç Dr. Rabia
KÖKLÜ
Üye


Yrd. Doç Dr. Mehmet
SANDALCI
Üye

ÖNSÖZ

Yüksek lisans sürecinin tamamında bilgisi ve tecrübesiyle hiçbir desteği esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e ve Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a çok teşekkür ediyorum.

Çalışmalarım esnasında bana yardımcı olan eşim Üsame DEMİR'e teşekkür ederim. Hayatım boyunca daha iyi bir seviyeye gelmem için maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. TAŞKIN VE TAŞKIN TÜRLERİ.....	3
2.1. Taşkın Kavramı	3
2.2. Taşkın Türleri	3
2.2.1. Meteorolojik açıdan taşkın türleri.....	3
2.2.1.1. Kış yağışları taşkınları.....	3
2.2.1.2. Konvektif fırtına esaslı yağışlar	4
2.2.1.3. Sıcaklık farkı (konvektif) cephe esaslı fırtınalı taşkınlar	4
2.2.1.4. Kar erimesi taşkınları	4
2.2.2. Oluşma süreleri bakımından taşkın çeşitleri.....	5
2.2.2.1. Yavaş gelişen taşkınlar	5
2.2.2.2. Hızlı gelişen taşkınlar	5
2.2.2.3. Ani taşkınlar	5
2.2.3. Oluşum yerlerine göre taşkın teşitleri.....	5
2.2.3.1. Dere ve nehir taşkınları	5
2.2.3.2. Dağlık alan taşkınları.....	6
2.2.3.3. Şehir taşkınları.....	6
2.2.3.4. Kıyı taşkınları	6

2.3. Taşkın Zararları	7
2.3.1. Dünyada yaşanan büyük taşkınlar ve zararları	7
2.3.2. Türkiye’de yaşanan taşkınlar ve zararları	9
2.4. Literatür	11
BÖLÜM 3 .ÇALIŞMA ALANI	23
3.1. Çalışma Alanın Yapısal Özellikleri	24
3.1.1.Topografik ve jeomorfolojik özellikler.....	24
3.1.2.Eğim özellikleri	24
3.1.3.Bakı özellikleri	24
3.1.4.Jeolojik özellikler	25
3.1.5.Tektonik özellikler	26
3.2. Çalışma Alanının İklim ve Yağış Özellikleri.....	27
3.2.1. Yağış	27
3.2.2.Sıcaklık	28
BÖLÜM 4. YÖNTEM	30
4.1. Taşkın Debilerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları İle Hesaplanması	30
4.1.1. Normal dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması.....	30
4.1.2. Log- Normal dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması.....	32
4.1.3 .Gumbel dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması	33
4.1.4. Log-Pearson tip III dağılımı	33
4.2. Yağışların Hesaplanması	37
4.2.1. Log-Pearson tip III dağılım yöntemi ile maksimum yağışların bulunması.....	38
4.3. Sakarya nehrinde yağış ve debi ilişkisi	40
4.4. Hidrolik Model.....	43
4.4.1. 1 boyutlu model altyapısı	43
4.4.2. MIKE 11	44
4.4.2.1 MIKE 11 modelinin oluşturulması	46
BÖLÜM 5. UYGULAMA	47
5.1. MIKE 11 programına verilerin aktarılması	48

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	60
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ha	Hektar
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
MAFA	Maksimum Anlık Feyezan Akımları
n	Manning Pürüzlülük Katsayısı
Q	Akımın Debisi
km	Kilometre
DSİ	Devlet Su İşleri
EH	Ekim Harita
AGİ	Akım Gözlem İstasyonu
σ_x	Standart Sapma
x	Maksimum Anlık Feyezan Akım Debi Miktarı
∞	Sonsuz
μ_x	Gözlenen MAFA Değerlerinin Ortalaması
X_T	T Dönüş Aralığında Beklenen Olası Taşkın Debi Miktarı
ΔX_T	Ortalamadan Sapma Miktarı
K_T	Frekans Faktörü
p	Dönüş Aralığının Aşılma Olasılığı
μ	Aritmetik Ortalama

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılım.....	10
Şekil 3.1.	Çalışma alanı.....	23
Şekil 3.2.	Menderes yeniclerinin eski yatak izleri olarak yorumu.....	25
Şekil 3.3.	Sakarya ili yıllık yağış değişimi.....	28
Şekil 4.1.	Üç parametrelili dağılımlar için L-momentli diyagramı.....	35
Şekil 4.2.	Uzun yıllar yağış değişimi.....	41
Şekil 4.3.	Uzun yıllar debi değişimi.....	41
Şekil 4.4.	Ortalama aylık yağış-debi ilişkisi.....	42
Şekil 4.5.	Q (debi) ve h (su seviyesi) hesaplama noktasal döngüleri.....	45
Şekil 5.1.	TIN modeli.....	47
Şekil 5.2.	Geometrik verilerin oluşturulması.....	48
Şekil 5.3.	Geometrik verilerin aktarılması.....	49
Şekil 5.4.	Enkesitlerin Girilmesi	50
Şekil 5.5.	Enkesitlerin düzenlenmesi.....	50
Şekil 5.6.	HD parametrelerin girilmesi.....	51
Şekil 5.7.	2 yıl tekerrürlü debi için yayılım.....	52
Şekil 5.8.	5 yıl tekerrürlü debi için yayılım	53
Şekil 5.9.	10 yıl tekerrürlü debi için yayılım	54
Şekil 5.10.	25 yıl tekerrürlü debi için yayılım	55
Şekil 5.11.	50 yıl tekerrürlü debi için yayılım	56
Şekil 5.12.	100 yıl tekerrürlü debi için yayılım	57
Şekil 5.13.	200 yıl tekerrürlü debi için yayılım	58
Şekil 5.14.	500 yıl tekerrürlü debi için yayılım	59

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri-1.....	8
Tablo 2.2. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri-2.....	8
Tablo 2.3. Türkiyede meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri.....	10
Tablo 4.1. Havzanın akım Verileri.....	35
Tablo 4.2. Havzanın AGİ verilerinin Log Pearson Tip III dağılımı	36
Tablo 4.3. Aylık maksimum yağış yüksekliği (Merkez-Sakarya İstasyonu)...	37
Tablo 4.4. Standart sapma, aritmetik ortalama ve C_w	38
Tablo 4.5. Gelmesi muhtemel aylık maksimum yağış (1).....	39
Tablo 4.6. Gelmesi muhtemel aylık maksimum yağış (2).....	40

ÖZET

Anahtar kelimeler: Aşağı Sakarya Nehri, Tekerrürlü Taşkın Debisi, Taşkın Risk Haritası, MIKE 11

Taşkın yatakları, çoğu zaman düşük eğimli ve yeşil alan olmasından dolayı yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır. Bu da taşkınların sebep olduğu zararların artmasına neden olmaktadır. Türkiye’de bu zararlardan en çok etkilenen yerlerden biri de Aşağı Sakarya Havzasıdır. Bu çalışmada Havzanın hidrolojik özellikleri incelenmiş ve taşkın yayılım haritaları üretilmiştir. Bu amaçla bölgenin SYM ArcGIS ortamında sayısallaştırılmış ve oluşturulan veriler MIKE 11 programına aktarılmıştır. Kesit ve kesitlerdeki pürüzlülük değerleri revize edilmiş ve model kalibrasyonu tamamlanmıştır. Hidrolojik veriler kullanılarak 2,5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Bu debiler için çalışma sahasına ait taşkın yayılım haritaları üretilerek risk altında kalan alanlar belirlenmiştir. Bu çalışma ile bölgede yapılacak olan yapılaşma faaliyetleri ve mevcut yapılaşmalar için risk değerlendirmesi konusunda faydalı bir veri elde edilmiş olacaktır.

LOWER SAKARYA RIVER PART OF ADAPAZARI FLOOD RISK ANALYSIS

SUMMARY

Key Words: Lower Sakarya River, Return-Period Discharges, Flood Inundation Maps, MIKE 11

Generally floodplains are used as a settlement due to low slope and grassland. This has led to an increase in flood damage. One of the places which is most affected by this damage, is also The Lower Sakarya River Basin. In this study, hydrological characteristics of basin have been examined and flood inundation maps have been produced. For that purpose, digital elevation model (DEM) have been digitized using ArcGIS and data which created by ArcGIS is exported to MIKE 11. Roughness coefficient values revised and model calibration completed for cross-sections. 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 and 500-years return period discharges were calculated using hydrological data. For this calculated discharges, areas which is under risk, are determined using created flood inundation maps. Useful information for evaluating risk of new settlement and existing structures will be obtained.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bir afetin büyüklüğü genel olarak, olayın neden olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar, sosyal ve ekonomik kayıpların büyüklükleri ile değerlendirilmektedir [1].

Türkiye'nin farklı meteorolojik, jeolojik ve topoğrafik şartları; deprem, taşkın, kuraklık, yangın, heyelan, erozyon 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. Türkiye'de depremlerden sonra, en fazla can ve mal kaybına sebep olan doğal afet taşkındır.

Taşkın yatakları, insanlar tarafından çoğu zaman düşük eğimli suya yakın ve yeşil alan olmasından dolayı yerleşim yeri olarak tercih edilmektedir. Normalde bu bölgelerin yeşil alan, mesire yeri vb. gibi taşkın anında boş kalabilecek faaliyetler için ayrılması gerekmektedir. Taşkın riski bulunan alanlara tedbir alınmadan yapılan kontrolsüz yerleşimler taşkının afete dönüşmesine neden olmaktadır. Taşkınlar, hidrometeorolojik afet olarak çevreye ve insanlara en çok zarar veren afet türüdür ve Türkiye'de ve dünyanın pek çok yerinde önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır.

Özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliği beklentisi nedeniyle su kaynaklarının yönetimi daha da önem kazanmaktadır. Sera gazlarının hızlı artışı, muhtemel bir iklim değişikliği tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Akarsularda taşkınlara sebep olan yağışlar, ya hiç yağmamakta ya da birden çok fazla yağmaktadır. Yağışın olmadığı dönemlerde kuru dere gibi gözüken yataklara yerleşim yerleri inşa edilerek yatak genişliği azaltılmaktadır. Böylece yatak kapasitesinin üzerinde ve aniden

oluşan debilerin kontrolü çok zorlaşmakta, can ve mal kaybıyla sonuçlanan büyük taşkın afetleri yaşanmaktadır. Bu yüzden, oluşabilecek taşkın debilerinin önceden belirlenmesi ve bu taşkınların oluşturabileceği tehlikenin önüne geçebilecek önlemlerin alınması gerekmektedir. Geçmiş yılların akım ve/veya yağış verileri istatistiksel çalışmalarla değerlendirilerek çeşitli tekerrürlere (yineleme dönemi) sahip taşkın debileri tahmin edilmeli ve fayda/maliyet açısından en uygun olan debiye göre akarsuların taşkın yatağı olabilecek bölgeleri tespit edilmelidir. Belirlenen taşkın sahaları kurak veya yağışlı hiçbir dönemde yerleşime açılmamalı ve yeşillendirilerek insanların hizmetine sunulmalıdır.

BÖLÜM 2. TAŞKIN VE TAŞKIN TÜRLERİ

2.1. Taşkın Kavramı

Taşkın; bir yataktaki mevcut su miktarının, havzaya normalden fazla düşen yağmur ve/veya kar erimesinden dolayı hızla artması ile yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayıdır.

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 [2].

2.2. Taşkın Türleri

Taşkınlar meteorolojik açıdan, oluşma süreleri bakımından ve tekerrür aralığı ve oluşum yerleri açısından dört ayrı sınıfta incelenebilir.

2.2.1. Meteorolojik açıdan taşkın türleri

2.2.1.1. Kış yağışları taşkınları

Kış aylarında meydana gelen yağışların büyük hacimli ve uzun süreli olması zeminin doymasına ve büyük hacimlerde akışa neden olur. Bunun sonucunda da akarsu yatakları taşıma kapasitelerinden daha fazla suyu taşımak zorunda kalır ve böylece taşmalar, taşkınlar ortaya çıkar [3].

2.2.1.2. Konvektif fırtına esası yağışlar

Yoğun sıcaklık farkı (konvektif) fırtınalı yağışlar çok şiddetli taşkınları ortaya çıkarabilir. Özellikle, Türkiye ve Güneybatı Avrupa'da uzun süreli yaz ayları sıcak devreleri aniden fırtınalarla sonuçlanabilir. Böyle bir fırtına yerel olursa çok gelişmiş yerleşim alanlarını bile sular altında bırakan taşkınları ortaya çıkar [3].

2.2.1.3. Sıcaklık farkı (konvektif) cephe esası fırtınalı taşkınlar

Türkiye'yi de içine alan Güneydoğu ve Batı Avrupa bölgelerinde sıklıkla ortaya çıkan meteorolojik şartlar soğuk cephelerle bir araya gelince Akdeniz'den kıta içlerine doğru hareket eder. Bu durumda orta ölçekli konvektif sistemler gelişebilir ve bunlar 24 saatten fazla süren aşırı yağışları meydana getirebilir. Hava kütleleri hareketleri sırasında yüksek dağ yamaçlarına ulaşarak burada yükselti farkı (orografik) kuvvetlenmesi ile dağ yamaçlarından yüzeysel akışların daha hızlı akmasına meydan verir [3].

2.2.1.4. Kar erimesi taşkınları

Hızlı kar erimesi özellikle ilkbahar aylarında sıcak güneyli hava hareketlerinin etkisi ile bazen taşkınları ortaya çıkabilir. Türkiye'de Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki sel ve taşkınların en önemli sebeplerinden birisi budur. Bu durumun sıcak olan yağmurlara maruz kalması ile taşkın tepe debisi ve akan suyun hacmi büyük olur. Genellikle yerel bir olaydır ve eğimi fazlaca olan yerlerde ani taşkınları üretebilir. Çünkü suyun hızı yamaçlarda oldukça fazladır. Özellikle akarsu havzalarının aşağı kısımlarında gelişmiş olan yerleşim alanlarının taşkına maruz kalmasına sebep olur [3].

2.2.2. Oluşma süreleri bakımından taşkın çeşitleri

2.2.2.1. Yavaş gelişen taşkınlar

Yavaş gelişen taşkınlar bir hafta veya daha uzun bir süre içinde oluşabilirler [4]. Yeryüzüne ulaşan yağış sularının derelerde ani akış haline dönüşmeden, toprak sisteminden geçerek daha yavaş ve düzenli olarak akışa geçmesidir. Bitki örtüsü burada etkili olmaktadır. Aynı zamanda jeolojik ortamın geçirimsizliği ve eğimin düşüklüğü de yavaş gelişen taşkınların oluşmasında etkilidir

2.2.2.2. Hızlı gelişen taşkınlar

Hızlı gelişen taşkınlar bir-iki gün içinde oluşabilirler[4]. Bu tür gelişen taşkınlarda düşen yağışlar zayıf bitki örtüsü ve eğimden dolayı hızlıca yüzeysel akışa geçmektedir. Ayrıca şehirleşme, killi kayalardan oluşan geçirimsiz jeolojik ortam da hızlı gelişen taşkınlara sebep oluşturmaktadır.

2.2.2.3. Ani taşkınlar

Ani taşkınlar altı saat içinde oluşabilirler ve çöller dahil dünyanın her yerinde görülebilirler [4]. Ciddi bir fırtına sonucunda kısa bir sürede beklenenin çok üzerinde yağış gerçekleşir ve kısa bir zaman içerisinde taşkın meydana gelir [5]. Şehir alanı içerisinde su geçirmeyen zeminlerin (asfalt, beton, vb) artması şehir içerisinde meydana gelen ani taşkınların en önemli sorunlarından birisidir.

2.2.3. Oluşum yerlerine göre taşkın çeşitleri

2.2.3.1. Dere ve nehir taşkınları

Dere ve nehir taşkınlar günlerce ve hatta haftalarca devam eden yağışlar sonucu zeminin tamamen doymuş hale gelmesi sonucunda akarsu yataklarının taşıyabilecekleri su miktarından fazlasına maruz kalmaları durumunda ortaya çıkar

[3]. Bazı nehir taşkınları mevsimsel olarak kış ve ilkbahar yağışlarının erittiği kar sularının nehirleri doldurması ile oluşur [4].

2.2.3.2. Dağlık alan taşkınları

Şiddetli yağışlı fırtınalar kuru su kanallarını veya küçük çayları, gürül gürül akan tehlikeli sel sularına dönüştürdüğü zamanlarda dağlık alanlarda ve dağlık alanlara yakın yerlerde de ani seller [4].

2.2.3.3. Şehir taşkınları

Doğal ortamda dere yataklarının büyüklüğü aşırı derecede taşkına sebep olabilecek durumda değildir veya sağanak yağışların taşkına neden olabilmesi için kısa sürede aşırı bir yağışın düşmesi gerekmektedir. Ancak insan müdahalesi sonucunda yatakları daraltılan ve kanal içerisine alınan dereler daha fazla taşkına neden olmaktadır. Yanlış imar uygulamaları ve arazi kullanımları sonucunda dere yataklarının daraltılması, kanal içerisine alınması ve akış kesitinin gecekondular ve diğer kullanım amaçları için küçültülerek yer yer tamamen yok edilmesi, bu sorununun ana nedenini oluşturmaktadır.

Şehir selleri, şehir içindeki her türlü arazide oluşabilir. Özellikle binalar, yollar ve otomobiller için parklar inşa edilmesiyle doğal bitki örtüsü yok edilmiş şehirseller alanlarda yağışın toprağa sızması mümkün değildir ve bu nedenle ani seller sık sık oluşmaktadır. Şehirleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre 2 ila 6 kat daha artırır. Mazgallar bu suları hemen tahliye edemez ve kısa bir süre içinde caddelerimiz ve sokaklarımız derelere dönüşebilir [4].

2.2.3.4. Kıyı taşkınları

Kıyı taşkınları tropikal fırtınalar ve kıyıda bulunan kuvvetli alçak basınç sistemlerinin sebep olduğu fırtına kabarması sonunda deniz sularını kara içlerine sürükleyerek önemli taşkınlara sebep olabilir. Benzer şekilde göllerin su seviyesinde

herhangi bir sebeple görülen yükselme, göl kıyılarında suyun taşması sonucunda taşkınlar ortaya çıkar [4].

2.3. Taşkın Zararları

Taşkın zararları, taşkın sularının ve bunların taşıdığı katı maddelerin can, mal ve hizmetlere doğrudan veya dolaylı olarak verdikleri zararlardır. Bir akarsu havzasında oluşan taşkınların,

- a) Meskenlerde,
- b) Endüstri ve üretim yerlerinde,
- c) Kamu hizmetlerinde,
- d) Kırsal alanlarda,
- e) Ulaşım yollarında,
- f) Halk üzerinde çeşitli boyutlarda oluşabilecek zararları vardır [6].

2.3.1. Dünyada yaşanan büyük taşkınlar ve zararları

Uluslararası Acil Afetler Veri Tabanı verilerinden alınan bilgilere göre, dünyada 1900 ile 2008 yılları arasında toplam 2238 taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkınlardan 2 milyara yakın kişi etkilenmiş, 3 milyona yakın kişi ise hayatını kaybetmiştir. Ekonomik olarak 200 milyar ABD Doları üzerinde zarar meydana gelmiştir. Dünyadaki taşkınlar incelendiğinde can ve mal kayıplarının en çok olduğu ülkelerin başında Çin gelmektedir.

Tablo 2.1. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri-1 [7]

Ülke	Sebepl olan olay	Ölü Sayısı
Çin	1887 Sarı Nehir (Huhang He) Seli	900.000-2.000.000
Çin	1931 Çin Selleri	2.500.000-3.000.000
Çin	1938 Sarı Nehir (Huang He) Seli	500.000-700.000
Çin	1975 Nina Tayfunu sebebiyle Banqiao barajının yıkılması	231.000 (86.000 kişi sel, 145.000 kişi sel sonucu hastalıklar nedeniyle)
Hindistan (Tamil, Nadu Bölgesi)Tayland, Maldivler	2004 Hint Okyanusu Tsunami sonucu oluşan sel	230.000

Tablo 2.2. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri-2 [7]

Yıllar	Taşkın Yeri	Taşkın Sayısı	Etkilenen Kişi Sayısı	Ölü Sayısı	Su Altında Kalan Alan (ha)	Toplam Zarar (\$)
1900-2008	Dünya	2238	2 Milyar	2.981.285		201 milyar
1953	Hollanda	1	Ülkenin Çoğunluğu	1.800	Ülkenin Çoğunluğu	
1969-1981	ABD	32		1.185		
1993	ABD	2	54000		4 milyon	
1997	Polonya	1		54	665000	2-4 milyar
2003	Hindistan	1	3 milyon	67	117.900km2	55 milyon
2007	Çin	1	403.000	23		235 milyon

2.3.2. Türkiye’de yaşanan taşkınlar ve zararları

Türkiye’de depremden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afet taşkınlardır. Ülkemizde 1960’lı yıllardan itibaren hızla artan nüfus beraberinde çarpık kentleşmeyi de getirmiştir. Özellikle sanayi alanlarının artması nüfusun şehirlere doğru kaymasını sağlamıştır. Kentlerde görülen bu gelişmeler su kaynaklarının ve akarsu havzalarının doğal yapısını bozmuş, kontrolsüz imarlaşma ile dere yataklarına binaların yapılması, orman ve meraların daralması, dere üstlerinin kapatılması, asfalt yol yapımlarının artması, dere yataklarına çöp, moloz v.b atık malzemelerinin atılması ve kanalizasyon giderlerinin dere yataklarına mansaplanması sonucu ülkemizde taşkınlar yaşanmıştır. Ayrıca dünya genelinde yaşanan küresel ısınma sel ve kuraklık etkileri ülkemizde de görülmektedir. Mevsimlerde görülen meteorolojik değişiklikler yağış rejimlerinin değişmesine ani taşkınların artmasına bazı bölgelerimizde kuraklıklara bazı bölgelerimizde ise taşkınlara neden olmaktadır.

Ülkemizde 2001 ve 2009 yılları arasında meydana gelen taşkın olaylarına bakıldığında, ülkemizde bulunan 25 havzada toplam 383 akarsuda 453 taşkın olayı meydana geldiği görülmektedir. En çok taşkın 69 akarsu 90 taşkın olayı ile Doğu Karadeniz havzasında görülmüştür [8].

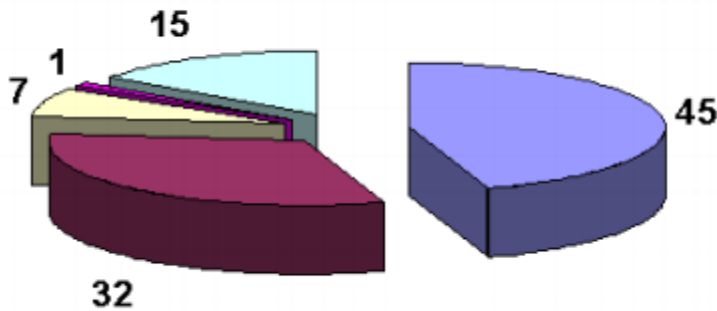
Ülkemizde en büyük ekonomik kayıplara neden olan yaşanmış taşkınlara baktığımızda; 1975- 2010 yılları arasında; 695 taşkın olayı meydana gelmiş, 634 kişi ölmüş, 810.000 ha alan su altında kalmış, toplam zarar 3.717.000.000 ABD \$’ı olmuştur [9].

Tablo 2.3 Türkiye’de meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri

Yıllar	Taşkın Sayısı	Ölü	Su altında kalan alan (ha)	Toplam zarar (\$)
1975-1979	160	85	120.000	57.000.000
1980-1989	152	63	190.000	1.500.000.000
1990-1999	102	310	250.000	2.000.000.000
2000-2009	281	176	250.000	160.000.000
TOPLAM	695	634	810.000	3.717.000.000

Taşkınlar çoğunlukla karayolu, demiryolu, hava alanı, elektrik hatları, suyolları ve kanalizasyon sistemlerinde bozulmalara sebep olmakta, tarım alanlarını tahrip etmekte, bu da ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizde her yıl milyonlarca TL taşkın ve sellerden kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların kapatılmasına harcanmaktadır. Ayrıca geçmişten bugüne yaşanan seller pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlığının bozulmasına neden olmaktadır [9].

Söz konusu taşkınlar sonucu ülkemizde yaşanan ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı şekilde verilmiştir.



Şekil 2.1. Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı [10]

Taşkın zararlarının sektörler itibari ile dağılımına bakacak olursak; % 45'i tarımsal alanlarda, % 32'si yerleşim ve altyapıda, % 7'si taşınabilir mal ve araçlarda, % 1'i ulaşım, % 15'inin de diğer alanlarda olduğu tespit edilmiştir [10].

Taşkınlar çoğunlukla karayolu, demiryolu, hava alanı, elektrik hatları, suyolları ve kanalizasyon sistemlerinde bozulmalara sebep olmakta, tarım alanlarını tahrip etmekte, bu da ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizde her yıl milyonlarca TL taşkın ve sellerden kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların kapatılmasına harcanmaktadır.

Ayrıca geçmişten bugüne yaşanan seller pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlığının bozulmasına neden olmaktadır [9].

Taşkınlar, can kayıpları ve yapılar üzerinde hasar verir. Kentlerin altyapı elemanlarını bozar, içme suyu kaynaklarının kirlenmesine yol açar. İletişim hatlarına hasar verebilir. Endüstriyel, tarımsal ve ormanla ilgili üretimlerde, ayrıca çevrede oluşan hasarlar sonucu turizm gelirlerinde kayıplar ve ulaşım hatlarında aksamalar meydana getirir. Taşkın tehdidi altındaki alanlarda gayrimenkul değerlerde azalma olur. Taşkın sonucu zarar gören yapılarla ilgili vergi kayıpları oluşur. Ölüm, yaralanma ve psikolojik travma sonucu üretim kapasitesi azalır.

2.4. Literatür

Taşkınları tanımak, onların davranışlarını ve olasılıklarını tahmin etmek insan yaşamı açısından önemlidir. Taşkın analizi ile ilgili eski çalışmalardan aşağıda bahsedilecektir.

Benson (1968) en eski araştırmalardan biridir. ABD'nin değişik yerlerinde bulunan kaynaklar ve gözlem süresi 44-97 yıl arasında değişen 10 AGİ'nin taşkın değerleri üzerine araştırma yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucu olarak Log-Pearson TipIII dağılımının gözlenen taşkınlara uygunluğu görülmüştür [11]

Cicioni ve diğ. (1973) İtalya’da gözlem süresi 27 yıldan büyük 108 AGİ’nin ölçülen taşkınlara χ^2 , K-S ve A-D testleri uygulamıştır. χ^2 testi LN dağılımının, diğer testlerde GEV ve LN3 dağılımına uygunluğunu ortaya çıkarmıştır [12].

Beard (1974) ABD’nin 300 AGİ’si üzerinde değişik olasılık dağılımları için 1000 yıllık taşkın debilerini elde etmiştir. Tüm istasyonlarda toplam gözlem süresi 14200 yıl olduğuna göre 1000- yıllık taşkın debisinden büyük olan değerlerin sayısı yaklaşık 14 olması beklenmiştir. LP3 ve LN dağılımları en uygun dağılım olarak Kabul edilmiştir [13].

McMahon ve Srikanthan (1981) Avustralya’ da bulunan 172 AGİ den alınan gözlem sonuçlarının üzerinde L-moment diyagramlarını kullanarak araştırma yapmışlardır. Bu araştırmanın sonucu olarak LP3 dağılımının gözlenen taşkınlara iyi uyduğu görülmüştür [14].

Vogel ve diğ. (1993) ABD’de gözlem süresi en az 30 yıl olan 383 AGİ için araştırma yapmışlardır. N, LN, Gumbel, GEV, P3 ve LP3 dağılımlarının arasında L-moment diyagramlarını kullanarak karşılaştırma yapmışlardır. LN, LN3, GEV ve LP3 dağılımları gözlenen taşkınlarda iyi sonuç vermiştir. 100 ve 1000-yıllık taşkın debileri herbir dağılım için hesaplanmıştır. LP3 dağılımı en uygun dağılım ve LN, LN3 ve GEV dağılımlarının daha büyük ölçüde uygun oldukları ortaya çıkmıştır [15].

Vogel ve diğ. (1993) Avusturalya’da gözlem süresi en az 20 yıl olan 61 AGİ’den alınan taşkın debileri için araştırma yapmışlardır. L- moment diyagramlarını kullanarak GEV, LN3 ve LP3 dağılımlarının gözlenen sonuçlara uygun oldukları ortaya çıkmıştır. 100-yıllık taşkın debisi yöntemiyle GEV dağılımı çok iyi sonuç vermiştir [16].

Önöz ve Bayazıt (1995) dünyanın değişik yerlerinde toplam gözlem süresi 1819 yıl olan 19 AGİ üzerinde araştırma yapmışlardır. χ^2 , K-S, PPCC ve AD testleri, L-moment diyagramı ve 100-yıllık taşkın debisi yöntemleri uygulanmıştır. Bu araştırmada GEV dağılımı en iyi sonuçları vermiştir [17].

Büyükkaracığan (1997), taşkın frekans analizinde kullanılan değişik dağılımların Konya Havzası yıllık pik akım serilerine uygulayıp karşılaştırılmasını yapmıştır. Büyükkaracığan çalışmasında, taşkın frekans analizindeki bağımsızlık tezinin geçerliliğini incelemek amacıyla, bağımlılık testleri uygulanmıştır. Bu özellik ancak, tekil bir fırtına sisteminin meydana getirdiği iki veya daha fazla taşkın piki değerinden sadece bir tanesinin veri grubuna girmesiyle sağlanabileceğinden, bağımsızlık tezinin Konya Havzası için geçerli olduğu kanaatine varılmıştır. En uygun olasılık dağılım modelinin belirlenmesi için, iki ve üç parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson Tip 3, Log-Pearson Tip 3, Log Boughton, Log-Logistik ve ekstrem değerler dağılımları 12 istasyona ait yıllık pik akım serilerine uygulanmıştır. Bu dağılımların çoğunun parametreleri, momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L momentler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Modellerin en uygununu belirlemek amacıyla, klasik uygunluk testleri Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri de hesaplanmıştır. Bu değerlendirmelere göre, Log-Pearson Tip 3'ün diğer pik akım seri dağılımlarına göre daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır [18].

Azagra ve ark. (1999) Texas'ta Waller Nehir Havzası'nı çalışma alanı olarak seçip, bu havzanın topoğrafik verilerinden oluşturdukları Triangulated Irregular Network (TIN) adı verilen üçgen interpolasyonlardan meydana gelen arazi modeli ve hava fotoğraflarıyla HEC-RAS'a girdi olarak kullanacakları kesitleri belirlemişler ve hidrolik model sonuçlarını ArcView'e girerek, iki ve üç boyutlu taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır. Ancak Azagra ve Olivera'ya göre hava fotoğraflarını kullandıkları için yaptıkları çalışma pek tatmin edici olmamıştır, çünkü HEC-RAS'a girilen kesitler doğruyu tam olarak yansıtmadığı için bulunan su yüzü seviyeleri de doğru olmamaktadır [19].

CBS kullanılarak, taşkın risk haritalarının oluşturulması, taşkın risklerinin ortaya konulması için, Türkiye'deki ilk uygulamada Baga (1999), Çayboğazı Havzası'nın Muğla Fethiye İlçesi'nde, Danish Hydraulic Institute (DHI) ve ESRI tarafından geliştirilen Mike 11 GIS modülünü kullanmış ve çeşitli durumlara (taşkın seddesi olması ve olmaması) göre taşkın risk haritalarını hazırlamıştır [20].

Correia ve ark. (1999), iki bölümden oluşan çalışmalarının ilk bölümünde taşkın yataklarının önemi ve çeşitli senaryolara göre modellenmesinin şehir hayatı için gerekliliğini vurgulamışlardır. İkinci bölümünde ise bu konuda CBS teknolojisi ile yapılabileceklerden ve sağladığı kolaylıklardan bahsedilmiştir. Taşkın yönetimiyle ilgili yeterli bilgi ile alternatif senaryoların üretilmesinin yerel yönetimler ve karar vericiler açısından önemi vurgulanmıştır [21].

CBS kullanılarak, taşkın risk haritalarının oluşturulması, taşkın risklerinin ortaya konulması için, Türkiye'deki ilk uygulamada Baga (1999), Çayboğazı Havzası'nın Muğla Fethiye İlçesi'nde, Danish Hydraulic Institute (DHI) ve ESRI tarafından geliştirilen Mike 11 GIS modülünü kullanmış ve çeşitli durumlara (taşkın seddesi olması ve olmaması) göre taşkın risk haritalarını hazırlamıştır [20].

Aynı havzada Doğanoğlu (2000) taşkın risk haritalarını oluşturmak için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada da taşkın haritaları, CBS ve hidrolik modelin bir arada kullanılmasıyla çeşitli tekerrürlü debiler için oluşturulmuştur [22].

Mclin ve ark. (2001) Pajarito Platosu'nda (Meksika) 100 yıllık yinelenme dönemine sahip taşkın debisinin oluşturabileceği taşkın alanlarını tespit edebilmek için ArcView ve HEC bileşimi bir model hazırlamışlardır. Çalışma alanının hidrolojik analizleri HEC tarafından geliştirilen Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) ile yaptıktan sonra taşkın debisini tespit eden araştırmacılar, HEC-RAS hidrolik modeli ile taşkın anında su seviyelerinin hangi kotlara ulaşacağını bulmuşlardır. Daha sonra da ArcGIS'te bu su yüzü kotları işaretlenerek taşkın alanları 2 boyutlu olarak üstten görüntülenmiş ve riskleri ortaya konmuştur [23].

Turan (2002) Ulus Havzası'nda taşkın risk haritalarını oluşturmak için, taşkın analizi yapan Mike 11 Hidrodinamik (HD) Modülü ve CBS'yi bir arada kullanmıştır. Bu çalışmada da yine hidrolik modelden çıktı olarak alınan taşkın anındaki su seviyeleri CBS'ye girilerek oluşacak taşkın sahaları belirlenmiştir [24]

Temiz ve diğ. (2004), Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Log Pearson Type III (LP III) dağılım yöntemiyle hesapladıkları 50 yıllık tekerrür süresine sahip akımların

oluşturacağı potansiyel taşkın alanlarını, CBS teknikleri kullanarak değerlendirmişler ve sonuç olarak çalışma alanının kuzeybatı kesimlerinin göreceli olarak daha fazla taşkın potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir [25].

Knebl ve ark. (2004) sık taşkınların yaşandığı bir yer olan 10000 km²'lik San Antonio Nehir Havzası'nda HEC-HMS ile yağıştan akış değerinin bulunduğu bir model kurmuşlardır. 2002 yılı yazında havzada meydana gelen büyük taşkın ol yıl değerlendirilmiş ve modellenmiştir. Daha sonra HEC-HMS'den elde edilen yağış hidrografi HEC-RAS'a girilerek unsteady (zamanla değişen) akım durumunda hidrolik analiz gerçekleştirilmiştir. Taşkın anında oluşacak su yüzü profillerinin modellenmesi ise NEXRAD Level III ve CBS teknikleri kullanılarak yapılmıştır [26].

Kaleyci (2004) Değirmendere Havzası'nda taşkın frekans analizi ve taşkın sahalarının belirlenmesi adlı bir yüksek lisans tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada taşkın tahmin hesapları için, hem istatistikî yöntemler hem de birim hidrograf yöntemleri kullanılmıştır. Değirmendere Havzası'nda bulunan 7 adet Akım Gözlem İstasyonunun (AGİ) noktasal ve bölgesel taşkın frekans analizi istatistikî yöntemlerle yapılmış ve 500, 1000, 10000 yıl yinelenme dönemli taşkın debileri belirlenmiştir. Sentetik birim hidrograf yöntemlerinden, Devlet Su İşleri (DSİ) Sentetik ve Mockus Metotları da uygulanarak aynı yinelenme dönemli debiler elde edilmiştir. Bulunan taşkın debileri HEC-RAS bilgisayar programıyla değerlendirilerek, su yüzü kotları incelenmiş ve derelerin sağ ve sol sahillerinde bazı bölgelerin sular altında kalacağı öngörülmüştür [27].

Oral, Koike ve Yenigün (2005), Bartın ve Silifke Havzaları'nda görülen taşkınların doğal ortama verdikleri zararları en aza indirmek için CBS teknolojisi yardımıyla çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Plansız yerleşme, kontrolsüz nüfus artışı vb. sebeplerle, kontrolsüz arazi kullanımının taşkınlarla neden olduğunu ve bunun da zararları arttırdığını vurgulayan bu çalışma, Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m çözünürlüklü sayısal eğim modelleri, Ikonos uydu görüntüleri, bölgelerin mevsimsel yağış verileri, sayısal topoğrafik haritaları, uzaktan algılama teknikleri ve ArcGIS programlarını kapsamaktadır. Bu çalışma sonrasında Türkiye'de yaşanan taşkın felaketlerinin önlenmesi ve bu felaketlerden doğacak

zararın en aza indirgenmesi için CBS tabanlı “karar destek sistemleri” kurulması önerilmiştir.

HEC-2'nin taşkın haritalarının tespitinde gereken zamanla değişmeyen akımların su yüzeylerinin tespiti için kullanıldığı son çalışma, Yang ve ark.'ın (2005), Kanada'nın Ottawa bölgesinin yakınlarındaki güney nehir sisteminin bir alt havzası olan Bear Brook'taki uygulamalarıdır. Araştırmacılar HEC-2 programı ile buldukları su yüzü seviyelerini HEC-RAS'a transfer etmişler ve CBS'ye aktarabilmek için yeniden yapılandırmışlardır. Haritalara altlık olarak CBS'de, SYM ve TIN oluşturulmuştur. Sonuç olarak 6 farklı senaryo için bulunan su yüzü profilleri oluşturulan TIN üzerinde 3 boyutlu olarak gösterilmiştir [28].

Onuşluel (2005), İzmir Karşıyaka İlçesindeki Bostanlı Nehir Havzasının taşkın alanlarının HEC-RAS ve CBS yöntemleriyle belirlenmesi ve görsel olarak ortaya konulmasını amaçlayan bir doktora tez çalışması yapmıştır. Onuşluel, on yıl öncesine kadar yapılan taşkın sahası belirleme metodlarının içerdiği zorlukları ve teknolojiden uzaklığını dile getirmiştir. Bu çalışmasında, hidrolojik ve hidrolik yazılımlardan elde ettiği verileri, CBS tabanında kendi deyimiyle “otomatize taşkın yatağı belirleme tekniği” ile biraz daha karmaşık ama bir o kadar da teknik bir yolla göstermeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, HEC-RAS hidrolik modeli İzmir Bostanlı Havzası'ndaki kritik yerlere zamanla değişen ve zamanla değişmeyen akım simülasyonlarının oluşturulması amacıyla uygulanmıştır. Taşkın pik değerleri ve taşkın hidrografları HEC-HMS ile elde edilmiş ve bu model çıktıları HEC-RAS modelinde girdi olarak kullanılmıştır. HEC-RAS modelinden elde edilen su derinlikleri daha sonra ArcView sistemine uygun yardımcı programlar ile aktarılmış ve böylece taşkın altında kalabilecek olan alanlar belirlenerek görsel hale getirilmiştir [29]

Kılınç ve Şahin (2005), İstanbul Kurbağalı Dere'nin taşkın sahalarını belirlemek için CBS'yi kullanmışlardır. Bu tür çalışma yapılırken en önemli parametrenin veriler olduğu dile getirilmiştir. Kılınç ve Şahin'in bu çalışmalarında, 100 yıllık taşkın debileri hesaplanırken sadece DSİ Sentetik metottan yararlanılmıştır. Bulunan taşkın

debisi elde edilmiş olan dere kesitleriyle birlikte HEC-RAS yazılımına girilerek hidrolik analizleri yapılmış ve taşkın sahalari belirlenmiştir [30].

Usul ve Turan (2006), CBS'ni kullanarak Ulus Havzası'nın hidrolojik taşkın analizini yapmak ve olası taşkınları tahmin etmek için yaptıkları çalışmada, Mike 11 modelleme sistemini kullanarak 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debilerini hesaplamışlar ve taşkın risk haritası oluşturmuşlardır [31].

Machado ve Ahmad (2006) Kolombiya'da Atrato Nehri'nde meydana gelecek taşkınların etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada taşkın debilerini bulabilmek için çeşitli istatistiksel metotlar kullanılmış, bulunan bu debiler HECRAS hidrolik modeline girilmiş ve çıkan sonuçlar CBS'de gösterilmiştir. Bu sayede 10, 25 ve 50 yıl yinleme dönemi debilerin taşkın risk haritaları oluşturulmuş ve 50 yıl yinleme dönemine sahip 3054 m³/s'lik debi sonucunda nehrin su yükseklikleri sol sahilde 3,7 m, sağ sahilde de 3,1 m olarak ortaya çıkmıştır. Bu yüzden çeşitli yapısal önlemlerin alınması gerektiği çalışmada vurgulanmıştır [32].

Casas (2006), verilerin çözünürlüğündeki kalitenin hidrolik model üzerindeki etkilerini araştırmak üzere çalışmalar yapmıştır. Bu araştırma yapılırken 3 farklı yükseklik haritası oluşturma yöntemi denenmiş ve 7 adet SYM (DEM) oluşturulmuştur. Çalışmada arazi modeli hazırlanırken kullanılan veri türleri; GPS kullanılarak üretilen harita, bir diğeri Light Detection and Ranging (LIDAR, radarın radyo dalgaları yerine lazer dalgalarını kullanarak nesnenin uzaklığını ölçmeye yarayan aktif bir algılayıcı [33] ile elde edilen yüksek çözünürlüklü lazer yükseklik verisi ile oluşturulan harita, sonuncusu ise 1/5000 ölçekli sayısal yükseklik haritasıdır.

Bu 3 veri türünden yararlanarak oluşturulan arazi modellerinden alınan topoğrafik bilgiler ve hidrolik koşullar bir boyutlu analiz yapan HEC-RAS paket programında değerlendirilip, su yüzü seviyeleri bulunmuş ve eldeki değerlerle karşılaştırılıp çeşitli Manning pürüzlülük değerlerinin denenmesiyle tespit doğruluğu sağlanmıştır. Eş yükselti eğrilerinden oluşan arazi modelinin sonuçları 4-5 m kadar yanlış sonuçlar verirken toplam taşkın arazilerinde %50'lik bir yanlış oranına sahip olmuştur. GPS

ölçüleriyle oluşturulan haritanın sonuçları ise toplam taşkın alanlarında %8'lik bir yanılmaya sahip çıkarken, yüksek çözünürlüklü LIDAR verilerinden oluşturulan arazi modellerinden yapılan hidrolik analizin sonuçları gerçek su yüzü seviyelerine göre sadece 0,3 m kadar yanlış sonuçlara neden olmuştur.

Bu sonuçlar göstermektedir ki, taşkın alanlarının tespitinde kullanılması gereken topoğrafik veri türü belki de en önemli parametredir ve taşkın alanlarının bulunmasında büyük hatalara yol açabilir. Literatürde 1/10000 ölçekli haritalardan yapılmış olan taşkın analiz modellerine bile fazlasıyla rastlanmaktadır. Sadece yöntemin gösterilmesi amaçlanan ve uygulaması pek yapılamayacak literatürdeki bu çalışmaların aksine, tez çalışmasında Trabzon Değirmendere Havzası'nda yerleşim yerlerinin yükseklik verileri 1 m'lik eş yükselti eğrilerinden (1/2000 ölçekli bir harita) oluşmaktadır ve arazide yapılan GPS ölçüleriyle daha da iyileştirilmiştir. Bu sayede tespit edilen taşkın alanlarının hassasiyeti mevcut koşullara göre en üst seviyelere çıkarılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmanın işe yaraması ve gerçek hayatta da riskli bölgelerin tespiti için kullanılması amaçlanmaktadır.

Gutry-Korycka ve ark. (2006) Vistula Nehri'nde (Varşova, Polonya) bir boyutlu analiz yapan hidrolik model olan HEC-RAS ile 100 yıl yinleme dönemine sahip debiye göre buldukları su yüzü profillerini, önceden CBS'de hazırlanan sayısal yükseklik modellerinin üzerine ekleyerek taşkın risk haritalarını üretmişlerdir [34].

Özdemir (2007), Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Havran İlçe merkezi ve ovası için taşkın risk haritaları oluşturulurken CBS, HECRAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topoğrafik verilerin yanı sıra Havran Çayı yatağındaki GPS verileri ve uydu görüntüleri, ArcGIS, ArcGIS'in bir uzantısı olarak çalışan ve HEC-RAS'a girilecek geometrik verilerin hazırlandığı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak, farklı senaryolara bağlı taşkın haritalamaları yapılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin hassasiyeti doğrultusunda oluşturulan haritaların doğruluğu etkilenmiştir [35].

Hardmeyer ve Spencer (2007), taşkın afetinin zararlarının tespitinde risk tabanlı analizi CBS kullanarak gerçekleştirmişler ve Rhode Adası'nda (USA) taşkın alanlarını belirlemişlerdir. Bölge için aynı yerleşim modelinin geçmişteki hızıyla devam etmesi halinde taşkın hasarlarının %50 kadar artabileceğini belirtmişlerdir. Olası taşkın zararları belirlenip, karar vericilerin konut yerleşimlerini güvenli bölgelere almalarını sağlayabilmek için önerilerde bulunulmuştur [36].

Alho ve ark. (2007), İzlanda'da Jökulhlaup adı verilen buzullarda meydana gelen erime sonucu oluşan akımın yerleşim yerlerinde meydana getireceği taşkın riskini araştırmışlardır. Bu tip taşkınlar buzdağlarının birden volkanik çöküntülerle göçmesi ve buzulların altında kalan göllerin akışa geçmesiyle oluşmaktadır. Kuzey İrlanda'da bir nehirde oluşan bu akımın su yüzü modellenmesi HEC-RAS programı ile gerçekleştirilmiş ve taşkın anında meydana gelecek su yüzü profilleri tespit edilmiştir. 39 saat süren 14 km³ hacme ve 180000 m³/s'lik maksimum taşkın debisine sahip akım modellenmiştir. Sonuçta toplam 460 km²'lik alanın taşkın analizi yapılmış, riskli yerler tespit edilmiştir. 120 km'lik bir ana kola sahip olan taşkın alanında akımın ortalama hızı 2,8 m/s bulunmuştur [37].

Sheffer ve ark. (2007), geçmişte Fransa'nın Gardon Irmağı'nda yaşanan büyük taşkınların hidrolik analizini HEC-RAS paket programıyla gerçekleştirmiştir. Geçen 500 yıl boyunca havzada, radyo-karbon birikimi ve jeolojik katmanların durumu göz önüne alındığında en az 5 tane büyük taşkın olayının meydana geldiği anlaşılmıştır. Bu taşkınların en az 3'ünün 6850-7100 m³/s'lik debiye, en az iki büyük taşkın ise 8000 m³/s'nin üzerinde debiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hidrolik analizler sonucu, 2002 Eylül ayında yaşanan ve 21 kişinin bu havzada hayatını kaybettiği büyük taşkın felaketinde su seviyesinin nehir yatağında 3 m civarında yükseldiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar jeolojik ve hidrolik araştırmaları sonucu, kayıtlarda gözlenen maksimum taşkın debisine sahip olan 2002 taşkınının bu havza için en büyük değer olmadığını ve tarihte daha da büyüklerinin de yaşandığını tespit etmişlerdir [38].

Balabanova ve ark. (2008), Mike 11 yazılımını kullanarak buldukları su seviyelerini ArcView Programı ile hazırlamış oldukları SYM'ye girmiş ve Bulgaristan Novi Iskar

Sahası için taşkın analizi yapmışlardır. Bölge için önemli bir problem olan taşkını modelleyip risk haritalarını oluşturmuşlardır. Ancak haritaları yalnızca iki boyutlu olarak üretebilmişlerdir [39]

Özdemir (2008), Havran Çayı'nın (Balıkesir) farklı tekrarlar sıklıklarındaki akım miktarlarını Gumbel ve LP III istatistik dağılım yöntemleriyle hesaplayarak iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırmış ve Havran Çayı'nda 1981 yılında meydana gelen taşkında ölçülen akım miktarının yaklaşık olarak Gumbel dağılımında 100 yıllık, LP III dağılımında ise 50 yıllık tekrarlar sıklığına karşılık geldiğini belirlemiştir [40].

Lastra ve ark. (2008), Kuzey İber Yarımadası'nda yaptıkları çalışmalarında Sarria Nehir Havzası'nın (155 km²) kentsel yerleşim bölgesi olan 4 km'lik nehir kolunda hidrolojik model (HEC-HMS) analizlerini gerçekleştirdikten sonra buldukları debileri hidrolik modelde (HEC-RAS) kullanmışlardır. Bulunan su yüzü seviyelerinin meydana getireceği taşkın alanlarının tespiti için herhangi bir CBS metodundan yararlanamadıkları için alansal riskleri gösterememişlerdir. Ancak su yüzü seviyelerinden yola çıkarak tarihsel taşkın debileri ile karşılaştırmalar yapmışlardır. Türkiye'den farklı olarak 1918'den beri yaşanan taşkınların tüm debileri ve oluşturdukları seviyeler bilindiğinden tüm taşkınları modellemek ve kalibrasyonunu yapabilmek daha kolay olmuştur. Sonuç olarak; bölge için yineleme dönemi 10 yıldan az olan taşkınlar için modelde bulunan su yüzü seviyeleri ortalama olarak gerçeğin % 44 üzerinde çıkarken, yineleme dönemi arttıkça gerçeğe yaklaşılmaya başlamıştır. 500 yıl ve üzeri yineleme dönemine sahip taşkınlar ise gerçek değerlerin % 20 daha altında çıkmıştır [41]

Aggett ve Wilson (2009), Naches Irmağı'nın çakıl yataklı bir kolunda (Washington) yüksek çözünürlüklü LIDAR görüntülerini kullanarak hazırladıkları sayısal arazi modelinden, HEC-GeoRAS ile aldıkları topoğrafik kesitlerden faydalanarak, hidrolik analizleri HEC-RAS programı ile gerçekleştirmiş ve tekrar HEC-GeoRAS ile çıktılarını alarak taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır. Literatürdeki son çalışmalarda, LIDAR görüntülerinin çözünürlüğü $\pm 0,5$ m olarak tespit edilmiştir. Bu metot ile araştırmacılar, LIDAR tabanlı görüntülerden oluşturulacak sayısal

yükseklik modellerinin kalitesini ve sonuçların ne kadar iyileştirildiğini ortaya koymaktadırlar [42].

Cook ve Merwade (2009), HEC-RAS ve Finite-Element Surface-Water Modeling System (FESWMS) programlarını kullanarak, taşkın haritalarının üretilmesi, gereken yerlere ulaştırılması ve yenilenmesi konularına açıklık getirmektedirler. Bu yöntemde kullanılan haritalar LIDAR görüntüleri ile üretilen topoğrafik verilerden elde edilmiştir. Tüm Amerika'yı kapsamayan LIDAR verileri çalışmanın yapıldığı alanlar olan Kuzey Carolina'daki Strouds Nehri ve Texas'ta bulunan Brazos Irmağı için mevcut olup, hidrolik analizler için gerekli olan topoğrafik kesitler buradan elde edilmiştir. Çalışmanın amacı taşkın haritalarının hazırlanması konusunda yeni hidrolik, topoğrafik uygulamaları göstermektir. Bu yüzden HEC-RAS programının yanı sıra iki boyutlu hidrolik analiz yapan modeller de kullanılmıştır. Yatay ve düşeyde farklı çözünürlüğe sahip, farklı batimetrik detayları olan 6 adet topoğrafik veri seti, HEC-RAS ve iki boyutlu hidrolik analiz yapan FESWMS modeli ile analiz edilmiştir. İki farklı uygulama alanında yapılan analizler karşılaştırılmış ve taşkın haritalarındaki farklılıkların FESWMS ve HEC-RAS programları arasındaki küçük farklardan meydana geldiği belirlenmiştir [43].

Akar ve Ark. (2009), İstanbul Beykoz sınırındaki Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda 10, 50 ve 100 yıl tekerrürlü debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmişlerdir. Analizlerin gerçekleştirildiği topoğrafik veriler 1/25000 ve 1/5000 çözünürlüklü uydu fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır. Topoğrafik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS'a aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS' ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla karşılaştırılıp, nerelerin sular altında kalabileceği 3 farklı senaryo için gösterilmiştir. Bu çalışma sonunda Yeniçiftlik Nehir Havzası'nda yaklaşık 9 km'lik nehir kolunun taşkın haritaları üretilmiştir [44]

Sönmez (2013), Amerika Iowa eyaletinde bulunan Cedar Nehrinin tam ortasından geçtiği Waverly şehrini çalışma sahası olarak kullanmıştır. Dört ana amaçlı bir çalışma yapmıştır. Bunlardan ilki sabit akışlar için taşkın haritalarının yayılımının

elde edilmesi ile bu haritalar sayesinde su seviyesi ile taşkın riski arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlamıştır. İkinci amaç ise; Farklı çözünürlük değerlerinin taşkın yayılım haritalarının sonuçlarını nasıl etkilediğini tespit etmektir. Üçüncü amaç ise; çalışma sahasına ait taşkın risk zonlarının belirlenmesidir. Çalışmanın dördüncü amacı ise 100 yıl tekerrürlü taşkınını gelişimini belirleyerek taşkın risk yönetiminin planlamasıdır. Bu amaçla 1 ve 2 boyutlu modellerin birlikte ele alındığı MikeFlood hidrodinamik programı ve 1 boyutlu Hec-RAS hidrolik modelleme programı kullanarak çalışmasını gerçekleştirerek olası taşkın durumunda can ve mal kayıplarını en aza indirmeye için taşkın risk planı oluşturmuştur [45].

BÖLÜM 3. ÇALIŞMA ALANI

Sakarya Nehri Türkiye'nin üçüncü en uzun, Kuzeybatı Anadolu'nun ise en büyük akarsuyudur. Sakarya Nehri Havzası 56000 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin yaklaşık %7'sini kaplamaktadır. Üzerinde kurulmuş olan barajlara rağmen 2001-2009 yılları arasında ana ve yan kollarda olmak üzere toplam 29 adet taşkın meydana gelmiştir.

Çalışma konusu olan Sakarya Nehri; yerleşim yeri ve sanayi kuruluşlarının kullanım suyu, rekreasyon, tarımsal sulama, atık su deşarjı, hidroelektrik enerji gibi amaçlar için kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı

3.1. Çalışma Alanının Yapısal Özellikleri

3.1.1. Topografik ve jeomorfolojik özellikler

Alt Sakarya havzası, Doğu Marmara bölgesinde, Sakarya ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzanın kuzeybatısını 100-250 m kotlarındaki Kocaeli platosu, kuzeydoğusunu ise 500-900 m kotlarında sarp ve dik yamaçlı Çamdağ yükselimi sınırlar. Doğu ve batısı alçak rölyeflidir. Batıda Sapanca oluğu bulunur ve havza ile aynı kottadır. Doğuda havzayı Düzce ovasından ayıran 100-200 m kotlarında 3 sıra şeklinde doğu-batı doğrultusunda uzanmış dağ sıraları vardır. Havzanın güneyi ise 1000 m den daha fazla yükseltilere sahip Samanlı ile Keremali - Almacık dağlarıyla sınırlıdır. Sakarya Nehri ile Mudurnu Çayı bu yükselimleri keserek havzaya girerler. Havza güneyden kuzeye yaklaşık % 0.78'lik bir eğime sahiptir. Sakarya Havzası tamamıyla akarsu sedimentleriyle doldurulmuş olup günümüzde büyük bir kısmı tarım alanıdır [46].

3.1.2. Eğim özellikleri

Taşkın oluşmasında çok önemli bir etkiye sahip olan eğim faktörü, havzanın jeomorfolojik özellikleri içinde yer alır. Bütün koşullar aynı olduğunu varsaydığımızda, eğimin fazla olduğu yerlerde, toprağın su tutma kabiliyetinin az olması nedeniyle, yağışla gelen suların toprağa sızması eğimin az olduğu alanlara oranla daha azdır. Bunun sonucunda akışa geçen su miktarı eğimin fazla olduğu alanlarda daha fazla olur. Bu alanlarda bitki örtüsünün de çok büyük önemi vardır. Bitki örtüsünün az olduğu yerlerde akarsuyun taşıdığı sediment miktarı daha fazladır. [46].

3.1.3. Bakı özellikleri

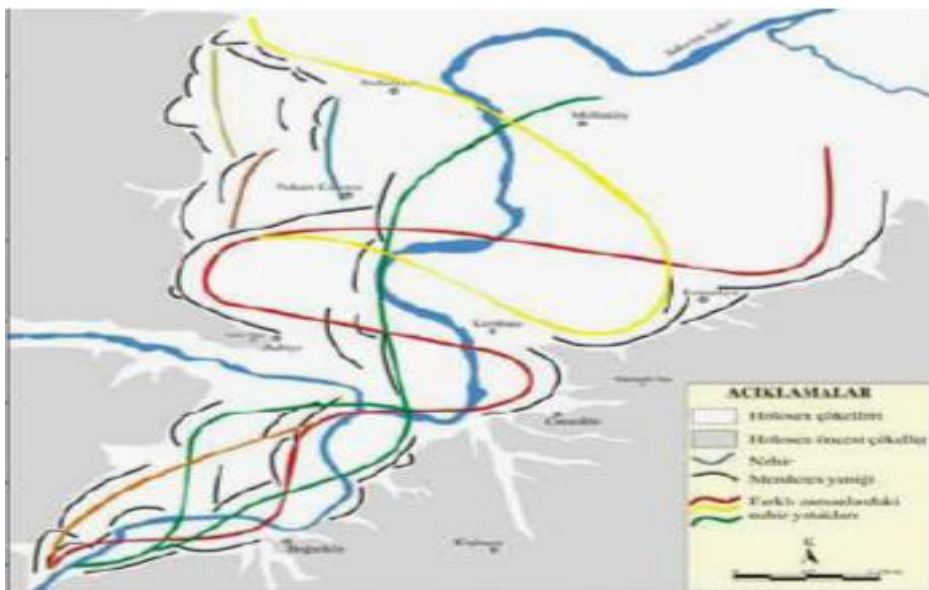
Türkiye konumu itibariyle kuzey yarımküredeki bakı özelliklerini taşır. Topografyanın genel olarak kuzeye bakan yamaçları, güneye bakan yamaçlara oranla güneşten kaynaklı radyasyona daha az maruz kalır. Bununla beraber, doğuya bakan

yamaçlar sabahları daha fazla, batıya bakan yamaçlar ise akşamları daha fazla güneşten alırlar. [46].

Bakı, topografyanın kuzey ve güney yamaçlarındaki jeomorfolojisi üzerinde farklılık gösterir. Güneye bakan yamaçlarda, bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam su kaybı dediğimiz evapotranspirasyon oranı fazlalaşır, yani bu alanlardaki bitkilerde ani bir su ihtiyacı doğar. Bu nedenle bitki örtüsü bu kesimlerde daha seyrek olup, kuraklığa dayanıklı türlerden oluşur. Kuzeye bakan yamaçlarda ise topraktaki nem, yağıştan sonra uzun bir süre muhafaza edilir. Bu alanlardaki bitki örtüsü ise hem daha fazla gelişir hem de toprak oluşumunu sağlar ve yüzeysel akışı azaltıcı etki oluşturur [47]

3.1.4. Jeolojik özellikler

Havzanın çok büyük bir bölümü taşkın düzlüğü olarak görünmesine karşılık, güncel ve/veya yakın zaman taşkınları, Sakarya Nehri boyunca oluşmaktadır. Güncel nehir kanalından çok uzak yerlerin bile taşkın düzlüğü niteliğinde oluşu, ana nehir kanalının havza içinde yer değiştirdiğini gösterir. Bununla ilgili yapılan bir çalışmada Sakarya Nehri'nin geçmiş yıllardan günümüze olan yatak değişimleri yorumu Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Menderes yeniklerinin eski yatak izleri olarak yorumu [48]

Güncel taşkın düzlüğü kuzeye doğru ‰ 0.78'lik bir eğime sahiptir. Arifiye Fayı'nın güneyinde ise hakim eğim yönü doğuya doğrudur. Buradaki güncel taşkınların Arifiye ilçesine kadar olan kısmı, Sakarya Nehri'nin doğusunda meydana gelmektedir. Değirmendere Yelpazesi civarında ise hemen hemen bütün taşkınlar Arifiye ilçesine doğru, batıyadır. Sakarya Nehri'nden Arifiye'ye doğru gelişmiş çok sayıdaki taşkın kanalı da bunu ifade etmektedir [48].

Taşkın kanalları, taşkın düzlüğü üzerinde ters bir drenaj ağı şeklinde nehirden taşkın düzlüğüne doğru malzeme taşırlar. Kanalın doğal settini sığ ve tek bir yarıntı ile geçen sistem taşkın düzlüğü üzerinde kollara ayrılır. Kollara ayrıldığı yerler kanal derinliğinin azaldığı yerlerdir. Kanal derinliğinin kaybolduğu yerde taşıdığı killi, siltli ve kumlu malzemeyi kabadan inceye doğru, kanal doğal settinden havza kenarına kadar bırakmaya başlar. Taşkın malzemesinin bir kısmı ve taşkın sonrası suyun nehir yatağı içerisine dönüşü bu kanallar vasıtası ile gerçekleşmektedir. Nehir yatağına geri dönen taşkın suyu, kanal doğal setti üzerinde taşkın sırasında sığ bir şekilde açılan yarıntıyı derinleştirir. Yarıntılar genellikle Nehrin menderes büklümlerinde akış dinamiğinin dönmeye zorlandığı yerde gelişirler.

3.1.5. Tektonik özellikler

Havza alanı, güneyden kuzeye doğru uzanarak Kocaeli penneleğini yani, yarı ovalarının doğusunda Karadeniz'e açılır. Üçüncü zamanın sonları ile dördüncü zamanın başlarında oluşmuştur. Bu jeolojik zamanda ortaya çıkan kıvrılma ve kırılma hareketleri nedeniyle Trakya'nın güneye, Kocaeli Yarımadası'nın kuzeye doğru farklı yönlerde çarpılmasına neden olmuştur. Çarpılmanın etkisi havza alanında daha güçlü olmuş ve havza alanı Karadeniz'e doğru eğim kazanmıştır. Sakarya Nehri'nin İç Batı Anadolu platolarından taşıdığı maddeler havza alanında yığılarak alüvyal ve kalüvyal ovalar oluşmuştur.

Çalışma bölgesi, Sakarya il merkezini de kapsamaktadır. Şehir, tamamen nehir çökelleri üzerindedir. İzmit körfezinden itibaren Adapazarı'na ve buradan da Hendek'e kadar uzanan bir çöküntü sahası içinde bulunmaktadır. Tektonik açıdan Sakarya ili, 1. Derecede tehlikeli deprem bölgesindedir. Zeminin genç nehir

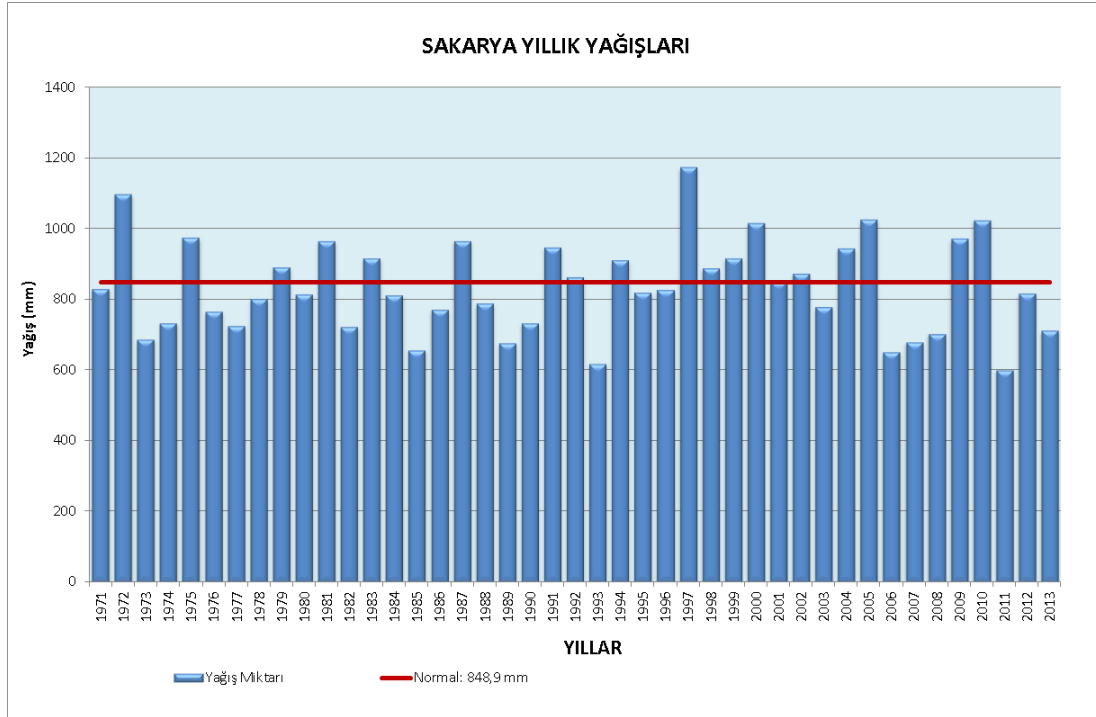
çökellerinden ibaret ve yeraltı suyunun da yüksekte bulunması nedeniyle deprem şiddetini arttırıcı rol oynayacağı bilinmelidir. Tarihi depremlerden de etkilenmiş bulunan Adapazarı, son yıllarda şiddetli depremler geçirmiştir [49]

3.2. Çalışma Alanının İklim ve Yağış Özellikleri

Sakarya ilinde Marmara ve Batı Karadeniz iklim bölgesinin özellikleri hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve yağışlı, kışları serin ve yağışlıdır. Karadeniz ve Marmara Denizi arasında yer alan, bu denizlerden yüksek dağlarla ayrılmış olan il toprakları üzerinde iklim sert değildir. Sakarya ilinde Marmara Bölgesi'nin diğer kısımlarına göre hem yağış miktarı, hem de yağışlı gün sayısı fazladır.

3.2.1. Yağış

Bahar aylarında bol yağış alan Adapazarı'nda Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 1954-2013 yılları arasında çizelge 3.1.'de de görüldüğü üzere ortalama yağışlı gün sayısı 130.3 gündür. Yıllık ortalama yağış miktarı 848.9 mm'dir.(Şekil 3.3). Kış mevsiminde meydana gelen kar yağışları ilkbahar aylarında sıcaklığın da artmasıyla erimeye geçmekte ve akışa geçen su miktarının artmasıyla taşkın riski oluşturmaktadır.



Şekil 3.3. Sakarya ili yıllık yağış değişimleri

3.2.2. Sıcaklık

Adapazarı'nda yıllık ortalama sıcaklık 14,4 °C dir. En soğuk ay 0.4 °C ortalamayla ocak, en sıcak ay 23.6°C ortalamayla temmuzdur. Yazın sık sık 30°C'yi aşan sıcaklıklar, kışın -5°C'nin altına ender olarak iner. Bugüne kadar ölçülen en düşük sıcaklık -14.5°C (1961), en yüksek sıcaklık 44°C (2012) olmuştur.

Kışlar bol yağışlı ve az soğuk, yazlar ise sıcak geçen Adapazarı'nda, ortalama güneşli gün sayısı Türkiye'nin bir çok bölgesine göre düşüktür. İlin ortalama güneşlenme süresi ise 5 saat 23 dakika/gün'dür.(Çizelge 3.1) Rüzgarlar genel olarak kuzeydoğudan (poyraz) ve kuzeybatıdan (karayel) eser. Zaman zaman güneyden esen lodos, özellikle Adapazarı ovasında sıcaklığın artmasına yol açar.

Çizelge 3.1. Sakarya ili için uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerler

SAKARYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1954 - 2013)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.9	6.5	8.5	12.9	17.3	21.5	23.4	23.1	19.5	15.5	11.5	8.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.6	10.7	13.5	18.7	23.3	27.5	29.3	29.3	26.1	21.3	16.5	11.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.9	3.1	4.4	8.1	12.1	15.6	17.8	17.7	14.2	10.9	7.4	5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.1	3.5	5	6.4	8.2	8.5	8.3	7.6	4.4	3.2	2.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.6	14.1	13.6	11.4	9.8	8.1	5.7	5.7	7.4	11.1	12.1	15.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(kg/m ²)	93.2	74.5	76.1	58.7	48.6	65.1	48.5	45	51.1	78.3	78.5	106.8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1954 - 2013)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24.2	27.1	31.9	35.8	38	40.4	44	41.8	38.4	38.6	30.2	28.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.5	-13.5	-7.3	-2.4	2	6.1	8.7	7.8	5.4	-0.2	-6.6	-9.1

BÖLÜM 4. YÖNTEM

4.1. Taşkın Debilerinin Olasılık Dağılım Fonksiyonları İle Hesaplanması

Taşkın akımı hesabında, gözlenmiş verilerin olması durumunda İstatistik Yöntemlere başvurulmaktadır. Taşkınların tahmininde teorik olasılık dağılımlarının kullanılması analitik yöntem olarak da anılır ve dağılımların eklenik dağılım fonksiyonları taşkınların frekans eğrileri olarak kabul edilir.

Hidrolojik büyüklüklerin birçoğu rastgele değişken niteliği taşırlar, bunun sebebi yağışların düzensizliğidir. Bir hidrolojik büyüklüğün rastgele değişkenliğini ihmal edip ortalama değeri ile çalışarak olay deterministik bir yaklaşımla incelenebilir. Ancak bazı büyüklükler için böyle bir yaklaşım anlamlı olmaz, bu durumda olasılık teorisi ve istatistik bilimlere dayanan, olasılıkların işin içine girdiği modeller kullanmak gerekir. Maksimum Anlık Feyezan Akımları (MAFA) kullanarak yapılan dağılımlar ve sonuçlar elde edilmektedir.

4.1.1. Normal dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması

Hidrolojide ve diğer birçok dalda bu dağılım uygulandığında iyi sonuçlar vermektedir. Belirtilen ortalama ve standart sapma için normal dağılımı verir. X normal rastgele değişken olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (4.1)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ($-\infty \leq x \leq \infty$) olup aritmetik ortalaması μ_x , varyansı σ_x^2 'dir.

Belirli tekerrür aralıkları (T) için beklenen olası taşkınlar aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$X_T = \mu_x + \Delta X_T \quad (4.2)$$

X_T = T dönüş aralığında beklenen olası taşkın miktarı.

μ_x = Gözlenen mafa değerlerinin ortalaması.

ΔX_T = Ortalamadan sapmayı veya değişimi ifade eden miktardır ve $\Delta X_T = K_T \cdot \sigma_x$ olarak yazılabilir. Buna göre yukarıdaki denklem aşağıdaki gibi tekrar yazılabilir.

$$X_T = \mu_x + K_T \cdot \sigma_x \quad (4.3)$$

K_T = Frekans faktörü.

σ_x = Standart sapma.

Normal dağılım için K_T aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$K_T = \frac{(2.515517+0.802853*w+0.010328*w^2)}{(1+1.432788*w+0.189269*w^2+0.001308*w^3)} \quad (4.4)$$

Burada w aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$w = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)} \quad (4.5)$$

($0 < p \leq 0.5$)

Burada p dönüş aralığının aşılma olasılığıdır ve

$$p = \frac{1}{T} \quad (4.6)$$

denklemleriyle hesaplanır. Her bir dönüş aralığı için bu işlemler tekrarlanarak Normal dağılıma göre beklenen olası taşkınlar hesap edilir.

4.1.2. Log- normal dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması

X değişkeninin logaritması ile tanımlanan Y değişkeni normal dağılmış ise X'in dağılımı lognormaldir. Dağılım $X > 0$ için tanımlanabileceğinden hidrolojide birçok pozitif değişkene iyi uymaktadır, güzel sonuçlar vermektedir.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right] \quad (4.7)$$

Burada $y = \log x$, $\mu_y = \mu$, $\sigma_y = \sigma_{\log x}$ olarak ifade edilmektedir.

Diğer işlemler Normal Dağılımda olduğu gibi sırası ile uygulanır. Tek fark x (MAFA); logx olarak alınarak işlemler yapılır.

Belirli tekerrür aralıkları (T) için beklenen olası taşkınlar aşağıda verilen denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$X_T = \mu_y + \Delta X_T \quad (4.8)$$

$X_T = T$ dönüş aralığında beklenen olası taşkın miktarı.

$\mu_y =$ Gözlenen MAFA değerlerinin logaritmasının ortalaması.

$\Delta X_T =$ Ortalamadan sapmayı veya değişimi ifade eden miktardır ve $\Delta X_T = K_T \cdot \sigma_y$ olarak yazılabilir. Buna göre yukarıdaki denklem aşağıdaki gibi tekrar yazılabilir.

$$X_T = \mu_y + K_T \cdot \sigma_y \quad (4.9)$$

$K_T =$ Frekans faktörü.

σ_y = Standart sapma.

Normal dağılım için K_T aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$K_T = \frac{(2.515517+0.802853*w+0.010328*w^2)}{(1+1.432788*w+0.189269*w^2+0.001308*w^3)} \quad (4.10)$$

Burada w aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$w = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{p^2}\right)} \quad (4.11)$$

($0 < p \leq 0.5$)

Burada p dönüş aralığının aşılma olasılığıdır ve

$$p = \frac{1}{T} \quad (4.12)$$

denklemlerle hesaplanır. Her bir dönüş aralığı için bu işlemler tekrarlanarak Lognormal dağılıma göre beklenen olası taşkınlar hesap edilir.

4.1.3. Gumbel dağılım yöntemi ile taşkın debisinin bulunması

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[\frac{x-\beta}{\alpha}\right] \exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right) \quad (4.13)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ($-\infty \leq x \leq \infty$) olup; $\alpha = 1.282/\sigma$,

$\beta = \mu - (0.577/\alpha)$ olarak ifade edilmektedir.

4.1.4. Log-Pearson tip III dağılımı

Yıllık maksimum akım verilerine uygulanan istatistiksel bir teknik olan Log Pearson Tip III dağılım fonksiyonu, akarsular üzerinde farklı aralıktaki taşkın sıklıklarını tahmin etmekte kullanılır. Bu fonksiyon için kullanılan formül;

$$Z_T = \log x + K \sigma \log x \quad (4.14)$$

Şeklindedir [50].

Formülde,

$\log x$: Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının ortalama değerlerini,

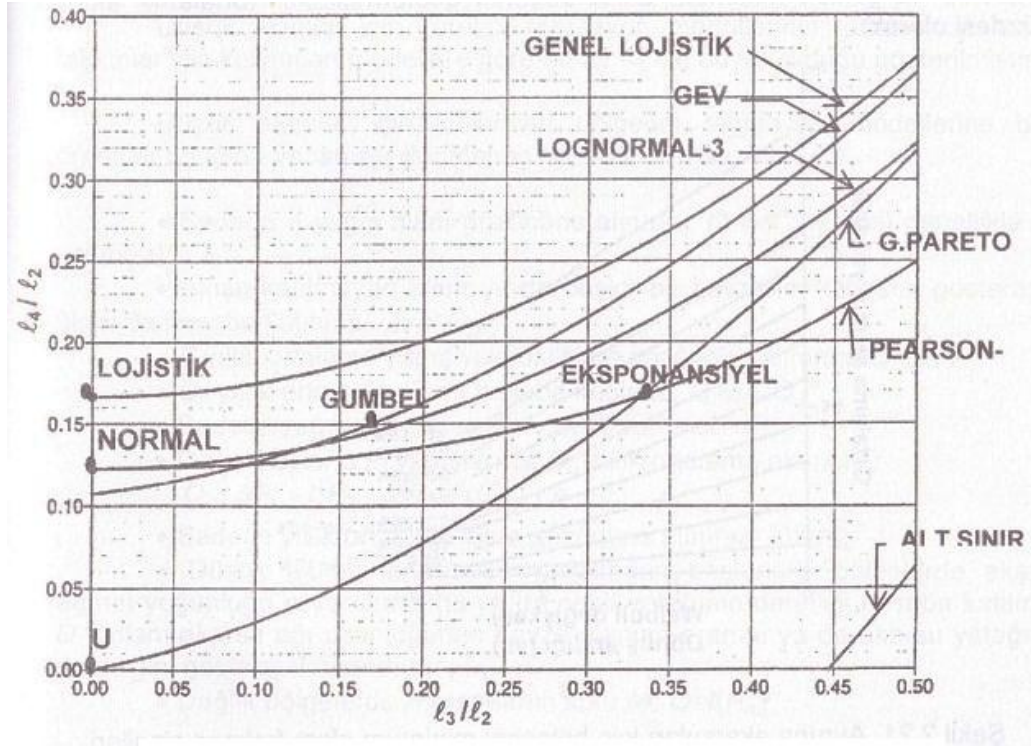
K : Taşkın sıklık faktörü olup çarpıklık (Cskew) ve tekrarlama aralığının (T) bir fonksiyonunu,

$\sigma \log x$: Yıllara ait akım verilerinin logaritmalarının standart sapma değerini gösterir.

Hidrolik yapıların tasarlanması, su kaynakları sistemlerinin yönetimi ve taşkın ötelenmesi gibi mühendislik aktivitelerinde taşkın karakteristiklerinin doğru tahminleri gerekmektedir. Eğer gereğinden büyük tahmin yapılmışsa maliyette önemli artışlar, eksik tahmin yapılmışsa can ve mal kayıpları riski meydana gelebilmektedir. Bu yüzden hidrolojik frekans analizlerinde bir dağılımın verilere uygun olup olmadığı kesin olarak bilinmediği için çeşitli olasılık dağılımları denenerek bunların arasından veriye hem en yakın dağılımı saptamak, hem de yapılan tahminlerin ne denli doğru olduğunun da değerlendirmesinin yapılması çok önemlidir [51].

Eldeki gözlem sonuçlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu istatistik yöntemler kullanarak belirlenebilir. Dağılımların gözlemlere uygunluğunu kontrol etmek için çeşitli testler kullanılır. Bu testlerden biri de olasılık dağılım fonksiyonunu belirlemek için uygulanan L- Momentleri testidir.

L-Momentler bir çok olasılık dağılımı için hesaplanmıştır. Üç parametrelili dağılımlar için (l_3/l_2) ve (l_4/l_2) değerleri şekil 4.1 üzerine işaretlenir. İşaretlenen nokta hangi dağılımın eğrisine en yakınsa o dağılımın uygun olduğu kabul edilebilir[52].



Şekil 4.1. Üç parametrelı dağılımlar için L-momentı diagramı [52]

Yapılan çalışmada, tablo 4.1.'de verilen Aşağı Sakarya havzasında akım gözlem istasyonu (AGİ) verileri için 47 yıllık akım verileri kullanılmıştır ve uygulanan L-moment testi ile Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu seçilmiştir. Böylelikle havzaya ait maksimum taşkın debilerinin 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıllık tekrarlama sıklıkları Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.1. Havzanın akım verilerinin log, ortalama $\sigma_{\log x}$ ve Cskew değerleri

No	Yıllar	Debi(m ³ /sn)	log(x)	25	1987	392	2.593286
1	1963	1006	3.002598	26	1988	383	2.583199
2	1964	996	2.998259	27	1989	371	2.569374
3	1965	841	2.924796	28	1990	369	2.567026
4	1966	774	2.888741	29	1991	368	2.565848
5	1967	746	2.872739	30	1992	363	2.559907
6	1968	703	2.846955	31	1993	357	2.552668
7	1969	659	2.818885	32	1994	333	2.522444
8	1970	620	2.792392	33	1995	328	2.515874
9	1971	610	2.78533	34	1996	312	2.494155

Tablo 4.1'in devamı

10	1972	557	2.745855	35	1997	308	2.488551
11	1973	551	2.741152	36	1998	303	2.481443
12	1974	529	2.723456	37	1999	299	2.475671
13	1975	525	2.720159	38	2000	298	2.474216
14	1976	520	2.716003	39	2001	285	2.454845
15	1977	512	2.70927	40	2002	276	2.440909
16	1978	502	2.700704	41	2003	274	2.437751
17	1979	497	2.696356	42	2004	267	2.426511
18	1980	451	2.654177	43	2005	255	2.40654
19	1981	440	2.643453	44	2006	222	2.346353
20	1982	439	2.642465	45	2007	204	2.30963
21	1983	430	2.633468	46	2008	194	2.287802
22	1984	424	2.627366	47	2009	191	2.281033
23	1985	408	2.61066		ortalama	448.8723	2.615696
24	1986	405	2.607455	$\sigma \log x$	0.177819	Cskew	0.222546

Çarpıklık katsayısı ve çalışmada baz alınan tekrarlama sıklıkları olan 2,5, 10, 25,50,100,200 ve 500 yıl için K değeri, Pearson Tip III dağılımının K frekans faktörü tablosundan bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak taşkın debilerinin (Q) hesaplanması ise Z_T 'nin antilogaritması alınarak elde edilmiştir. (Tablo 4.2.)

Tablo 4.2. Havzanın AGİ verilerinin Log Pearson Tip III dağılımı

T	K	σ	C_{skew}	Z_T	Q
2	-0.033	0.127027	0.222546	2.609828	407.2193
5	0.83	0.127027	0.222546	2.763286	579.8103
10	1.301	0.127027	0.222546	2.847039	703.1347
25	1.818	0.127027	0.222546	2.938971	868.902
50	2.159	0.127027	0.222546	2.999607	999.0954
100	2.472	0.127027	0.222546	3.055264	1135.702
200	2.763	0.127027	0.222546	3.107009	1279.409
500	2.993	0.127027	0.222546	3.147908	1405.749

4.2. Yağışların Hesaplanması

Yağışların birçoğu rastgele değişken niteliği taşırlar. Bunun sebebi düzensiz oluşlarıdır. Bir büyüklüğün rastgele değişkenliğini ihmal edip ortalama değeri ile çalışarak olay deterministik bir yaklaşımla incelenebilir. Ancak bazı büyüklükler için böyle bir yaklaşım anlamlı olmaz, bu durumda olasılık teorisi ve istatistik bilimlere dayanan, olasılıkların işin içine girdiği modeller kullanmak gerekir.

Bir yılda gerçekleşen maksimum aylık yağış yüksekliği kullanarak yapılan istatistiksel dağılımlar ve elde edilen sonuç aşağıda verilmiştir.

Yıllık gerçekleşen maksimum aylık yağış yükseklikleri şu şekildedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Aylık maksimum yağış yüksekliği (Merkez- Sakarya İstasyonu)

Yıllar	Y (mm)	Yıllar	Y (mm)
2010	202.6	1992	129.4
2009	192.1	1991	118.9
2008	112.1	1990	114.1
2007	120.5	1989	150.8
2006	98.6	1988	122.9
2005	165.7	1987	168.6
2004	195.0	1986	123.5
2003	154.5	1985	122.8
2002	132.4	1984	133.4
2001	255.2	1983	146.2
2000	162.1	1982	109.9
1999	233.5	1981	167.9
1998	147.1	1980	145.7
1997	219.3	1979	124.9
1996	119.0	1978	142.3
1995	131.1	1977	154.1
1994	165.8	1976	99.6
1993	134.1	1975	128.5

4.2.1. Log-Pearson Tip III dağılım yöntemi ile maksimum yağışların bulunması

Hidrolojide Pearson Tip III ve Log-Pearson Tip III dağılımları sıklıkla kullanılmaktadır.

$$f(Y) = |\beta| [\beta(\ln(Y) - \xi)]^{\alpha-1} \frac{\exp[-\beta(\ln(Y)-\xi)]}{\alpha\Gamma(\alpha)} \quad (4.15)$$

Dağılımda α , biçim β , ölçek ve ξ yer faktörüdür.

Yapacağımız işlemlerde C_w katsayısı ve $\log(Y_T)$ aşağıdaki gibi alınacaktır.

$$C_w = \frac{n\Sigma(\log Y - (\mu_{\log Y}))^2}{(n-1)(n-2)(\sigma_{\log Y})^2} \quad (4.16)$$

$$\log(Y_T) = \mu_{\log Q} + y(\sigma_{\log Y}) \quad (4.17)$$

Standart sapma ve aritmetik ortalama Excel yardımı ile pratik olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. Standart sapma, aritmetik ortalama ve C_w (Log-Pearson Tip III Dağılım)

Yağış	
$\mu_{\log Y}$	2.159805452
$\sigma_{\log Y}$	0.100208003
C_w	0.669275852

Yağışlar için Log-Pearson Tip III Dağılım Fonksiyonu uygulandığında sonuçlar şu şekilde elde edilmiştir (Tablo 4.5 ve Tablo 4.6).

Tablo 4.5. Gelmesi muhtemel aylık maksimum yağış (1) (Log-Pearson Tip III Dağılım)

Yağış							
N	Y (mm)	logY	$(\log Y - \mu_{\log Y})^3$	N	Y (mm)	logY	$(\log Y - \mu_{\log Y})^3$
1	255.2	2.40688	0.015082	19	134.1	2.127428	-3.39E-05
2	233.5	2.368286	0.009061	20	133.4	2.12515	-4.16E-05
3	219.3	2.341038	0.005952	21	132.4	2.121887	-5.45E-05
4	202.6	2.306639	0.003165	22	131.1	2.117602	-7.51E-05
5	195.0	2.290034	0.002208	23	129.4	2.111934	-0.000109
6	192.1	2.283527	0.001893	24	128.5	2.108903	-0.00013
7	168.6	2.22685	0.000301	25	124.9	2.096562	-0.000252
8	167.9	2.225050	0.000277	26	123.5	2.091666	-0.000316
9	165.8	2.219584	0.000213	27	122.9	2.089551	-0.000346
10	165.7	2.219322	0.000210	28	122.8	2.089198	-0.000352
11	162.1	2.209783	0.000124	29	120.5	2.080987	-0.000489
12	154.5	2.188928	2.47E-05	30	119.0	2.075546	-0.000598
13	154.1	2.187802	2.19E-05	31	118.9	2.075181	-0.000606
14	150.8	2.178401	6.43E-06	32	114.1	2.057285644	-0.001077515
15	147.1	2.167612	4.75E-07	33	112.1	2.049605613	-0.001338267
16	146.2	2.164947	1.35E-07	34	109.9	2.040997692	-0.001677005
17	145.7	2.163459	4.87E-08	35	99.6	1.998259338	-0.004215893
18	142.3	2.1532	-2.87E-07	36	98.6	1.993876915	-0.004568391
						Σ	0.022261

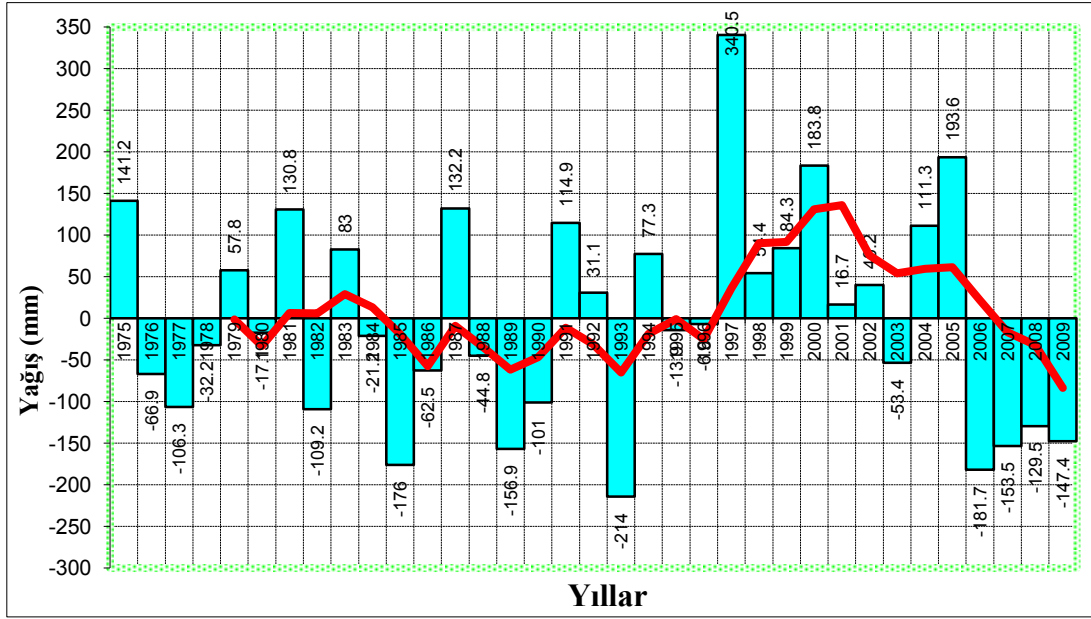
Tablo 4.6. Gelmesi muhtemel aylık maksimum yağış (2) (Log-Pearson Tip III Dağılım)

Yağış				
Risk (%)	T	y (sıklık çarpanı)	LogY _T	Y _T
95.24	1.05	-1.4335	2.01615728	103.7904225
90.1	1.11	-1.1881	2.040748324	109.8369143
80	1.25	-0.8570	2.073927193	118.5569979
50	2	-0.1109	2.148692384	140.8290937
20	5	0.7900	2.238969774	173.3683334
10	10	1.3315	2.293232408	196.4411229
4	25	1.9586	2.356072847	227.0245621
2	50	2.3926	2.39956312	250.9360861
1	100	2.8033	2.440718547	275.8789388
0.5	200	3.1957	2.480040167	302.0231044
0.2	500	_*	_*	_*
0.1	1000	4.0568	2.566329279	368.4081919
0.05	2000	_*	_*	_*
0.02	5000	_*	_*	_*
0.01	10000	_*	_*	_*

*y (sıklık çarpanı) ilgili yıllar için tablolarda olmadığından hesap yapılamaz.

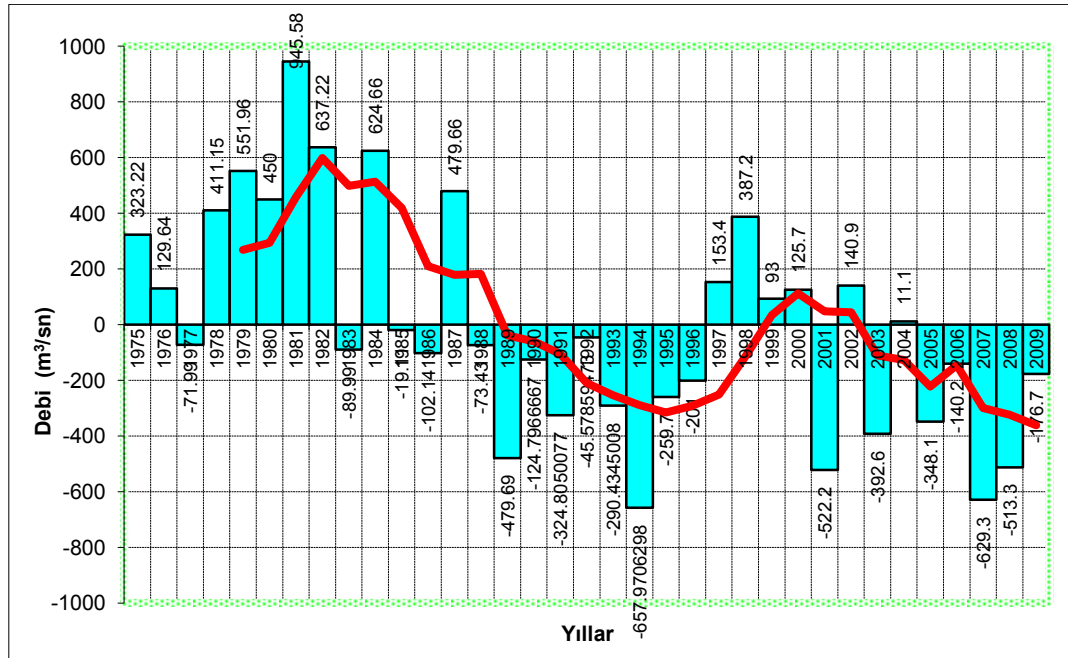
4.3. Sakarya Nehrinde Yağış ve Debi İlişkisi

Sakarya'da 1975-2010 yılları arası Sakarya merkez istasyonunda ölçülmüş yağış verilerini ele aldığımızda ortalama yıllık yağış yüksekliği 832.2 mm olarak hesaplandı. Bu dönem içerisinde yağışların 5 yıllık hareketli ortalamaya bağlı değişimini ele alınırsa Şekil 4.2'deki grafik elde edilir. Bu grafikten de görüldüğü üzere son yıllarda yağışlar azalmasına rağmen 2001 yılında Sakarya'da en yüksek yağış yüksekliklerine ulaşılmaktadır.



Şekil 4.2. Uzun yıllar yağış değişimi

1221 nolu Doğançay akım gözlem istasyonunda 1975-2010 yılları arasında gözlenen aylık ortalamadan hesaplanan yıllık toplam debi $1273.3 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Debilerin 5 yıllık hareketli ortalamaları alındığında Şekil 4.3'teki grafik elde edilmiştir.

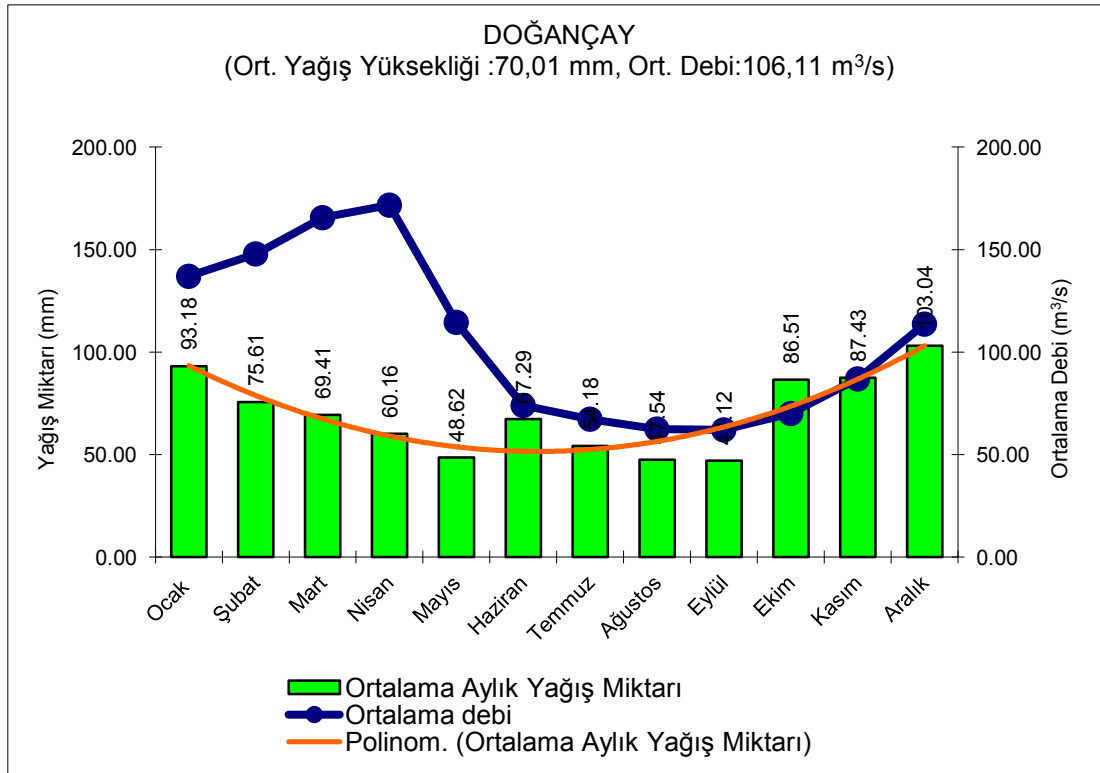


Şekil 4.3. Uzun yıllar debi değişimi (Doğançay)

1221 nolu Doğançay akım gözlem istasyonu için yapılan bu çalışma 1984 – 1985 yıllarından sonra akımlarda bir azalma izlenimi vermiştir. Hesaplanan yıllık ortalama debiler aylık ortalama debilerin toplamından, aylık ortalama debiler günlük ortalama debilerden hesaplandığı için burada akımların bu yıllardan sonra daha düzenli aktığının kanıtıdır yani akımlar düzenlenmiştir. Bu akımların düzenlenmesinin sebebi barajlardır.

Burada yağış gözlenmiş verilerin akım gözlem istasyonlarında ölçülmüş debiler ile ilişkisini incelenmektedir. Aylık ortalama yağışlar ile aylık ortalama debiler ele alındığında Şekil 4.4'deki grafik elde edilmektedir.

Uzun yıllara bağlı aylık ortalama debi ile aylık toplam yağış verilerini karşılaştırıldığında Doğançay akım gözlem istasyonu için Şekil 4.3'deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Ortalama aylık yağış debi ilişkisi (Doğançay)

4.4. Hidrolik Model

Suyollarında ve çevrelerindeki sel yataklarında, su basma alanlarının ve su derinliklerinin bulunması gibi hidrolik analizler için geliştirilen çeşitli hidrolik model tipleri bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı CBS ile entegre edilerek çalışabilecek hale getirilmiş veya yazılan arayüzlerle bu işlem sağlanmıştır. Bu tip modellerden en çok kullanılanlardan bir tanesi Danimarka Hidrolik Enstitüsü'nün hazırladığı MIKE 11 model serisinin hidrodinamik (HD) modülüdür.

4.4.1. 1 boyutlu model altyapısı

1 boyutlu hidrodinamik model altyapısı aşağıdaki kabulleri temel almaktadır:

Su, sıkıştırılmaz ve homojendir.

Akarsu yatağı eğimi küçüktür.

Su genişlikleri, su derinliği ile kıyaslandığında daha büyüktür. Bu kabul akışın daima tabana paralel olmasını sağlar. Dikey doğrultudaki ivmelenme yok sayılabilir.

Temel 1 boyutlu hidrodinamik modeller kütle ve momentumun korunumu ilkeleri dikkate alınarak elde edilir. Hidrolik pürüzlülük ve yanal akım girişleri dikkate alınarak denklemler şu şekilde yazılabilir.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (4.18)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (4.19)$$

Burada;

A: Akış kesit alanı (m²),

R: Hidrolik yarıçapı (m)

C: Chezy pürüzlülük katsayısı (m^{1/2}/s)

g: Yerçekim ivmesi (m/s²)

h: Su derinliği (m)

Q: Debi (m^3/s)

α : Momentum dağılım katsayısı

q: Yanal akım

1 boyutlu hidrodinamik modelleri kurmak için 2 temel dataya ihtiyaç duyulmaktadır, bunlar sınır koşulları ve topografik datalar olarak sınıflandırılabilir. Mamba debi değeri ve mansab su yüzü kotu modelin sınır koşullarının oluşturulması için gerekli verilerdir. Akarsu yatağı ve taşkın yatağına ait kesitlerde modelin topografik altyapısını oluşturmaktadır. Model çıktıları ise her kesit için su seviyesi ve debi değerlerini vermektedir.

Fakat Sonuçlar sadece kesit bilgisinin olduğu noktalar için elde edilebilmektedir. Bu yüzden model oluşturulurken kesitler sonuç elde edilmek istenen noktaları belirli bir stratejiye göre yerleştirilmelidir.

1 boyutlu modelde debi ve hız sadece akım doğrultusunda 1 boyutta elde edilmektedir. Bu yüzden 1 boyutlu model ile kompleks bir topografiye sahip arazilerde taşkın dalgasının yayılımını doğru bir şekilde takip etmek mümkün değildir.

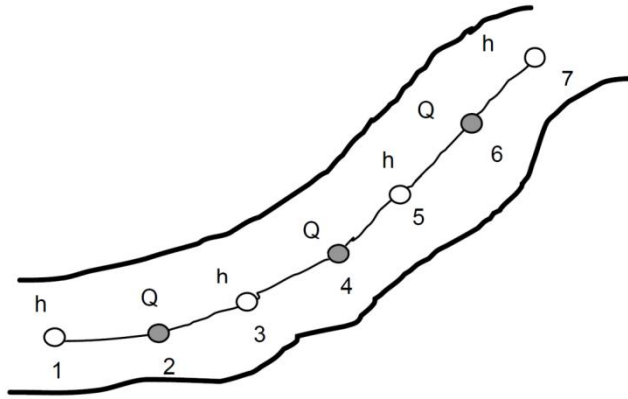
Taşkın yatağına ve yatağından akışın mevcut olduğu durumlarda taşkın dalgasının gelişimini etkilemesinden ötürü 1 boyutlu modeller ile yapılan taşkın simülasyonları gerçekçi sonuçlar vermeyecektir[45].

4.4.2. MIKE 11

MIKE 11, 1 boyutlu kararsız akışların kapalı sonlu farklar yöntemi kullanılarak hesaplandığı bir programdır. 2 boyutlu model ile bağ kurularak taşkın yatağındaki akışta simüle edilebilmektedir. Bu program nehir boyunca taşkın, yine nehir üzerinde bulunan menfez, köprü, regülatör v.s. hidrolik yapıların modellenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Eklenen GIS modülü sayesinde de sonuçların taşkın yönetimi açısından kullanılacak şekilde sunulmasını sağlamaktadır.

MIKE 11 programı kinematik, difüzyon ve full dinamik dalga yayılım eşitliklerini kullanabilmektedir. Süreklilik ve momentumun korunumu denklemlerinin sonuçları, kapalı şema sonlu farklar yöntemini esas almaktadır. Bu şema belirlenmiş dalga yayılım metodundan (kinematik, difüzyon, dinamik) bağımsız bir şekilde yapılmaktadır. Modelde kullanılan Q (debi) ve h (su seviyesi) hesaplama noktasal döngüleri Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Q noktaları iki h noktası arasında veya hidrolik yapıların bulunduğu noktalarda hesaplanmaktadır. h noktaları ise ya kesitlerin bulunduğu yerlerde veya iki kesitin ortasında yer almaktadır.

Hidrodinamik modeller nehir ve taşkın yatağı topoğrafisi ve bunlara dahil olan insan yapımı hidrolik yapılar ve taşkın kontrol yapıları da dahil olmak üzere bu veriler doğrultusunda çalışmaktadır [45].



Şekil 4.5. Q (debi) ve h (su seviyesi) hesaplama noktasal döngüleri[45]

Mike 11, 1 boyutlu kararsız akışların kapalı sonlu farklar yöntemi kullanılarak hesaplandığı bir programdır. Bu program nehir boyunca taşkın, yine nehir üzerinde bulunan menfez, köprü, regülatör v.s. hidrolik yapıların modellenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Eklenen GIS modülü sayesinde de sonuçların taşkın yönetimi açısından kullanılacak şekilde sunulmasını sağlamaktadır.

Hidrodinamik modeller nehir ve taşkın yatağı topoğrafyası ve bunlara dahil olan insan yapımı hidrolik yapılar ve taşkın kontrol yapıları da dahil olmak üzere bu veriler doğrultusunda çalışmaktadır.

4.4.2.1 MIKE 11 modelinin oluşturulması

MIKE 11 programı içerisinde çeşitli amaçlar için kullanılan birçok dosya mevcuttur.

1. Simülasyon Dosyası: 1 boyutlu analizi için üretilecek olan bütün dosyaların toplandığı analiz türünün simülasyon zamanının ve sonuç dosyalarının belirlendiği ana dosyadır.

2. Nehir Ağı (River Network) Dosyası: Çalışma sahası olarak seçilmiş olan nehrin ArcGIS programıyla sayısallaştırılmasından sonra modele entegre edilmesini sağlayan dosyadır. Ayrıca hidrolik yapı elemanları da modele entegre edilmesini sağlayan dosyadır.

3. Kesit (Cross-Section) Dosyası: Sayısal yükseklik modeli kullanılarak nehir boyunca sağ ve sol kıyı çizgisi arasında oluşturulan enkesitlerin MIKE 11 programına aktarılmasını sağlayan dosyadır. Ayrıca enkesitler için belirlenen Manning pürüzlülük katsayısı da bu dosya içerisinde programa tanımlanır.

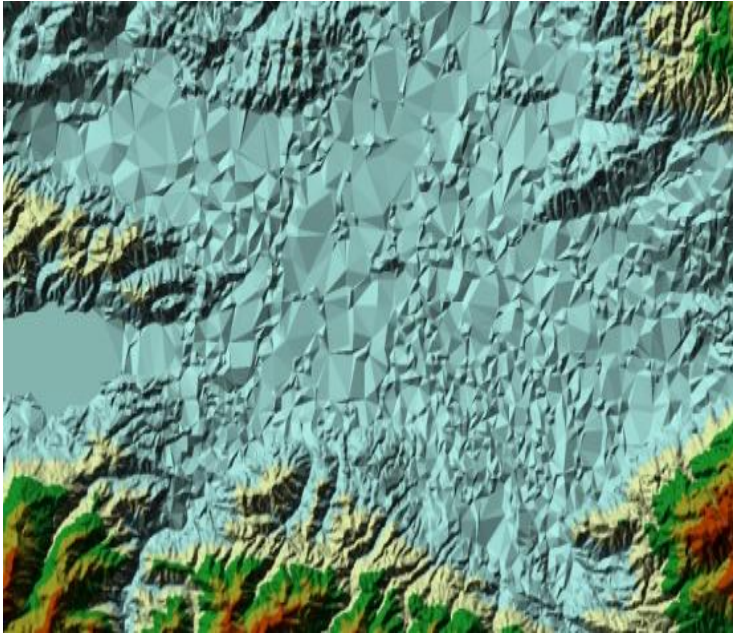
4. Sınır Koşulları (Boundary Conditions) Dosyası: Nehrin başlangıç ve bitiş kesit noktalarındaki belirlenecek olan sınır şartlarına göre su yüzü kotu ve debinin hesaplanmasını sağlayan dosyadır.

5. Hidrodinamik (HD) Dosyası: Hidrodinamik hesaplamalar ile ilgili bilgilerin olduğu dosyadır. Yatak pürüzlülüğü su seviyesi debi ilişkisi, hesaplamalarda kullanılan katsayılar ve istenen çıktı dosyalarının bulunduğu dosyadır.

BÖLÜM 5. UYGULAMA

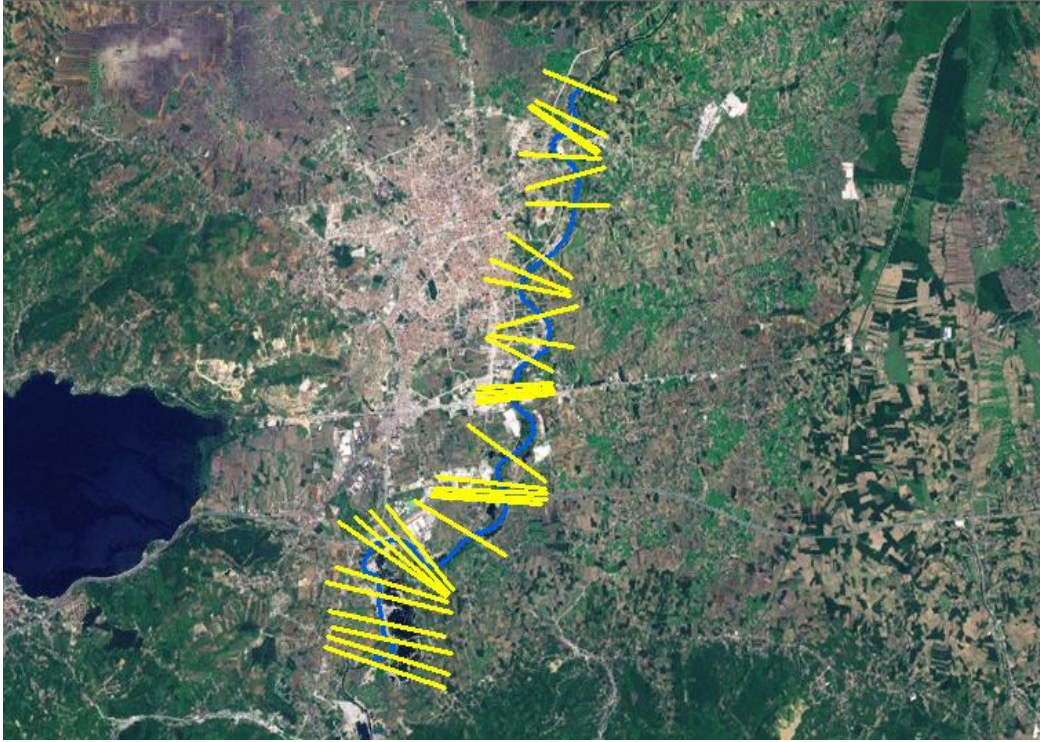
Akarsulara ait hidrolik modellemelerin yapılabilmesi için akarsu yataklarına ait geometrik verilere ihtiyaç vardır. Bu veriler genel olarak akarsu sistemlerinin bağlantısını kurulması, yatak enkesitleri, bağlantı noktalarının tanımlanması, hidrolik yapılara ait veriler ve en kesit enterpolasyonlarından meydana gelmektedir. Çalışmada kullanılan geometrik veriler ise akarsular, akarsu kıyısı, akış yolları, en kesitler, köprüler ve arazi kullanımındır.

Geometrik verilerin oluşturulmasında altlık veri olarak TIN modelinin oluşturulması öncelikle gerçekleştirilmiştir.(Şekil 5.1.) Yatak içinde ölçülen enkesit verileri yatak dışında ise eşyüksekti eğrilerine ait noktaların kullanılmasıyla üretilen TIN modeli, yatak içinde daha hassas yatak dışında ise 1:25000 ölçekli haritaların hassasiyetindedir.



Şekil 5.1. TIN modeli

Özellikle CBS teknolojilerindeki ilerleme ve sayısal yükseklik modellerindeki kalite artırımlarıyla birçok hidrolojik, hidrolik, su kaynakları ve çevre ile ilgili araştırmalarda uygulamalar artmıştır. HEC-GeoRAS, ArcGIS CBS yazılımı içerisinde bir uzantı olup mekansal verilerin pratik olarak işlenmesi için üretilmiştir[46]. ArcGIS CBS yazılımı içerisinde bir uzantı olan HEC-GeoRAS programı yardımıyla nehir, sağ ve sol sahil şeritleri ve enkesitler sayısallaştırılarak bir boyutlu analizler için kullanılmıştır.(Şekil 5.2.)

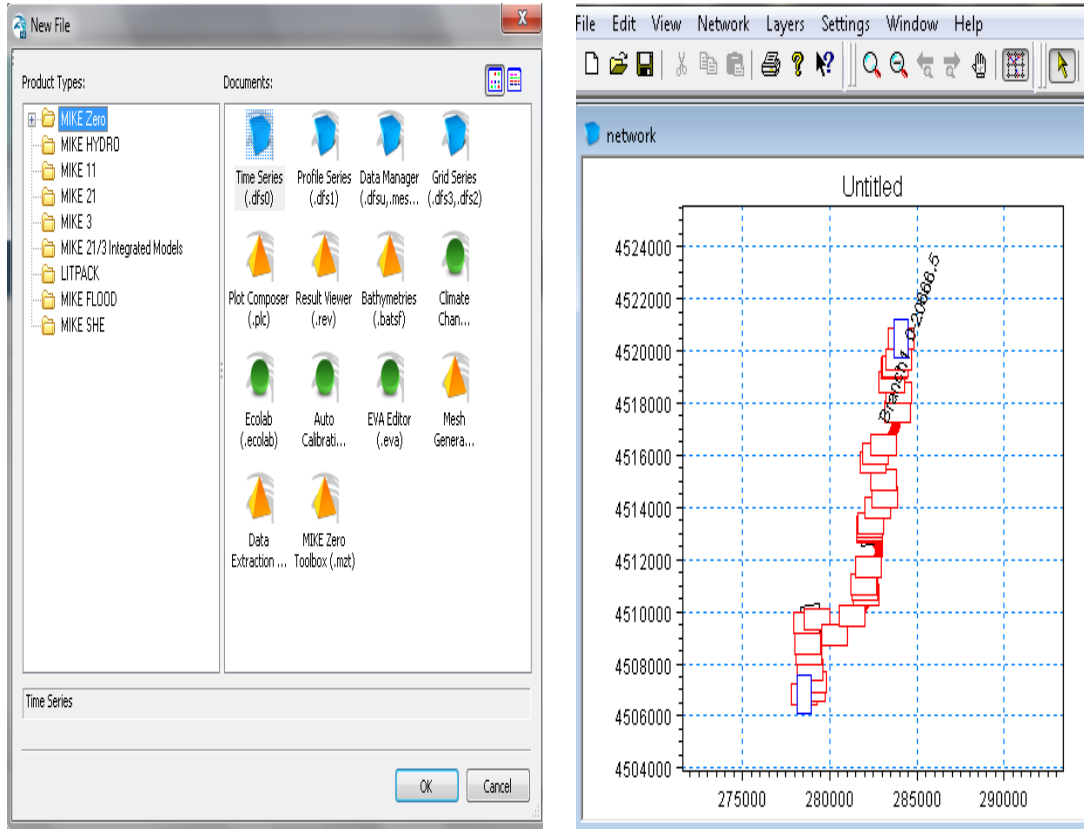


Şekil 5.2. Geometrik verilerin oluşturulması

5.1. MIKE 11 programına verilerin aktarılması

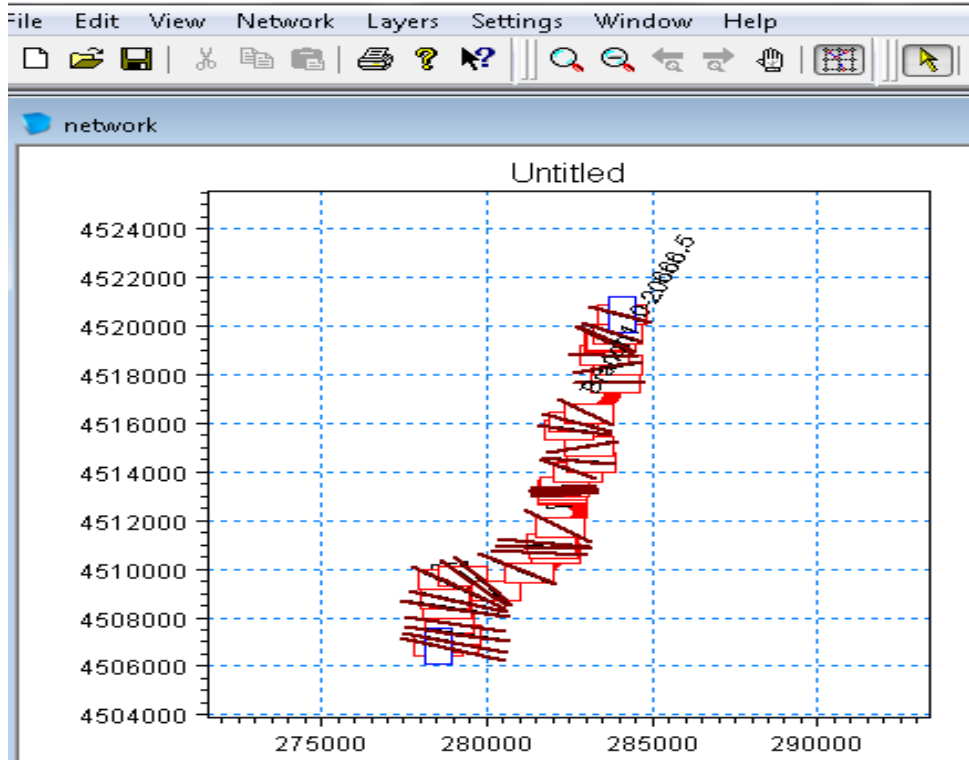
ArcGIS program içerisinde bulunan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla oluşturulan geometrik veriler çalışma alanı sınırları ve projeksiyon sistemi tanıttıldıktan sonra MIKE 11 programına aktarılmıştır.(Şekil 5.3.) MIKE 11 programı içerisinde modelin analizi için gerekli olan simülasyon dosyası, nehir ağı (river network) dosyası, kesit (Cross-Section) dosyası, sınır koşulları (Boundry Conditions) dosyası ve hidrodinamik (HD) dosyası oluşturulmuştur.

Oluşturulan nehir ağı üzerinde hidrolik yapı elemanları da buldukları koordinatlarda gerçeğe uygun olarak tanımlanmıştır. Çalışma sahası olan Sakarya Nehri Adapazarı kesimi yaklaşık 20 km olup nehir üzerinde 3 adet köprü bulunmaktadır. Köprüler içinde nehir ağı dosyası içerisinde hesaplama yöntemi olarak Enerji Denklemleri seçilerek modele girilmiştir.

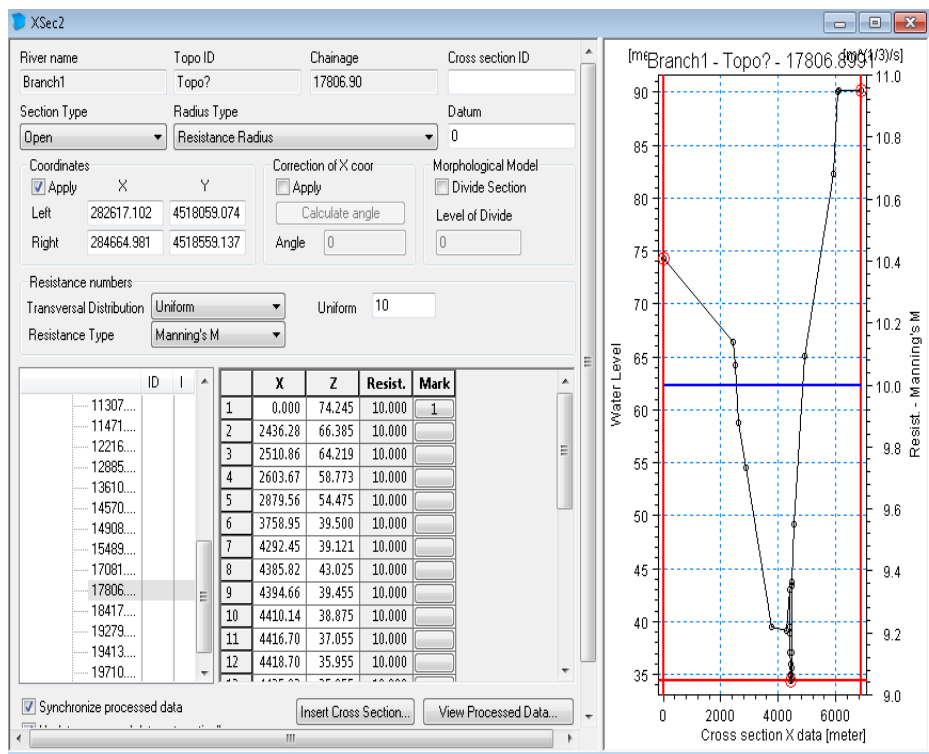


Şekil 5.3. Geometrik verilerin aktarılması

Geometrik verilerin aktarılmasından sonra kesit (Cross-Section) dosyası içerisinde nehir üzerinde Devlet Su İşleri, Elektrik İşleri Etüd İdaresi ve Ekim Harita tarafından ölçülmüş 29 adet kesit verileri kesit yerlerini belirleyerek sisteme girilmiş ve kesit düzenlemeleri yapılmıştır.(Şekil 5.4 ve 5.5) Ayrıca nehir sağ ve sol kıyı ve nehir yatağı için belirlenen Manning n değerleri nehir yatağı içinde 0.075 nehir yatağı dışında ise 0.1 olarak bu dosya içinde tanımlanmıştır.

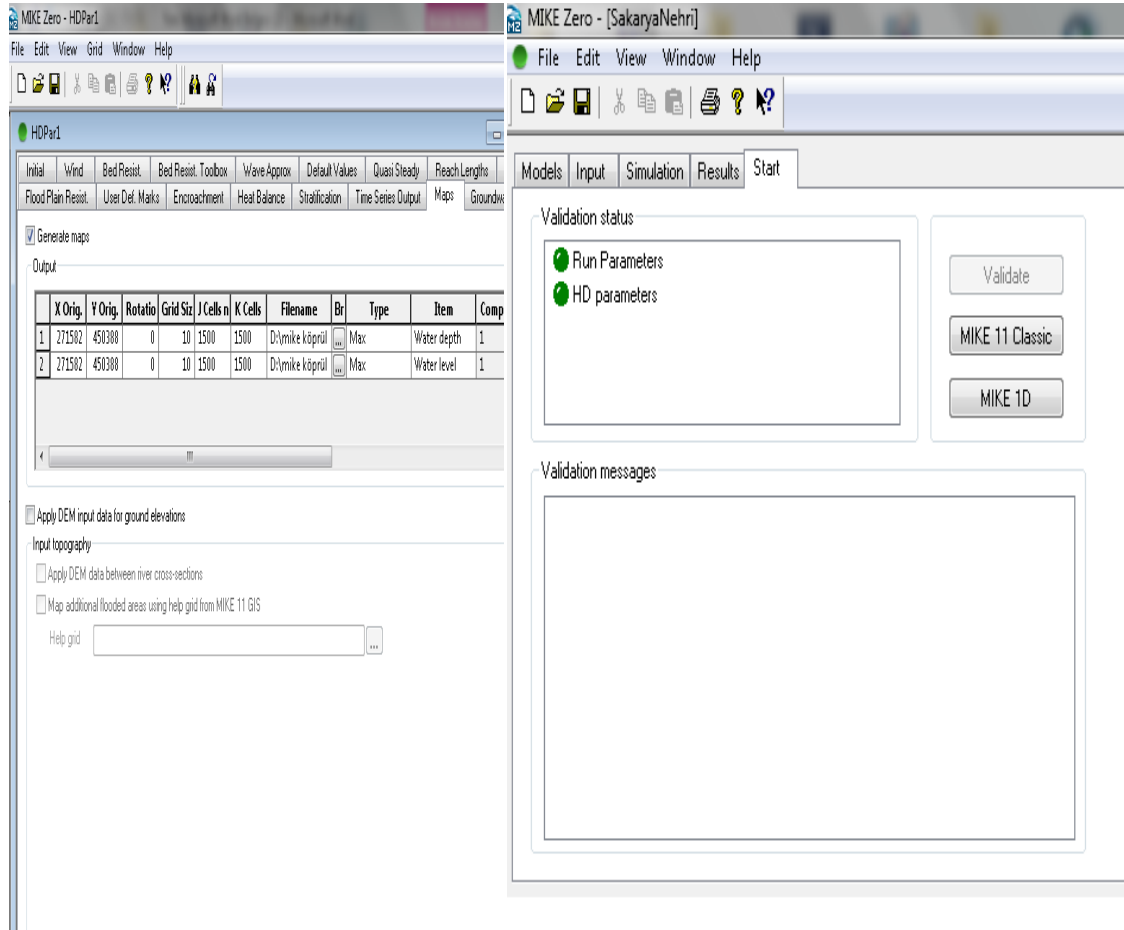


Şekil 5.4. Kesitlerin girilmesi



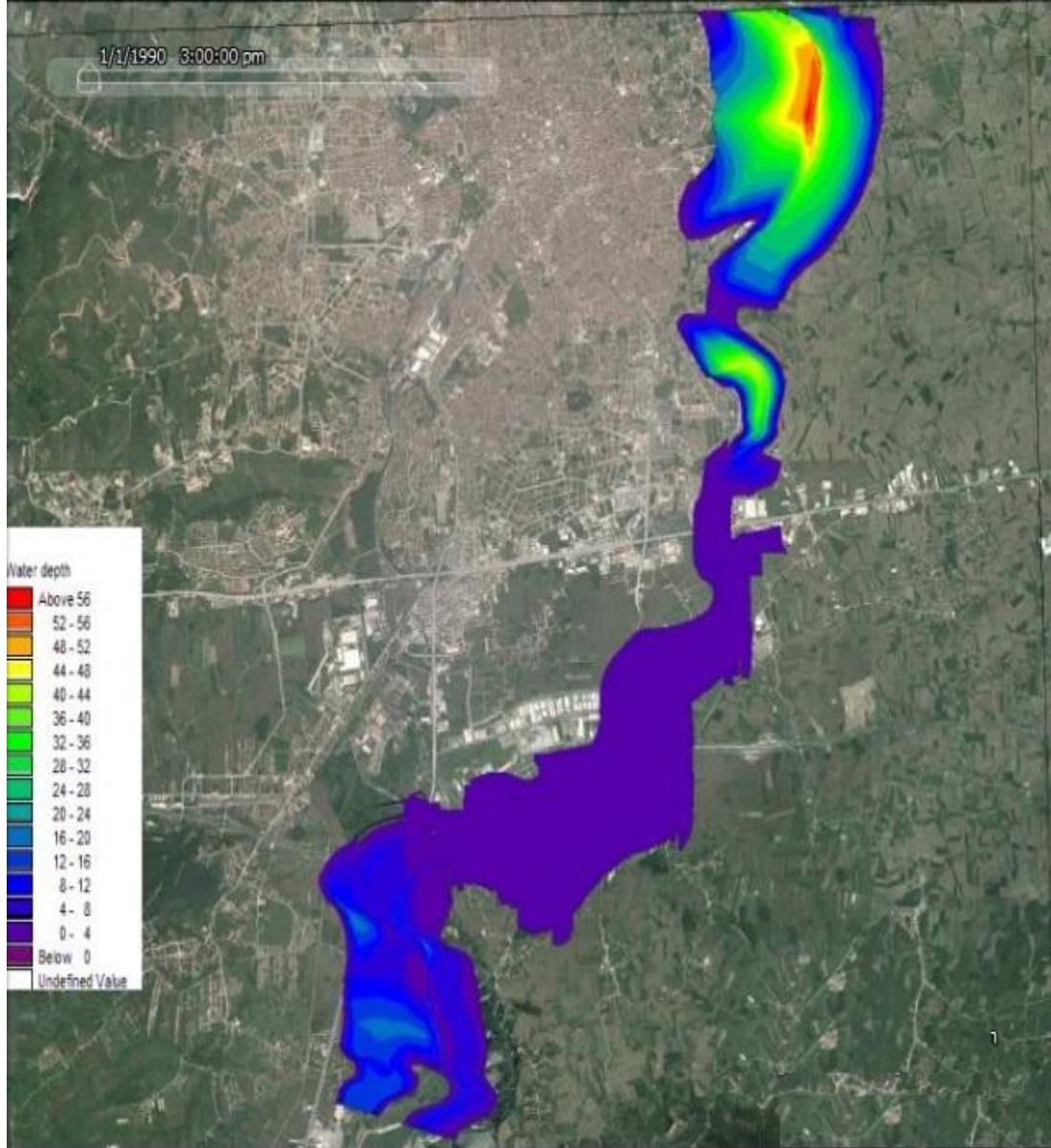
Şekil 5.5. Kesitlerin Düzenlenmesi

Kesitlerin düzenlenmesinden sonra sınır koşulları Boundry Conditions dosyası içerisinde belirlenmiş ve analiz için daha önceden Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu ile hesaplanmış taşkın debileri hidrodinamik dosyası içerisinde çalışma alanı üzerinde bulunan köprü verileri HD parametreleri ile girilmiş ve sistem run edilmiştir.(Şekil 5.6)



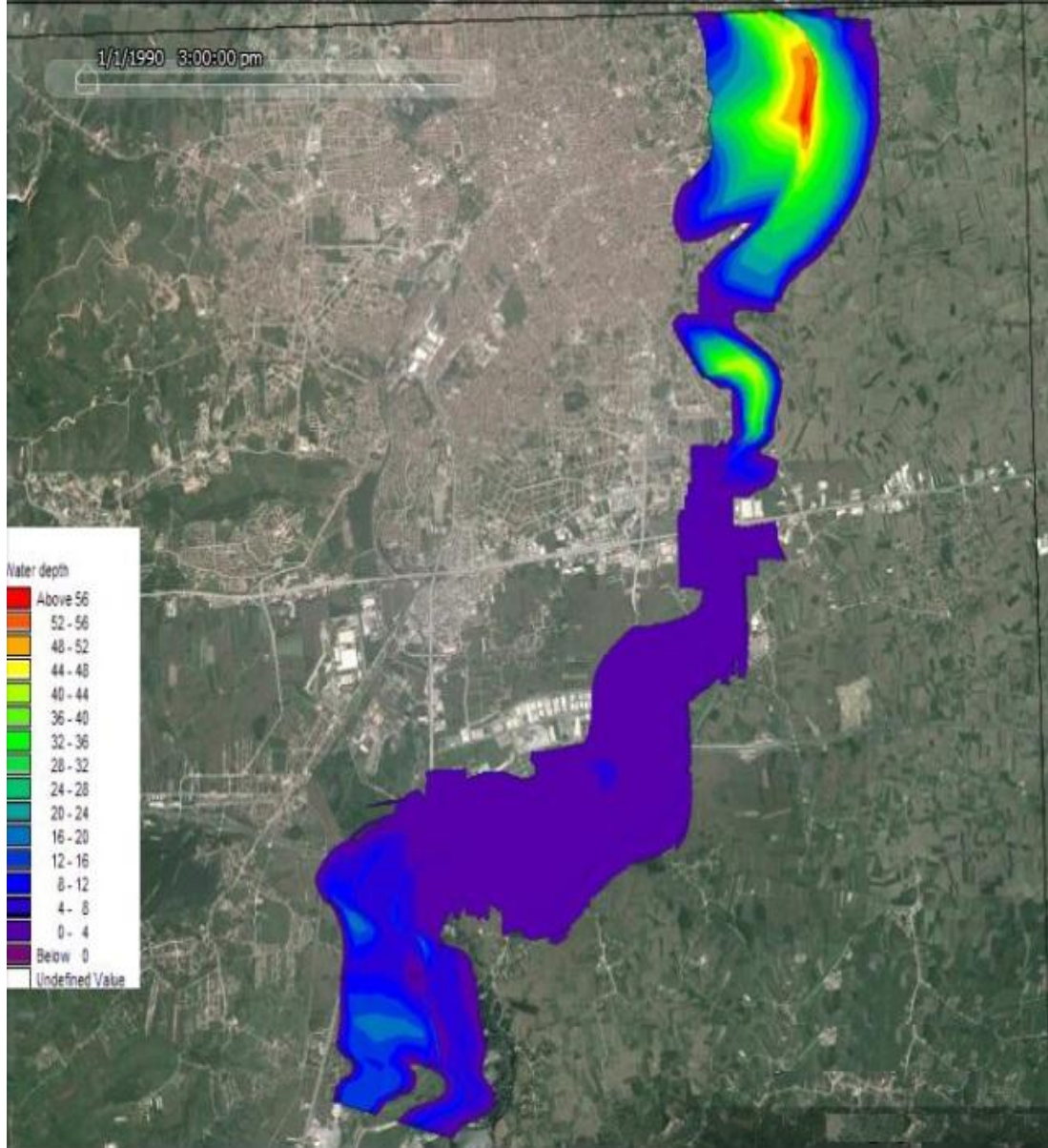
Şekil 5.6. HD parametrelerin girilmesi ve sistemin run edilmesi

Taşkın risk çalışmaları için yapılan hidrolik modellemede 47 yıllık maksimumanlık feyezan akımları ile hesaplanan ve Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debileri için oluşabilecek taşkın alanları tespit edilmiştir.(Şekil 5.8-5.16)



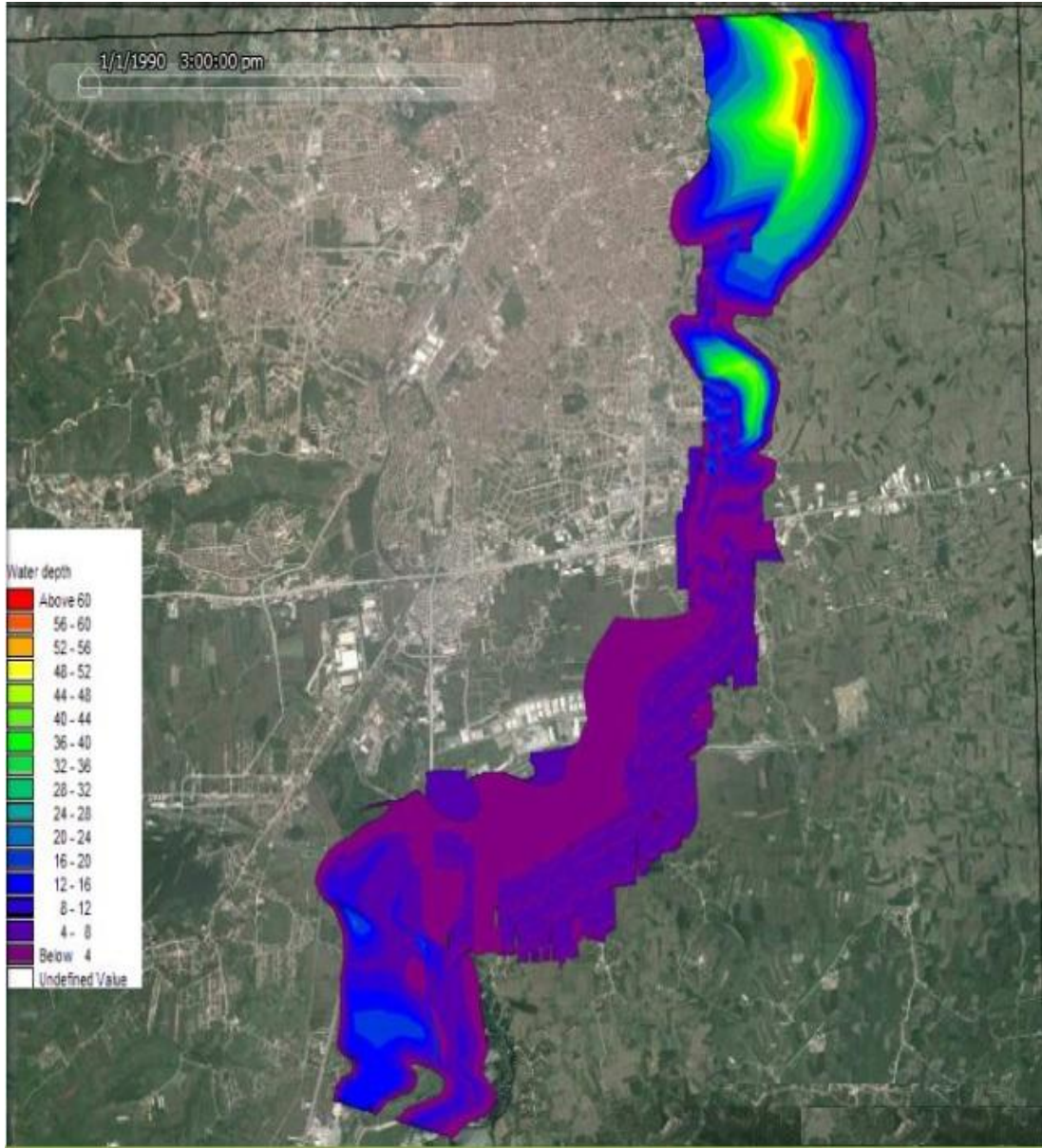
Şekil 5.7. 2 yıl tekerrürlü debi için yayılım

2 yıl tekerrürlü taşkın $407.2193 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin özellikle sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Yerleşim yerleri ve tarım arazileri sular altında kalmaktadır.



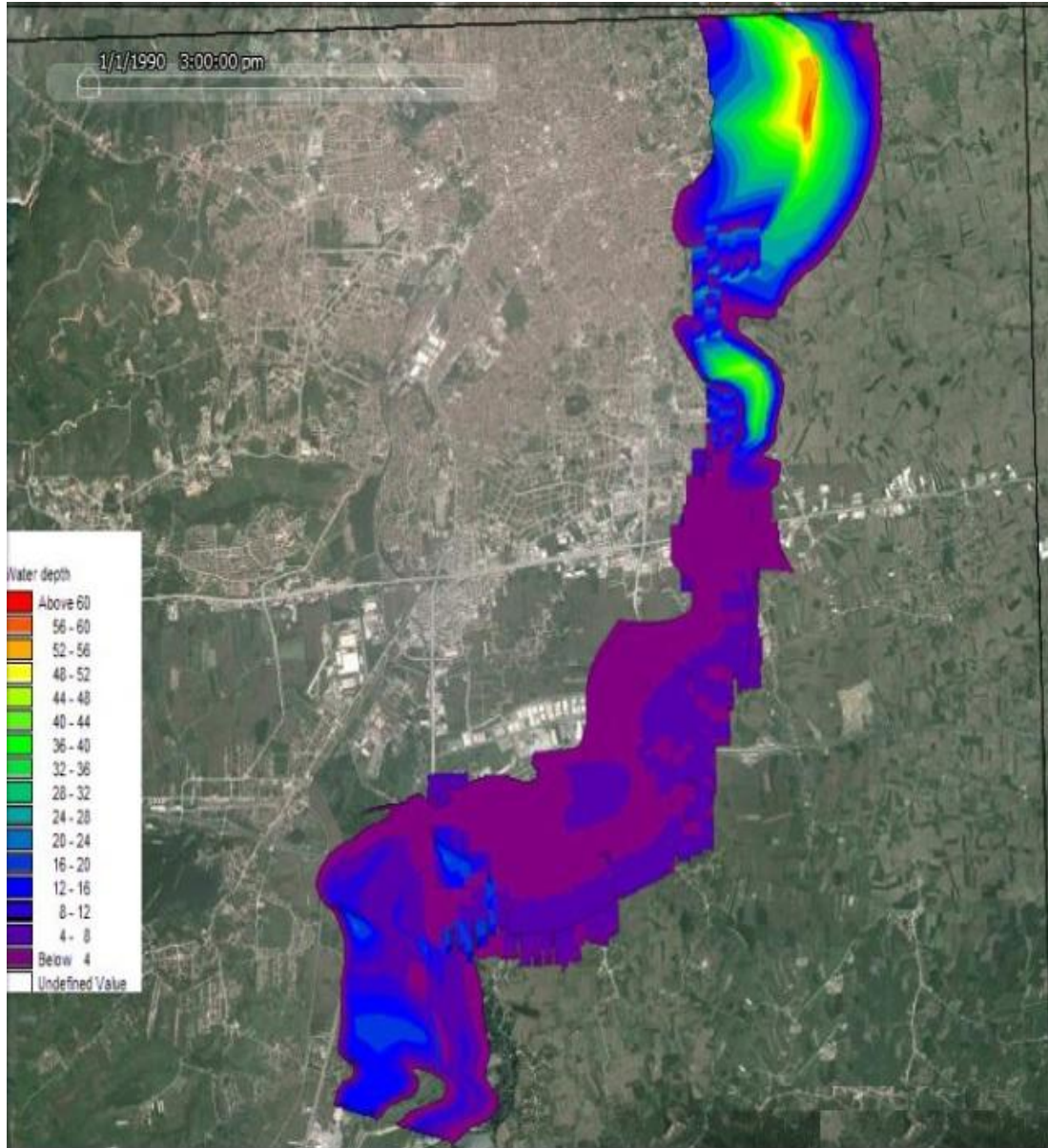
Şekil 5.8. 5 yıl tekerrürlü debi için yayılım

5 yıl tekerrürlü taşkın $579.81 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Yerleşim yerleri, hastane ve tarım arazileri sular altında kalmaktadır.



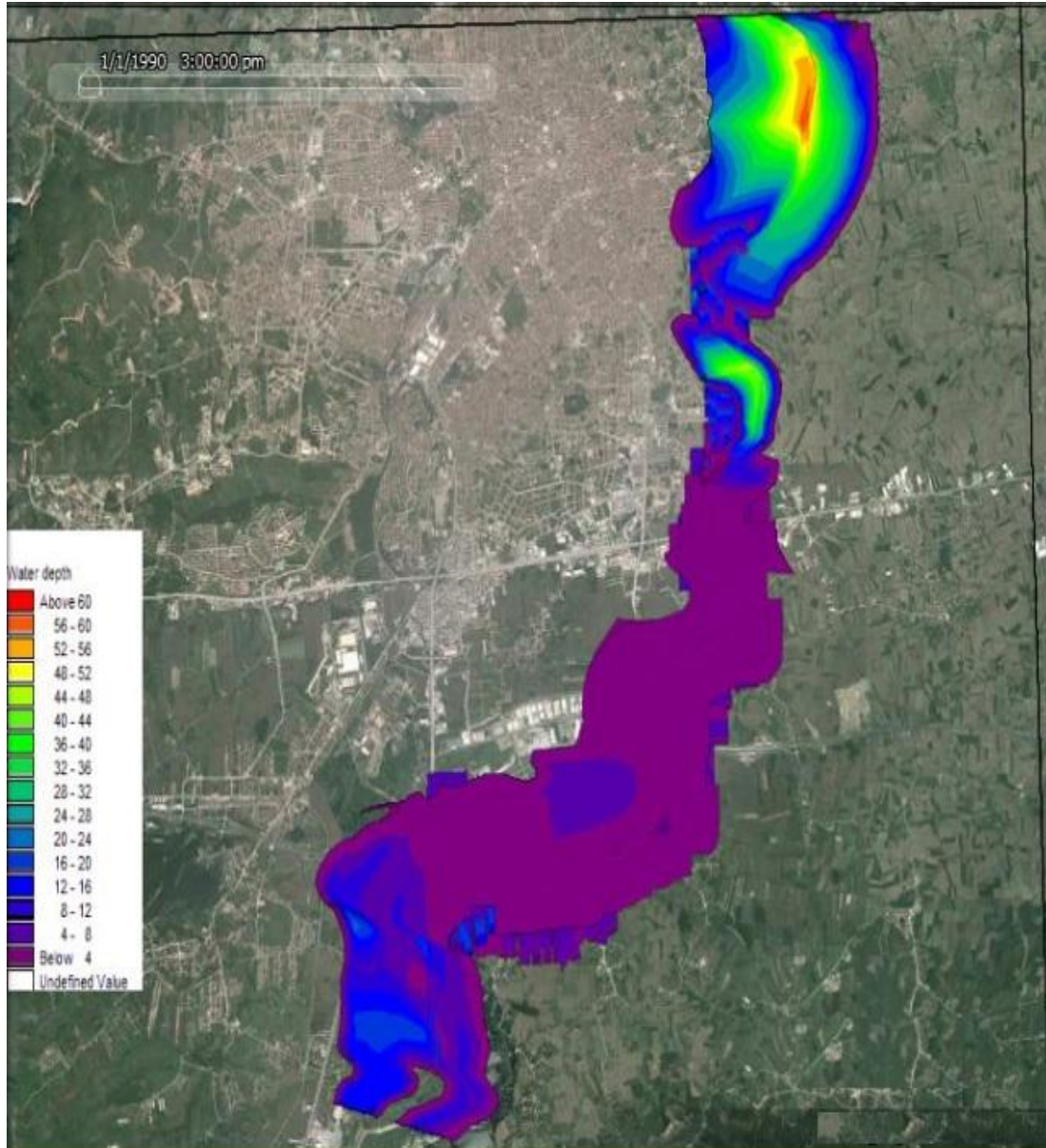
Şekil 5.9 10 yıl tekerrürlü debi için yayılım

10 yıl tekerrürlü taşkın $703.13 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Taşkınların şehrin iç kesimlerine doğru gelişimi gözlenmektedir.



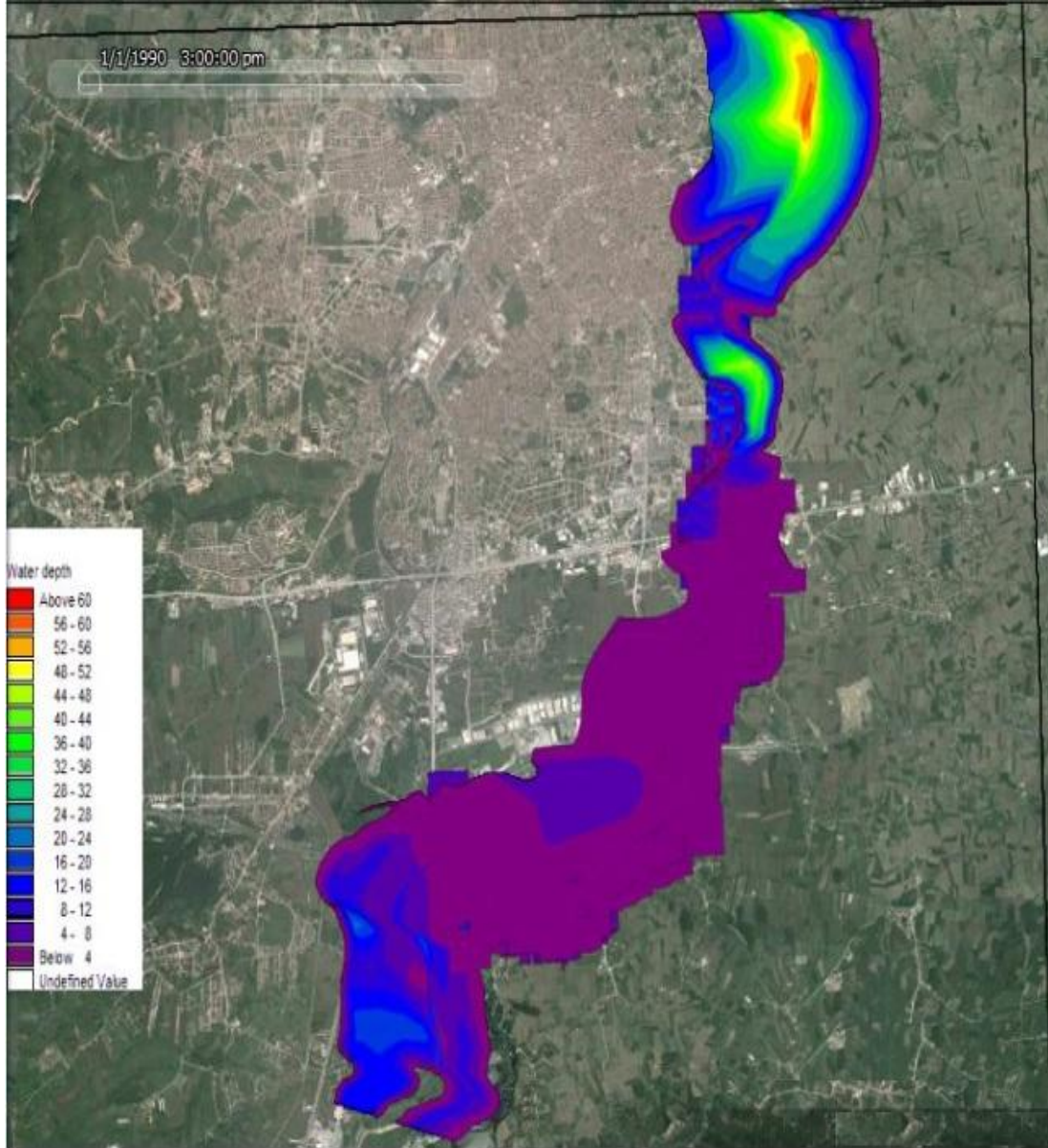
Şekil 5.10 . 25 yıl tekerrürlü debi için yayılım

25 yıl tekerrürlü taşkın $868.90 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Taşkınların su derinliğinin artışı şehrin iç kesimlerine doğru gelişimi gözlenmektedir.



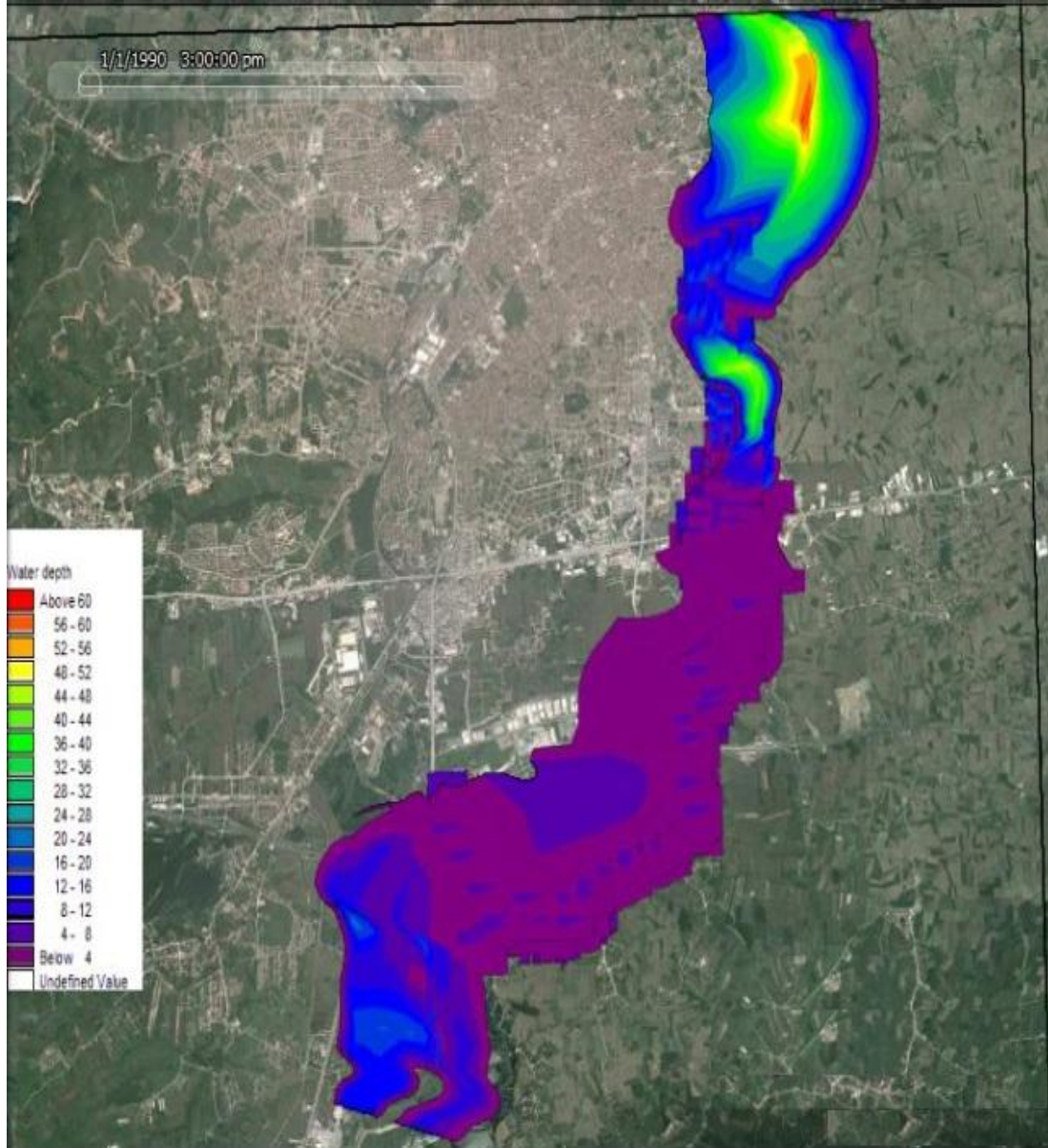
Şekil 5.11 .50 yıl tekerrürlü debi için yayılım

50 yıl tekerrürlü taşkın $999.09 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkın derinliği 4-5 m'ye yaklaşmakta ve şehrin iç kesimlerine doğru artmaktadır.



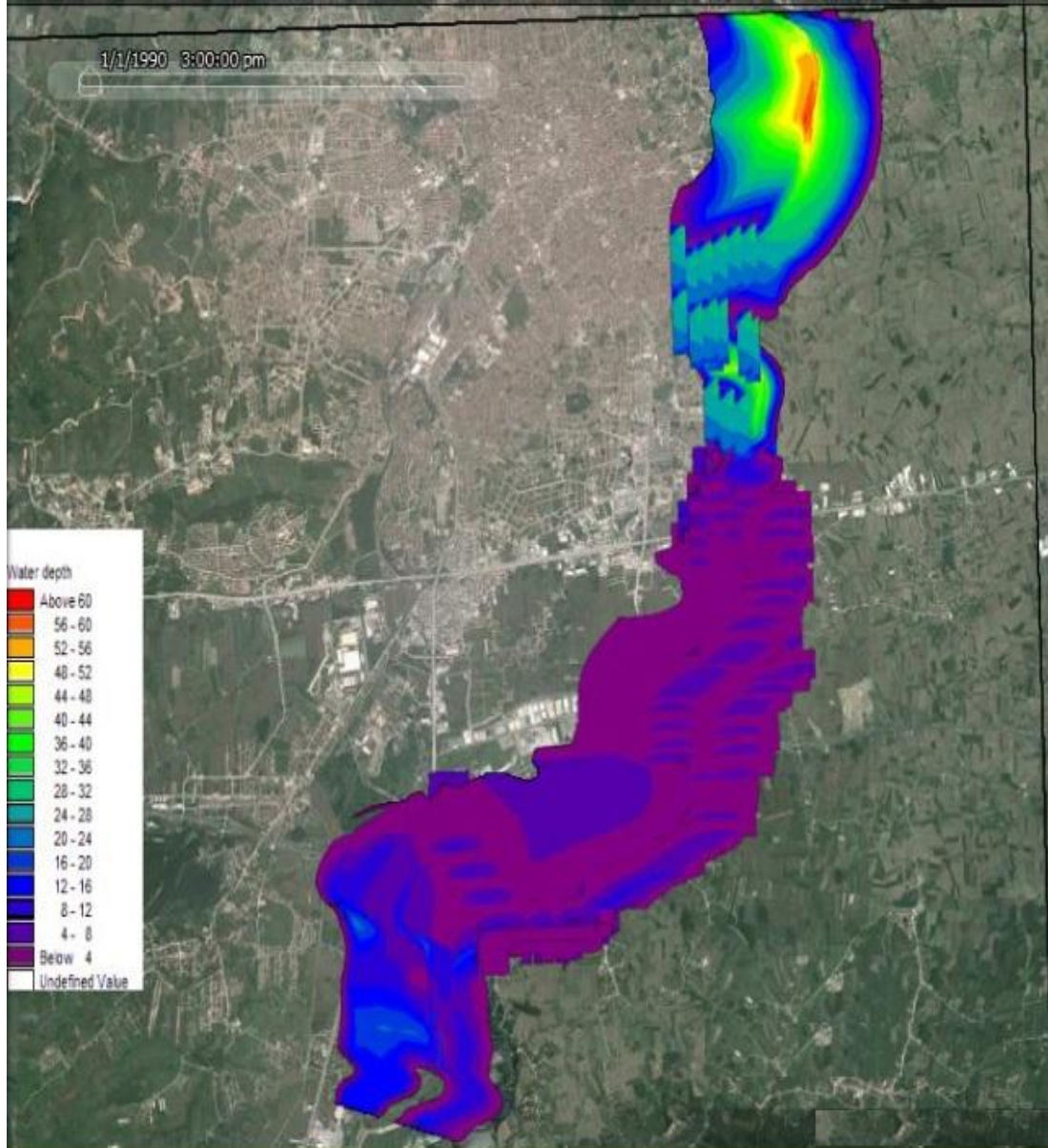
Şekil 5.12. 100 yıl tekerrürlü debi için yayılım

100 yıl tekerrürlü taşkın $1135.70 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkın derinliği 6 m'ye yaklaşmakta ve yerleşim bölgelerine yayılmaktadır.



Şekil 5.13. 200 yıl tekerrürlü debi için yayılım

200 yıl tekerrürlü taşkın $1279.40 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı taşkınlar meydana gelmekte köprüler ve yollar taşkın suları altında kalmaktadır. Taşkın alanında hacimsel ve alansal artış gözlenmektedir.



Şekil 5.14. 500 yıl tekerrürlü debi için yayılım

500 yıl tekerrürlü taşkın $1405.75 \text{ m}^3/\text{s}$ lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı taşkınlar meydana gelmekte köprüler ve yollar taşkın suları altında kalmakta taşkın derinliği ciddi ölçüde artmaktadır. Taşkın alanında hacimsel ve alansal artış gözlenmektedir.

Yapılan taşkın risk tayini çalışmasında görülmüştür ki 2 yıl tekerrürlü debi değerinden 500 yıl tekerrürlü debi değeriyle oluşturulan risk haritasında hem alansal hem de hacimsel bir artış olmuştur.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada, Sakarya ili merkez sınırını içine alan Sakarya Nehri havzasının taşkın risk tayini çalışmaları, MIKE 11 ve CBS ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, öncelikle çalışma alanının fiziksel özellikleri üzerinde durulmuş ve hidrolojik ve hidrolik parametreleri belirlenmiştir.

Yapılan 1 boyutlu model, çalışma sahası Sakarya Nehrinin Adapazarı kesimini içine alan 20.6 kmlik alan için oluşturulmuştur. Bu amaçla nehir yatağı için ölçülmüş 29 adet enkesit verileri ile nehir sağ ve sol kıyıları için 1:25000 lik haritadan faydalanılmıştır.

Taşkın risk çalışmaları için yapılan hidrolik modellemede Doğançay AGİ 47 yıllık maksimum anlık feyzan akım (MAFA) verileri kullanılmıştır. Log Pearson Tip III olasılık dağılım fonksiyonu kullanılarak 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debileri için oluşabilecek taşkın alanları tespit edilmiştir.

2 yıl tekerrürlü taşkın 407 m³/s lik debi durumunda nehrin özellikle sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Sakarya Nehrinin sol kıyısında bulunan Nehirkent, Toyotasa Dış Hastanesi ile tarım arazileri 0-4 m arasında değişen taşkın derinliği ile karşı karşıyadır.

5 yıl tekerrürlü taşkın 579 m³/s lik debi durumunda nehrin sol kıyısında taşkın iç kesimlere doğru ilerlerken sağ kıyısında bulunan tarım arazilerinde de taşkınlara neden olmaktadır. Yerleşim yerleri, hastane ve tarım arazilerinin taşkın tehlikesiyle karşı karşıya olduğu bulgusu elde edilmiştir.

10 yıl tekerrürlü taşkın 703 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkınlara neden olmaktadır. Taşkınların nehir kıyısından şehrin iç kesimlerine doğru özellikle Nehirkent ile Güneşler Mahallesi civarında 0.74 km'ye kadar gelişimi ve taşkın su derinliği artışı gözlenmektedir.

25 yıl tekerrürlü taşkın 868 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ kıyısında bulunan tarım arazileri ve sol kıyısında bulunan yerleşim yerleri ile sanayi bölgelerinde taşkınlara neden olmaktadır. Taşkınların su derinliğinin artışı ve şehrin iç kesimlerine doğru gelişimi gözlenmektedir

50 yıl tekerrürlü taşkın 999 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkın derinliği 4-5 m'ye yaklaşmakta ve taşkın alanı şehrin iç kesimlerine doğru artmaktadır.

100 yıl tekerrürlü taşkın 1135 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı çizgisinde taşkın derinliği 6 m'ye yaklaşmakta ve yerleşim bölgelerine yayılmaktadır.

200 yıl tekerrürlü taşkın 1279 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı taşkınlar meydana gelmekte köprüler ve yollar taşkın suları altında kalmaktadır. Taşkın alanında hacimsel ve alansal artış gözlenmektedir

500 yıl tekerrürlü taşkın 1405 m³/s lik debi durumunda nehrin sağ ve sol kıyı taşkınlar meydana gelmekte köprüler ve yollar taşkın suları altında kalmakta taşkın derinliği ciddi ölçüde artmaktadır. Taşkın alanında hacimsel ve alansal artış gözlenmektedir.

Hesaplanan gelmesi muhtemel 2 yıl ve üzeri taşkın debisiyle Adapazarı Toyota Otomobil Fabrikası'nın da aralarında bulunduğu 1'inci Organize Sanayi Bölgesi, Hanlı Beldesi, Adapazarı'nın bir bölümünün de sular altında kalması edinilen bulgular içerisinde yer almıştır. Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı kesimi taşkın yatağında bulunan yaşam alanları, konutlar, sanayi ve tarım alanları taşkın riski ile karşı karşıyadır.

Plansız yerleşimler ve yetersiz altyapı nedeniyle taşkın afetleri can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle taşkın yatağı içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler taşkın riski düşünülerek planlanmalıdır. Elverişsiz tarım yöntemleri ile toprakların yoğun bir şekilde kullanılması, akarsu ve derelerin yatakları içinde veya etrafında taşkın riski taşıyan alanların iskâna açılmasının engellenmesi, daha önce inşa edilmiş taşkın tesislerinin üzerilerinin kapatılması, açık mecraların kapalı mecralara dönüştürülmesi ile taşkın zararlarına engel olunmalıdır. Taşkın yataklarındaki yerleşimler imkanlar ölçüsünde daha uygun yerlere taşınarak imar planları yenilenmeli veya taşkın yatağı içinde bulunan yerleşim yerleri için taşkın zararlarından koruyacak istinad duvarı gibi yapılar inşa edilmelidir.

Aşağı Sakarya Nehri Adapazarı kesimine ait elde edilecek daha kapsamlı haritalar ile yapılacak 2 boyutlu bir çalışmanın taşkından etkilenen binaların tespiti ve önem derecesine yönelik tedbirler alınması konusunda faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Bölgenin meteoroloji, hidroloji, topografya, morfoloji, bitki örtüsü vb. gibi faktörleri de hesaba alınarak, değişik sürelerde ortaya çıkabilecek yağış şiddetlerinden yararlanılarak gelecekteki taşkınlardan, taşkın yataklarında ortaya çıkabilecek yüzeysel su derinliklerinin önceden belirlenip bildirilmesi, izlenmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemleri geliştirilmelidir.

Taşkın anı ve sonrasında panik durumunun ortadan kaldırılması taşkın zararının en aza indirgenmesi için veri toplama ve veriye erişimin sağlanacağı alternatif teknoloji ile oluşturulacak taşkın risk haritaları daha doğru sonuçlar verecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Kurumsal Yapılanma Komisyonu Raporu, Ankara, 2004.
- [2] TUROĞLU H. ve ÖZDEMİR H., Bartın'da Sel ve Taşkınlar, İ.Ü. Yayınları, 2005.
- [3] ŞEN Z., Taşkın Afeti ve Modern Hesaplama Yöntemleri, Su Vakfı Yayını, İstanbul, 2009.
- [4] KADIOĞLU M, Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi, Afet Zararlarını Azaltmanın İlkeleri, JICA Türkiye Ofisi Yayınları, Ankara, s.251-277, 2008.
- [5] AKAY O, BİRİNCİ V ve BULU A, Taşkın Alanlarının Planlanması ve Yönetimi, II.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyonkarahisar, s.1-11, 2010.
- [6] İMO İstanbul Şubesi, İstanbul İlinde 8-9 Eylül 2009 Tarihinde Meydana Gelen seller ve Nedenleri Hakkında Değerlendirme Raporu, İstanbul, 2010.
- [7] ALTUNDAL M., Taşkınların Ekonomik Boyutu, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı,Afyon, 2010.
- [8] KASALAK F., AKSU S., EROĞLU H., ŞİRİN O., Taşkından Koruma Tesislerine Müdahaleler Ve Ülkemizde Yaşanan Taşkın Olaylarının Değerlendirilmesi, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyon, 2010
- [9] KORKANÇ S. Y. KORKANÇ M., "Sel Ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri," ZKÜ. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, C: 8, S. 9, s. 42-50, Zonguldak, 2006.
- [10] KILIÇER,Ü., ÖZGÜLER ve H., Türkiye Taşkın Durumu TMH Sayı 420-421-422/2002/4-5-6, 2002.
- [11] BENSON, M.A. (1968). Uniform flood-frequency estimating methods for federal agencies. Water. Resour. Res. Cilt 4(5), Sf. 212-230.

- [12] CICIONI, G., GUILIANO, G. ve SPAZIANI, F.M., Best fitting of Probability functions to a set of data for flood studies. Floods and Droughts, Proc. Of the second int. Symp. In Hydrol., Water Resour. Publ, Fort collins, Colo., Sf. 304-314., 1973
- [13] BEARD, L.R. Flood flow frequency trechniques. Center for res.in water resour, Univ. of Texas. Austin, Tex., 1974.
- [14] MCMOHON, T.A. ve SRIKANTHAN, R. LP3 distribution-is it applicable to flood frequency analysis of Australian streams?. J. Hydrol. Cilt 52, Sf. 139-149., 1981.
- [15] VOGEL, R.W. ve THOMAS, Jr., McMOHON, T.A. Flood flow frequency model selection in southwesterin USA, J.Water. Resour. Planning and management, ASCE. Cilt 119(3). Sf. 353-366. 1993.
- [16] VOGEL, R.W. ve McMOHON, T.A., CHIEW, F.H.S. Flood flow frequency model selection in Australia, J. Hydrol. Cilt 146. Sf. 421-449., 1993.
- [17] ÖNÖZ, B., BAYAZIT M., Best-Fit Distributions of Largest Available Flood Samples. J. Hydrol. Cilt 167. Sf. 195-208, 1995.
- [18] BÜYÜKKARACIĞAN N., “Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan Değişik Dağılımların Konya Havzası Yıllık Pik Akım Serilerine Uygulanıp Karşılaştırması”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 3,9, 1997.
- [19] AZAGRA, E., OLIVERA, F., MAIDMENT, D., “Floodplain Visualization Using TINs”, CWR Online Report 99-5, The University of Texas, 7-14, 23-53, 1999.
- [20] BAGA, İ., USUL, N., SORMAN, Ü., “Application of MIKE 11 Model on Çayboğazı Basin in Turkey”, DHI Third User Conferance, Denmark, 14, 1999.
- [21] CORREIA, N.F., SARAIVA, M.G., SILVA, N.F., RAMOS I. “Floodplain Management in Urban Developing Areas: Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modelling” Water Resources Management, (13): 23-37, 1999.
- [22] DOĞANOĞLU, V.İ., “Coupling of GIS With a Hydraulic Model for Flood Inundation Mapping”, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 46-58, 2000.
- [23] McLIN, S.G., SPRINGER, E.P., LANE, L.J., “Predicting Floodplain Boundary Changes Following the Cerro Grande Wildfire”, Hydrological Processes, 15: 2967–2980, 2001.

- [24] TURAN, B., "Obtaining Inundation Maps by Integration of GIS and Hydrologic and Hydrologic-Hydraulic Model", Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 50, 90, 121 2002.
- [25] TEMİZ, N., AKSOY, H., ERCANOĞLU, M., 2004, Batı Karadeniz Bölgesi'nde Potansiyel Taşkın Alanlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 47, Sayı 2, Beytepe/ANKARA
- [26] KNEBL, M.R., YANG, Z.L., HUTCHISON, K., MAIDMENT, D.R., "Regional Scale Flood Modeling Using NEXRAD Rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: A Case Study for The San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event", Journal of Environmental Management, 75 (4): 325-336 2004.
- [27] KALEYCI, H., "Değirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 38, 39 2004.
- [28] YANG, J., Townsend, R.D., Daneshfar, B., "A GIS-Based Approach to River Network Floodplain Delineation", River Basin Management III – WIT Transactions on Ecology and the Environment, 83: 517-524 2005.
- [29] ONUŞLUEL, G., "Floodplain Management Based On The HEC-RAS Modeling System", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 6 ,2005.
- [30] KILINÇ, İ., ŞAHİN, V., "İstanbul'daki Kurbağalı Dere'nin Taşkın Sahasını Belirlemede HEC-RAS Kullanılması", I. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Ankara, 317-325, 2005.
- [31] USUL, N. ve TURAN, B., Flood Forecasting and Analysis within the Ulus Basin, Turkey, Using Geographic Information Systems, Natural Hazards, 39, 213-229, 2006.
- [32] MACHADO, M.S., AHMAD, S., "Flood Hazard Assessment of Atrato River in Colombia", Water Resources Management, 21 (3): 591-609 (2006).
- [33] DURAN C, DABAN F., "Hava LIDAR (Light Detection And Ranging) Verilerin Jeomorfolojik Ve Ekolojik Ortam Analizlerinde Kullanım Olanakları", Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon, 1, 2, 2007.
- [34] GUTRY-KORYCKA, M., MAGNUSZEWSKI, A., SUCHOZBRSKI, J., JAWORSKI, W., MARCINKOWSKI, M., SZYDLOWSKI, M., "Numerical Estimation of Flood Zones in the Vistula River Valley, Warsaw, Poland", Climate Variability and Change - Hydrological Impacts, IAHS Publication, 308: 191-195, 2007.

- [35] ÖZDEMİR, H., “Havran Çayı Havzası’nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi”, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 3-8, 2007.
- [36] HARDMEYER, K., SPENCER, M.A., “Using Risk-Based Analysis and Geographic Information Systems to Assess Flooding Problems in an Urban Watershed in Rhode Island”, *Environ Manage*, 39: 563-574, 2007.
- [37] ALHO, P., ROBERTS, M.J., KAYHKO, J., “Estimating the Inundation Area of a Massive, Hypothetical Jokulhlaup From Northwest Vatnajokull, Iceland”, *Natural Hazards*, 41 (1): 21-42, 2007.
- [38] SHEFFER, N.A., RICO, M., ENZEL, Y. “The Palaeoflood Record of The Gardon River, France: A Comparison With The Extreme 2002 Flood Event”, *Geomorphology*, 98
- [39] BALABANOVA, S., KOSHINCHANOV, G., DIMITROV, D., “GIS Tools and Hydraulic Modeling Usage in Flood Simulation Via DHI Mike 11 Platform (On the Example of Novi Iskar Area)”, *Edirne Taşkın Konferansı*, 143 , 2008.
- [40] ÖZDEMİR, H., Havran Çayı’nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6(1), 41-52., 2008.
- [41] LASTRA J., FERNANDEZ, E., DIEZ-HERRERO, A., MARQUINEZ, J., “Flood Hazard Delineation Combining Geomorphological and Hydrological Methods: An Example in the Northern Iberian Peninsula”, *Natural Hazards*, 45: 277-293, 2008.
- [42] AGGETT, G.R., WILSON, J.P., “Creating and Coupling a High-Resolution DTM with a 1-D Hydraulic Model in a GIS for Scenario-Based Assessment of Avulsion Hazard in a Gravel-Bed River”, *Geomorphology*, 113: 21-34, 2009.
- [43] COOK, A., MERWADE, V., “Effect of Topographic Data, Geometric Configuration and Modeling Approach on Flood Inundation Mapping”, *Journal of Hydrology*, 377: 131–142, 2009.
- [44] AKAR, I., MAKTAV, D., KALKAN, K., ÖZDEMİR, Y., “Determination of Land Use Effects on Flood Risk by Using Integration of GIS and Remote Sensing”, *RAST 2009: Proceedings of the 4th International Conference on Recent Advances In Space Technologies*, 23-26, 2009.
- [45] SÖNMEZ O., “Nehirlerde 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi ve Taşkın Haritalarının Oluşturulması”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.

- [46] ÖZCAN, O., “Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama Ve Cbs İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [47] ÖZDEMİR H., Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS Ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın Ve Heyelan Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İSTANBUL, 2007
- [48] DOĞAN, A., 2004. Sakarya Havzası (Plio-Kuvaterner) Güney Kesimi Holosen İstifinin Sedimanter Özellikleri ve Jeolojik Evrimi, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [49] Sakarya, 2004. Sakarya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Sakarya İl Çevre Durum Raporu, Sakarya, Türkiye, 2004.
- [50] USACE., Engineering and Design Hydrologic Frequency Analysis, Department of Army, EM-1110-2-1415, USA, 1993.
- [51] ANLI, A.. Giresun Aksu havzası maksimum akımlarının frekans analizi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1), 99-106. 2006.
- [52] BAYAZIT M., ÖNÖZ B., Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, ISBN 978-605-395-142-1, Nobel, ANKARA, Ekim 2008

ÖZGEÇMİŞ

Fatma Demir, 16.02.1987 de Ağrı' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ağrı'da tamamladı. 2010 yılında Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2012 yılı Şubat ayında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladı. 2010 yılında Iğdır Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Hidrolik anabilim dalında araştırma görevlisi olarak akademik kariyerine başlamış olup 2012 Temmuz ayında yüksek lisans öğrenimini tamamlaması için görevlendirme ile Sakarya Üniversitesine geçmiş ve halen bu üniversitede görevine devam etmektedir.