T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

CEVİZDERE HAVZASININ SAYISAL MODELLEME SİSTEMLERİNE DAYALI TAŞKIN ANALİZİ VE TAŞKIN ZARARLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

NESLİHAN BEDEN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2019

TEZ ONAYI

Neslihan BEDEN tarafından hazırlanan "Cevizdere Havzasının Sayısal Modelleme Sistemlerine Dayalı Taşkın Analizi ve Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi" adlı tez çalışması 14/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğretim Üyesi Aslı ÜLKE KESKİN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Dr. Öğretim Üyesi Aslı ÜLKE KESKİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Turgay PARTAL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Aziz ŞİŞMAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU
Necmettin Erbakan Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Murat KANKAL
Uludağ Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım. …/…/2019

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

Her hakkı saklıdır.

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

14.01.2019

Neslihan BEDEN

ÖZET

Doktora Tezi

CEVİZDERE HAVZASININ SAYISAL MODELLEME SİSTEMLERİNE DAYALI TAŞKIN ANALİZİ VE TAŞKIN ZARARLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Neslihan BEDEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Aslı ÜLKE KESKİN

Bu tez sayısal modelleme sistemleri ile taşkın analizi yapmayı ve taşkın zararlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma alanı olarak Doğu Karadeniz havzasının batı kısmında, Ordu ilinin Ünye ilçesinde yer alan Cevizdere Havzası seçilmiştir. Taşkın debilerinin hesabında akım verilerinin yetersiz olması sebebiyle yağış verilerine olasılık dağılımları uygulanmış ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk testine göre en iyi uyan dağılım elde edilmiştir. Taşkın hidrograflarının elde edilmesinde Mockus, DSİ Sentetik ve Snyder yöntemleri kullanılmıştır. DSİ Sentetik yöntemi ile hidrografları hazırlanan Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debileri taşkın modellemesinde kullanılmıştır. Dere yatağı pürüzlülük katsayısının hesaplanmasında Cowan Yöntemi uygulanmıştır. Sayısal modellemede altlık olarak 1/1000'lik sayısallaştırılmış topoğrafya haritalarına arazi alımları ilave edilerek hazırlanmış sayısal yükseklik verileri kullanılmıştır. Taşkın analizi bir boyutlu MIKE 11 ve iki boyutlu MIKE 21 modülleri ile gerçekleştirilmiştir. 1B model ile Cevizdere enkesitlerinin yeterliliği irdelenmiş, 2B model ile debilerin araziye yayılımları elde edilmiştir. MIKE 21 ile elde edilen sonuçlar ArcGIS 10.x programı ile düzenlenerek Cevizdere Havzası mansap bölgesinde Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debileri için taşkın haritaları üretilmiştir. Çalışma alanının Q_{50}'de %19.75, Q_{100}'de %23.0, Q_{500}'de %30.0 ve Q_{1000}'de %32.25 oranında taşkınlardan etkilendiği görülmüştür. Bu etkinin boyutlarını irdelemek amacıyla Huizinga, van Eck ve Kok, ICBR ile Pistrika ve Jonkman'ın zarar hesaplama yöntemleri uygulanmıştır. En yüksek zararlar Pistrika ve Jonkman'ın yöntemi ile hesaplanmıştır.

Ocak 2019, 170 sayfa

Anahtar Kelimler: Cevizdere havzası, Sayısal modelleme, MIKE 11, MIKE 21, Taşkın haritaları, Taşkın zararlarının tahmini

ABSTRACT

Doctoral Dissertation

FLOOD ANALYSIS OF THE CEVIZDERE BASIN WITH NUMERICAL MODELING SYSTEMS AND THE ASSESSMENT OF THE FLOOD DAMAGES

Neslihan BEDEN

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Aslı ÜLKE KESKİN

The aim of this thesis is to conduct flood analysis with digital modeling systems and to estimate the flood damages. Cevizdere basin which located in the western part of the eastern Black Sea basin, in the Ünye district of the Ordu province was selected as study area. Due to insufficient flow data for the calculation of flood discharges, probability distributions were applied to precipitation data and best fitting distrubition was observed with the Kolmogorov-Smirnov goodness of fit test. Mockus, DSI Synthetic and Snyder methods were used to obtain flood hydrographs. The Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} and Q_{1000} discharges which calculated by DSI Synthetic method were used in flood modeling. Cowan Method was applied to calculate the stream bed roughness coefficient. Digital elevation data which obtained with adding land surveys to digitized topography maps of 1/1000 was used as the base map in numerical modeling. One-dimensional MIKE 11 and two-dimensional MIKE 21 modules were used in flood analysis. 1D model used for determination the sufficiency of Cevizdere cross sections and the 2D model used for determination of the inundation areas. The results obtained with MIKE 21 were prepared with ArcGIS 10.x program and flood maps were produced for Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} and Q_{1000} discharges in Cevizdere downstream region. The study area is affected at the flow rate of Q_{50} by 19.75%, at Q_{100} flow rate by 23.0%, at Q_{500} flow rate by 30.0% and at Q_{1000} flow rate by 32.25%. In order to examine the dimensions of this effect, Huizinga, van Eck and Kok, ICBR, Pistrika and Jonkman's damage methods were applied. The highest damages were observed with Pistrika and Jonkman’s method.

January, 2019, 170 pages

Key Words: Cevizdere basin, Numerical analysis, MIKE 11, MIKE 21, Flood maps, Estimation of flood damages

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimin tüm safhalarında benimle birlikte mücadele eden ve beni en iyi şekilde yönlendiren, hiçbir zaman bana arkasını dönmeyen, sabırla her şartta yanımda olan ve bir abla gibi elimden tutan kıymetli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Aslı ÜLKE KESKİN'e en derin teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimleri ile bana her zaman yol gösteren ve tezime çok büyük katkıları olan değerli hocalarım Doç. Dr. Turgay PARTAL ve Doç. Dr. Aziz ŞİŞMAN'a teşekkürü borç bilirim.

Tez savunma jürimde bulunmalarından onur duyduğum, tezime kısa sürede büyük katkılar veren değerli hocalarım Doç. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU ve Doç.Dr. Murat KANKAL'a teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince bana sabır gösteren ve desteklerini esirgemeyen kıymetli görev arkadaşlarım, Samsun Üniversitesi Kavak MYO ailesine, özellikle bana ablalık ve ağabeylik eden, omuz veren Öğr.Gör. Funda KAYLAR ile Öğr.Gör.İsmail BALKABAK ve Öğr.Gör.M.Muhammed ÇİFTÇİ'ye çok teşekkür ederim.

Tezin CBS ile taşkın haritalarının hazırlanması aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli çalışma arkadaşım Öğr.Gör. Fatih OCAK'a ayrıca teşekkür ederim.

MIKE yazılımının akademik versiyonunu temin edebilmemizi sağlayan, sayısal taşkın modellemesi ile ilgili problemlerimize her zaman çözüm üreten DHI Türkiye ofisi SUMODEL firması çalışanlarına, özellikle Yönetim Kurulu Başkanı Dr. Serdar SÜRER ile Finansman ve Satış Danışmanı Çev. Müh. Fercan SÜRER'e teşekkür ederim.

Tezde kullanılan verileri sağlayan DSİ 7. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi, İzleme ve Tahsisler Şubesi'ne, özellikle Hrt. Müh. Ahmet ÜNAL, Met. Müh. Musa KUKUL ve Met. Müh. İmdat KARAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Zorlu arazi çalışmalarımızda bizi yalnız bırakmayan, DSİ 71. Şube Müdürlüğü çalışanı değerli büyüğüm Hrt. Tek. Fahri Kemal GÖKTAŞ'a minnettarım.

Hayattaki en büyük dayanağım ve en kıymetlilerim; canım ailem, fedakar annem, fedakar babam, en büyük teşekkürüm sizedir, bugünlerim sizin eserinizdir.

Bu tez çalışması anne ve babama adanmıştır.

Ocak, 2019, Samsun

Neslihan BEDEN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR vi
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
1.1. Taşkın ve Taşkın Türleri 1
1.1.1. Ani taşkınlar 2
1.1.2. Nehir taşkınları 2
1.1.3. Kıyı taşkınları 3
1.1.4. Şehir taşkınları 4
1.1.5. Kar erimesi taşkınları 4
1.2. Taşkınları Meydana Getiren Sebepler 5
1.2.1. Havzanın meteorolojik özellikleri 5
1.2.2. Havzanın yapısal özellikleri 6
1.2.3. İnsan kaynaklı sebepler 8
1.3. Taşkınların Etkileri 9
1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı 12
2. KAYNAK ÖZETLERİ 15
3. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ 28
3.1. Yapısal Özellikler 30
3.1.1. Topoğrafya 30
3.1.2. Eğim ve bakı 30
3.1.3. Zemin ve bitki örtüsü 32
3.1.4. Jeoloji ve tektonik 33
3.2. İklim Özellikleri 33
3.2.1. Yağış 33
3.2.2. Sıcaklık 35
3.3. Ünye'de Yaşanmış Tarihi Taşkınlar 36
4. MATERYAL 40
4.1. Akım Verileri 40
4.2. Meteorolojik Veriler 41
4.3. Topoğrafya Verileri 41
5. YÖNTEM 43
5.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları ile Taşkın Debilerinin Hesabı 43
5.1.1. Normal dağılım 43
5.1.2. İki parametreli Log-Normal dağılım 44
5.1.3. Üç parametreli Log-Normal dağılım 45
5.1.4. Gumbel dağılımı 46
5.1.5. Pearson Tip-III dağılımı 46
5.1.6. Log-Pearson Tip-III dağılımı 48
5.1.7. Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi 48
5.2. Noktasal Taşkın Frekans Analizi 49

5.3. Sentetik Yöntemler ile Taşkın Hidrograflarının Elde Edilmesi 49
5.3.1. Mockus yöntemi 49
5.3.2. DSİ sentetik yöntemi 51
5.3.3. Snyder yöntemi 52
5.4. Cowan Yöntemi ile Yatak Pürüzlülük Katsayılarının Bulunması 53
5.5. Hidrolik Modelleme Yaklaşımı 54
5.5.1. MIKE 11 55
5.5.2. MIKE 21 57
5.6. Taşkın Haritalarının Üretilmesi 60
5.6.1. Taşkın yayılım haritaları 64
5.6.2. Taşkın derinlik haritaları 64
5.6.3. Su hızı haritaları 64
5.6.4. Taşkın tehlike seviyesi haritaları 65
5.6.5. Taşkın risk haritaları 66
5.7. Taşkın Zararlarının Tahmini 68
6. BULGULAR VE TARTIŞMA 73
6.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları Sonuçları 73
6.1.1. Akım verileri ODF sonuçları 73
6.1.2. Yağış verileri ODF sonuçları 74
6.2. Noktasal Taşkın Frekansı Analiz Sonuçları 78
6.3. Sentetik Yöntem Sonuçları 78
6.3.1. Mockus yöntemi sonuçları 78
6.3.2. DSİ sentetik yöntemi sonuçları 79
6.3.3. Snyder yöntemi sonuçları 80
6.4. Cowan Metodu Sonuçları 81
6.5. Hidrolik Modelleme Sonuçları 83
6.5.1. Model altyapılarının hazırlanması 83
6.5.2. MIKE 11 modelleme sonuçları 91
6.5.3. MIKE 21 ile modelleme sonuçları 97
6.6. Taşkın Haritaları 99
6.6.1. Taşkın yayılım haritası 101
6.6.2. Taşkın derinlik haritaları 102
6.6.3. Su hızı haritaları 105
6.6.4. Taşkın tehlike seviyesi haritaları 108
6.7. Taşkın Zararlarının Tahmini 121
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 129
KAYNAKLAR 133
EKLER 143
EK 1 CLC RİSK SINIFLARI 143
EK 2 ÇALIŞMA ALANI THIESSEN POLİGONLARI 144
EK 3 CEVİZDERE İÇİN TAŞKIN HİDROGRAFLARI 145
EK 4 n_0 DEĞERLERİ 146
EK 5 n_1, n_2, n_3, n_4 ve m DEĞERLERİ 147
EK 6 MIKE 11 Q_{100} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT 148
EK 7 MIKE 11 Q_{500} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT 149
EK 8 MIKE 11 Q_{1000} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT 150
ÖZGEÇMİŞ 151

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

$\bar{x}$	: Ortalama
°C	: Santigrad
A	: Alan
C_{sx}	: Çarpıklık katsayısı
C_{vx}	: Değişim katsayısı
D_{50}	: Ortalama dane çapı
Q_{baz}	: Baz akım
Q_{max}	: Maksimum debi
Q_{min}	: Minimum debi
μ_x	: Ortalama
σ_x	: Standart sapma

KISALTMALAR

0B	: Boyutsuz
1B	: Bir Boyutlu
1B/2B	: Bir ve İki Boyutlu Bütünleşik
2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CLC	: CORINE Land Cover
CORINE	: Coordination of Information on the Environment
DEFRA	: Department for Environment Food and Rural Affairs
DHI	: Danish Hydraulic Institute
DMİ	: Devlet Meteoroloji İstasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
EM-DAT	: Emergency Events Database
ESRI	: Environmental Systems Research Institute
EV	: Extreme Value
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
FIA	: Federal Insurance Administiration
G	: Gumbel Dağılımı
GEV	: General Extreme Value

GIS	: Georgraphic Information Systems
HEC-RAS	: Hydrologic Engineering Center- River Analysis System
KS	: Kolmogorov-Smirnov Uyumluluk Testi
LN2	: 2 Parametreli Log-Normal Dağılım
LN3	: 3 Parametreli Log-Normal Dağılım
LP3	: Log-Pearson Tip-III Dağılımı
N	: Normal Dağılım
NTFA	: Noktasal Taşkın Frekans Analizi
ODF	: Olasılık Dağılım Fonksiyonu
OSKİ	: Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi
P3	: Pearson Tip-III Dağılımı
PLV	: Plüvyograf
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TABB	: Türkiye Afet Bilgi Bankası
TCK	: Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YADK	: Yağış Alanı Dağılım Katsayısı
YAMA	: Yılda Anlık Maksimum Akım

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 2017 yılı İstanbul ili ani taşkını 2

Şekil 1.2. 2015 yılı Meriç nehri taşkını 3

Şekil 1.3. 2014 yılı Giresun ili kıyı taşkını 4

Şekil 1.4. 2012 yılı Samsun/Atakum şehir taşkını 4

Şekil 1.5. Türkiye'de 1975-2015 taşkın sayılarının yıllara göre dağılımı 11

Şekil 1.6. Türkiye'de 1975-2015 taşkınlarında oluşan can kayıpları dağılımı 11

Şekil 1.7. Türkiye'de 1975-2015 taşkınlarında su basan alanların dağılımı 12

Şekil 3.1. Çalışma bölgesinin yer bulduru haritası 28

Şekil 3.2. Ünye Limanı ve planlanan konteyner limanı 29

Şekil 3.3. 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nda çalışma alanı 30

Şekil 3.4. Cevizdere eğim haritası 31

Şekil 3.5. Cevizdere bakı haritası 32

Şekil 3.6. Ünye DMİ aylık ortalama yağış grafiği 34

Şekil 3.7. Ünye DMİ aylık ortalama sıcaklık grafiği 35

Şekil 3.8. 2018 Cevizdere taşkınında mansap bölgesinde durum 37

Şekil 3.9. 2018 Cevizdere taşkını sağ sahil mansap bölgesi, kömürcüler mevkii . 37

Şekil 3.10. Yıkılan Ordu-Samsun eski karayolu köprüsü 38

Şekil 3.11. Yıkılan Ordu-Samsun ana karayolu köprüsü 38

Şekil 3.12. 2018 taşkını sırasında Atıksu Arıtma Tesisi ve Karayolları Bakımevi. 39

Şekil 3.13. 2018 taşkınında denize sürüklenen fındığın oluşturduğu görüntü 39

Şekil 4.1. Çalışma alanında bulunan AGİ ve DMİ yerleri 40

Şekil 4.2. Cevizdere üzerinde çalışma alanında yer alan köprüler 42

Şekil 5.1. MIKE 11 hesap şeması 56

Şekil 5.2. MIKE 11 bileşenleri arasındaki bağlantılar 56

Şekil 5.3. Taşkın tehlikesi ve risk hesaplamaları için izlenen yöntemler 61

Şekil 5.4. Huizinga (2007)'nın derinlik-hasar eğrileri 70
Şekil 5.5. van Eck ve Kok (2001)'in derinlik-hasar eğrileri 71
Şekil 5.6. ICBR (Anonim, 2001a)'in derinlik-hasar eğrileri 71
Şekil 6.1. Ünye DMİ yağış-süre-tekerrür eğrileri 77
Şekil 6.2. DSİ sentetik yöntemi ile bulunan birim hidrograf 80
Şekil 6.3. Google Earth haritası üzerinde numune alınan noktalar 82
Şekil 6.4. MIKE HYDRO'da enkesitlerin hazırlanması 83
Şekil 6.5. Akarsu güzergahı ve enkesitler 84
Şekil 6.6. MIKE 11 model kurulumu 85
Şekil 6.7. MIKE 11 arayüz dosyalarının girilmesi 85
Şekil 6.8. MIKE 11 enkesit arayüzü 86
Şekil 6.9. MIKE 11 sınır koşulları arayüzü 86
Şekil 6.10. MIKE 11 hidrodinamik parametre arayüzü 87
Şekil 6.11. MIKE 21 çalışma ekranı 87
Şekil 6.12. Esnek sayısal ağ yapısı 88
Şekil 6.13. 2018 taşkını sırasında TCK Samsun-Ordu ana karayolu köprüsü 89
Şekil 6.14. 2018 taşkını sırasında eski Samsun-Ordu karayolu köprüsü 90
Şekil 6.15. 2018 taşkını sırasında Binicilik Tesisleri yakınında bulunan köprü 90
Şekil 6.16. Model sonuçları ile 2018 taşkını sonuçlarının kıyaslanması 91
Şekil 6.17. Q_{50} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 92
Şekil 6.18. Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 92
Şekil 6.19. Q_{500} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 93
Şekil 6.20. Q_{1000} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 93
Şekil 6.21. MIKE 11'de Q_{50} için yapılı (a) ve yapısız (b) boykesit durumu 94
Şekil 6.22. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 97
Şekil 6.23. Q_{500} ve Q_{1000} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları 98
Şekil 6.24. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen akım hızı sonuçları 98

Şekil 6.25. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen akım hızı sonuçları 98
Şekil 6.26. MIKE Zero arayüzü 99
Şekil 6.27. ArcGIS çalışma alanı 100
Şekil 6.28. ArcGIS'de harita bilgilerinin girilmesi 100
Şekil 6.29. Taşkın yayılım haritası 101
Şekil 6.30. Q_{50} için taşkın derinlik haritası 102
Şekil 6.31. Q_{100} için taşkın derinlik haritası 103
Şekil 6.32. Q_{500} için taşkın derinlik haritası 104
Şekil 6.33. Q_{1000} için taşkın derinlik haritası 105
Şekil 6.34. Q_{50} için su hızı haritası 106
Şekil 6.35. Q_{100} için su hızı haritası 106
Şekil 6.36. Q_{500} için su hızı haritası 107
Şekil 6.37. Q_{1000} için su hızı haritası 107
Şekil 6.38. Q_{50} için taşkın tehlike seviyesi haritası 108
Şekil 6.39. Q_{100} için taşkın tehlike seviyesi haritası 109
Şekil 6.40. Q_{500} için taşkın tehlike seviyesi haritası 109
Şekil 6.41. Q_{1000} için taşkın tehlike seviyesi haritası 110
Şekil 6.42. DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike alanlarının dağılımı (%) 111
Şekil 6.43. Q_{50} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası 111
Şekil 6.44. Q_{100} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası 112
Şekil 6.45. Q_{500} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası 112
Şekil 6.46. Q_{1000} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası 113
Şekil 6.47. Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%) 114
Şekil 6.48. Q_{50} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 114
Şekil 6.49. Q_{100} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 115
Şekil 6.50. Q_{500} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 115
Şekil 6.51. Q_{1000} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 116

Şekil 6.52. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%) 117
Şekil 6.53. Q_{50} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası..... 117
Şekil 6.54. Q_{100} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 118
Şekil 6.55. Q_{500} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 118
Şekil 6.56. Q_{1000} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası 119
Şekil 6.57. Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%)..... 120
Şekil 6.58. Farklı yöntemlerin taşkın zarar sonuçlarının kıyaslanması 127
Şekil 6.59. Tekerrür süresinin bölgesel olarak ve tüm çalışma alanında etkisi ... 128

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye'de 1975-2015 yılları arasındaki taşkın olayları ve etkileri... 10

Çizelge 3.1. 17624 Ünye DMİ aylık ortalama yağışlar (mm) 34

Çizelge 3.2. 17624 Ünye DMİ aylık ortalama yağışların mevsimsel dağılımı..... 34

Çizelge 3.3. 17624 Ünye DMİ aylık sıcaklıklar (ºC)..... 35

Çizelge 4.1. Çalışma alanı AGİ'lerine ait özellikler..... 40

Çizelge 4.2. Çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonları ve özellikleri 41

Çizelge 4.3. Cevizdere üzerinde yer alan köprülerin özellikleri..... 42

Çizelge 5.1. DEFRA Yöntemi'ne göre moloz faktörleri çizelgesi 66

Çizelge 5.2. DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike seviyeleri ve tanımları 66

Çizelge 5.3. Dinh vd (2012)'ye göre taşkın risk sınıflandırması 67

Çizelge 5.4. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk sınıflandırması..... 67

Çizelge 5.5. Kılavuz Yöntemi'ne göre hasar büyüklüğü 68

Çizelge 6.1. Duraklı AGİ temel istatistikleri 73

Çizelge 6.2. Duraklı AGİ'de hesaplanan taşkın pik debileri (m^3/s)..... 73

Çizelge 6.3. Duraklı AGİ KS testi sonuçları..... 74

Çizelge 6.4. Meteoroloji istasyonları Thiessen oranları (%)..... 74

Çizelge 6.5. Meteoroloji istasyonlarının temel istatistikleri 74

Çizelge 6.6. Kumru DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm) 75

Çizelge 6.7. Ünye DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm)..... 75

Çizelge 6.8. Akkuş DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm) 75

Çizelge 6.9. Kumru DMİ KS testi sonuçları..... 76

Çizelge 6.10. Ünye DMİ KS testi sonuçları..... 76

Çizelge 6.11. Akkuş DMİ KS testi sonuçları..... 76

Çizelge 6.12. Cevizdere Havzası için günlük noktasal yağış tekerrür değerleri (mm) 77

Çizelge 6.13. Ünye DMİ için yinelenmeli saatlik yağış değerleri 77
Çizelge 6.14. NTFA Yöntemi sonuçları 78
Çizelge 6.15. Mockus yöntemi sonuçları 79
Çizelge 6.16. DSİ sentetik yöntemi sonuçları 80
Çizelge 6.17. Snyder yöntemi sonuçları 81
Çizelge 6.18. Hesaplanan taşkın debilerinin kıyaslanması 81
Çizelge 6.19. Numune alınan noktaların yerleri 82
Çizelge 6.20. Elek analizi sonucunda elde edilen D_{50} çapları (mm) 82
Çizelge 6.21. Cowan yöntemi için seçilen parametreler ve hesaplanan n katsayıları 82
Çizelge 6.22. Çizilen nehir güzergahına göre köprü yerleri 84
Çizelge 6.23. MIKE 11 su yüzü kotları (m) 96
Çizelge 6.24. Taşkın yayılımlarından etkilenen alanlar 101
Çizelge 6.25. Q_{50} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha) 102
Çizelge 6.26. Q_{100} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha) 103
Çizelge 6.27. Q_{500} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha) 104
Çizelge 6.28. Q_{1000} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha) 104
Çizelge 6.29. Tüm debiler için DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike alanları (ha) 110
Çizelge 6.30. Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk alanları (ha) 113
Çizelge 6.31. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk alanları (ha) 116
Çizelge 6.32. Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk alanları (ha) 119
Çizelge 6.33. Tüm yöntemler için taşkın risk alanları (%) 120
Çizelge 6.34. Taşkın etkisinde kalan yapıların maliyetleri 122
Çizelge 6.35. Huizinga (2007)'ya göre toplam taşkın zarar tahmini 123
Çizelge 6.36. Huizinga (2007) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi 123
Çizelge 6.37. van Eck ve Kok (2001)'a göre toplam taşkın zarar tahmini 124
Çizelge 6.38. van Eck ve Kok (2001) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi 124

Çizelge 6.39. ICBR Yöntemi'ne göre toplam taşkın zarar tahmini 125

Çizelge 6.40. ICBR Yöntemi sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi 125

Çizelge 6.41. Pistrika ve Jonkman (2010)'a göre toplam taşkın zarar tahmini ... 126

Çizelge 6.42. Pistrika ve Jonkman (2010) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi . 126

Çizelge 6.43. Çalışma alanı için tüm yöntem sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi 127

1. GİRİŞ

Taşkınlar, bölgelerin iklim şartlarına, geoteknik ve topoğrafik niteliklerine bağlı olarak gelişen doğal oluşumlardır. Ancak taşkınlarda insan aktivitelerinin etkisi de yadsınamayacak bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda küresel çapta taşkın afetlerinin sayısı ve şiddetinde yaşanan artışla orantılı olarak ülkemizde de Doğu ve Orta Karadeniz Bölgeleri kıyı kesimlerinde iklim değişikliğinin de etkisi ile taşkınların sayısında ve şiddetinde artışlar görülmektedir (Ülke vd, 2017; Beden ve Ülke, 2018).

1.1. Taşkın ve Taşkın Türleri

Taşkın; bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşıp, çevresinde bulunan arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermesidir. Taşkınlar gerçekleştiği bölgede ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan küresel ve doğal bir olaydır (Anonim, 2017).

Literatürde taşkınlar için değişik sınıflandırma ve tanımlar bulunmaktadır. Örneğin Avrupa Taşkın Direktifi'nde taşkınlar; kanalizasyon sistemlerinden kaynaklananlar dışında, normal olarak suyla kaplı olmayan zeminin su ile geçici olarak kaplanması şeklinde tanımlanırken (Anonim, 2007), sigorta sözleşmelerinde ise yüzeydeki yoğun yağışların normal sınırları aşması sonucu arazinin suyla geçici olarak kaplanması olarak tanımlanmaktadır (Kron, 2002).

Perry (2000), Berz vd (2001), Kron (2002) ve Jonkman (2005) taşkınları nehir taşkınları, ani taşkınlar ve kıyı taşkınları olmak üzere üç genel gruba ayırırken, bunun dışında, diğer daha az yaygın taşkın tipleri olan; buzul taşkınları, baraj ve set yıkılması taşkınları, moloz, heyelan ve çamur taşkınlarından da çalışmalarında bahsetmişlerdir.

Dünya Meteoroloji Örgütü'ne göre ise taşkınlar en genel haliyle; ani taşkınlar, nehir taşkınları, kıyı taşkınları, şehir taşkınları, kar erimesinin neden olduğu taşkınlar ile buz ve moloz hareketlerinin neden olduğu taşkınlar şeklinde sınıflandırılmıştır (Anonim, 2008).

1.1.1. Ani taşkınlar

Çok şiddetli yağışlar, bulut patlamaları, toprak kaymaları, buz kütlelerinin ani hareketleri, baraj yıkılmaları ya da yüksek kotlardan harekete geçen yüzeysel akışın çok hızlı biçimde alçak kotlara ilerlemesi sonucu ani taşkınlar meydana gelmektedir (Anonim, 2008). Ani taşkınlar meydana geldiği alanda ağır hasarlar meydana getirmesinin yanında hem sediment taşınımına hem de heyelanlara neden olabilmektedir. Ani taşkınlardan korunmaya yönelik risk planlamalarında, meteorolojik verilerin gerçek zamanlı takibi ve arazi kullanım bilgisi büyük önem taşımaktadır (Kourgialas ve Karatzas, 2010). Şekil 1.1'de 18 Temmuz 2017 tarihinde İstanbul Silivri'de yoğun yağış sonucunda meydana gelen ani taşkına ait fotoğraf görülmektedir (Anonim, 2018a).

Şekil 1.1. 2017 yılı İstanbul ili ani taşkını

1.1.2. Nehir taşkınları

En yaygın olan taşkın türüdür. Şiddetli yağışlar, kar ve buz erimelerin tetiklediği nehir akımının ana yatak kapasitesini aşarak, taşması olayıdır. Zeminin geçirimliliği, yüzeyi kaplayan bitki örtüsü, arazi kullanım şekli nehir taşkınlarının büyüklük ve şiddetini önemli ölçüde etkilemektedir. Nehirleri çevreleyen düzlükler genellikle verimli topraklar ve yerleşime elverişli alanlar olduğundan, nehir havzalarında yoğun yapılaşma olmaktadır. Bu da yerleşim yoğunluğuna paralel olarak, taşkınların neden olacağı hasarı arttırmaktadır (Anonim, 2008). Şekil 1.2'de, 3 Şubat 2015 yılında Edirne Meriç nehrinde meydana gelen taşkına ait fotoğraf görülmektedir. Taşkında

2200 m^3/s debi ölçülmüş ve Edirne şehri hem sosyal hem de ekonomik anlamda oldukça büyük zarar görmüştür (Anonim, 2018b).

1.1.3. Kıyı taşkınları

Fırtına dalgaları ve yüksek gelgitler ile bir araya gelen yüksek rüzgarlar bu tip taşkınlara sebep olmaktadır. Kıyı taşkınlarında güçlü ve yüksek dalgalar, çok büyük su kütlelerinin kıyıya doğru hareketine neden olurlar. Bu nedenle kıyı taşkınlarında meydana gelen zararlar oldukça büyüktür (Arenal vd, 1998). Ayrıca kıyı taşkınlarının tetiklediği yüksek dalgalar nehir ve drenaj sistemlerinin deşarjına engel olarak nehir ve şehir taşkınlarının da yaşanmasına neden olabilmektedir. Dalgalanma, denize akan bir nehrin ağzının yakınında gerçekleşirse, akıntıya bağlı olarak nehir deşarjı tıkanır ve bu da kıyı alanlarının üzerinde ve yakınında şiddetli taşkınlara neden olur. Deniz altı depremlerinden kaynaklanan tsunamiler, şiddetli kıyı taşkınlarının nadir bir nedenidir (Sönmez, 2013). Şekil 1.3'de 24 Eylül 2014 tarihinde Giresun'da şiddetli fırtına ve yüksek dalgalar nedeniyle meydana gelen ve Karadeniz sahil yolunun Giresun kesiminin bir süre kapanmasına neden olan kıyı taşkınına ait bir fotoğraf görülmektedir (Anonim, 2018c).

Şekil 1.2. 2015 yılı Meriç nehri taşkını

Şekil 1.3. 2014 yılı Giresun ili kıyı taşkını

1.1.4. Şehir taşkınları

Yoğun yapılaşmanın bulunduğu alanlarda yüzeylerin geçirimsiz malzemeler ile kaplı olması, şiddetli yağışlar ve fırtınalar sırasında yüzeysel akışı artırır. Bu durum alt yapı tesislerinin kapasitesinin aşılmasına neden olur (Anonim, 2008). Şekil 1.4'te 7 Temmuz 2012 tarihinde Samsun'un Atakum ilçesinde meydana gelen, dere yataklarında yapılaşma ve altyapı yetersizliğinin sebep olduğu şehir taşkınına ait bir fotoğraf verilmiştir (Ülke vd, 2013).

Şekil 1.4. 2012 yılı Samsun/Atakum şehir taşkın

1.1.5. Kar erimesi taşkınları

Hızlı kar erimesi özellikle ilkbahar aylarında güneyden gelen sıcak hava hareketlerinin etkisi ile bazen taşkınları ortaya çıkabilir. Türkiye'de Doğu ve Güneydoğu

Anadolu'daki taşkınların en önemli sebeplerinden birisi budur. Ilık yağmurlara maruz kalan karlı tepelerde taşkın pik 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 (Şen, 2009).

Bunlar dışında bir de buz ve moloz hareketlerinin neden olduğu taşkınlar bulunmaktadır. Mevsimlik olarak erime meydana gelen bölgelerde, eriyen buzul suları nehirlerde birikir ve civardaki nehir seviyelerini yükselterek taşkınlara neden olurlar. Sarp bölgelerde hem kar erimeleri hem de yoğun yağışlar nedeniyle toprak kaymaları ve moloz hareketleri meydana gelebilir. Bunlar aşağı yönde hareket ederken akarsuların kesitlerinde daralmalara yol açarak şiddetli taşkın olaylarını meydana getirebilirler (Anonim, 2008).

1.2. Taşkınları Meydana Getiren Sebepler

1.2.1. Havzanın meteorolojik özellikleri

Taşkınlara neden olan meteorolojik faktörler; yağışlar, sıcaklık, buharlaşma, rüzgar, nem ve basınçtır.

Yağışlar şiddet, süre ve meydana geliş şekilleri itibariyle taşkın oluşumuna etki etmektedir. Şiddetli yağışlarda sızma için yeterli zamanın kalmaması yüzeysel akışı arttıracağından taşkınları arttırıcı rol oynamaktadır. Sabit şiddetteki bir yağışın süresi arttıkça meydana getireceği taşkının büyüklüğü; toplama havzasının büyüklüğüne, toplanma süresine ve havzanın diğer özelliklerine bağlı olarak bir limite ulaşır ve yağışın süresi sonsuz olsa da taşkının hacmi büyümesine rağmen, taşkın pikinde değişme görülmez. Yağış şiddetinin değişken olduğu durumlarda, pik en büyük değerine en şiddetli yağış periyodunda ulaşır. Bir bölgeye düşecek olan yağışlar genellikle yağmur, kar veya dolu şeklinde olabilir. Yağmurun taşkına etkisi, toplama havzasında bulunan akarsuyun yatağını doldurduktan sonra yüzeysel akışa geçmesiyle başlamaktadır. Bu esnada havzaya düşen yağmurun bu etkisi, bitki ve toprak örtüsü tarafından tutulmakta olduğundan, fazla olmayacaktır. Ancak sızmanın nihai sızma kapasitesine eriştiği andan itibaren havzaya düşen yağmur yüzeysel akışa geçerek taşkına neden olmaktadır. Karın taşkına etkisi, erimeye başlaması ile birlikte görülür. Bu esnada yüzey altı ve yeraltı suyu miktarlarında ciddi artışlar görülür. Kar

erimesinin taşkın debisine etkisi az, pike ulaşma zamanı ve taşkın süresi ise uzundur. Dolu, genellikle yeryüzü sıcaklığının 0°C'nin üzerindeyken yağdığından, hızlı bir erime sağlar ve dolasıyla kısa sürede yüzeysel akışa dönüşebilmektedir. Bu yüzden kara göre taşkınlar üzerinde daha etkili olmaktadır (Özdemir, 1978).

Taşkına etki eden bir diğer meteorolojik faktör sıcaklıktır. Taşkın anındaki sıcaklık değişimi, oluşacak yağışın türünü etkileyeceğinden meydana gelecek olan taşkın hidrografına da etki edecektir. Sıcaklık 0ºC'nin altına düştüğünde yağış kar şeklinde, sıfırın üzerine çıktığında ise dolu veya yağmur şeklinde olacaktır. Sıcaklık, taşkın hidrografının şekline etki etmesi yani akışa geçecek olan miktarı doğrudan etkileyici bir faktör olması sebebiyle önemlidir. Türkiye'de özellikle Mart-Nisan aylarında kısa zamanda havanın ısınmasına bağlı olan kar erimesi ve şiddetli yağışların birlikte meydana gelmesi ani taşkınlara neden olmaktadır. Bu durumda; taşkının pik değerine ulaşma zamanı düşük olduğundan, yüksek eğimli bölgelerin mansabında düşük kotlarda kalan yerleşim yerleri için tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir (Uçar, 2013).

Bir diğer meteorolojik parametre olan rüzgar özellikle kar erimesindeki etkisiyle taşkını hızlandırmaktadır. Bunların yanı sıra basınç, nem gibi etkenler de taşkını dolaylı olarak etkiler.

Şiddetli yağışlar neticesinde yamaç hareketlerine meyilli taşıma gücü zayıf zeminlerde sıklıkla heyelanlar görülmektedir. Heyelanlar ile büyük toprak kitlelerinin akarsuya doğru hareketi, akarsu kesitinin daralmasına neden olarak taşkının şiddetini artırır. Akarsuda sürüklenen moloz özellikle akarsu güzergahında bulunan köprü, menfez gibi sanat yapılarının membasında birikerek akımın ilerlemesini engel olacaktır. Bu birikmeler taşkın suyunun bir su kitlesine erişmesini engelleyerek su seviyesini yükselmesine neden olur. Bu nedenle heyelanlar taşkınların şiddetini artırıcı etkiye sahiptirler.

1.2.2. Havzanın yapısal özellikleri

Drenaj alanının şekli ve eğimi

Bir alanda meydana gelecek taşkının büyüklüğü, pik değere ulaşma süresi, taşkın hacmi ve drenaj alanı ile doğru orantılıdır. Büyüklükleri ve diğer özellikleri aynı fakat

şekilleri farklı olan drenaj alanlarından gelecek taşkın hacimleri eşit olduğu halde, havzanın şekline göre taşkın debisi, pik değere ulaşma süreleri farklıdır (Özdemir, 1978). Aynı alana sahip iki drenaj alanından, eni dar boyu uzun olanda oluşacak taşkının toplanma zamanı daha uzundur, eni geniş boyu kısa olanda ise daha kısadır. Bu durum havza form sayısı ile ifade edilebilir. Havza form sayısı hesabı kuş uçuşu havza genişliğinin, kuş uçuşu havza uzunluğuna bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu sayı için eşik değer 1'dir. Form sayısı 1'e eşit ve daha fazla olan havzalarda taşkın olasılığı yüksek kabul edilir. Bir diğer yapısal faktör olan havza eğiminin taşkınlarda rolü büyüktür. Suyun zemin yüzeyindeki hızı süzülme miktarını doğrudan etkiler. Taşkın hacimleri aynı olan iki havzadan, eğimi fazla olanının taşkın debisi daha büyük, pike ulaşma ve taşkın süresi daha kısadır (Ward ve Stanley, 2006).

Depolama kapasitesi

Drenaj alanında bulunan çukurlarda yapılacak yüzey depolamaları taşkın debisinin pik değerinde önemli ölçüde düşüşe neden olacaktır. Bunun yanı sıra jeolojik yapısı karstik olan mağara vb. yapılar ise oluşan akışın bir müddet depolanmasını veya farklı bir yerden çıkmasını sağlayacak ve taşkının etkisini azaltacaktır. Sonuç olarak havza depolaması hem yüzey üzerindeki çukurlarda oluşabilirken hem de yer altı sularında depolanabilir veya yüzey altı akış ile farklı bir bölgeye transfer edilebilir. Bunların yanı sıra akarsu yatağının şekli, kollarının sıklığı, yeraltı akiferinin kapasitesi, zeminin killi veya geçirimli bir malzemeden oluşması da taşkını etkileyen doğal faktörlerdendir (Uçar, 2013).

Bitki örtüsü

Drenaj alanının bitki örtüsü, yağışın yüzeysel akışa geçinceye kadar geçen süresinde meydana gelen başlangıç kayıplarında önemli bir etkendir. Bu etki bitki örtüsünün çeşidine, sıklığına, büyüklüğüne ve hatta yapraklarının şekline bağlı olarak tutacağı yağış miktarını değiştirmektedir. Bu yüzden, bitki örtüsünün taşkınları ve erozyonu önleme bakımından etkisi büyüktür (Özdemir, 1978).

Toprak yapısı ve suya doygunluk durumu

Drenaj alanını toprak cinsi ve kalınlığının başlangıç kayıplarına etkisi bitki örtüsünden daha fazladır. Hatta toprak cinsi sızmada en önemli faktör olduğundan taşkın süresi boyunca etkisini devam ettirmektedir.

Zeminin taşkından önceki nem durumunun yüzeysel akışa etkisi büyüktür. Kuru bir zemine düşen taşkın meydana getirecek bir yağış, zeminin sızma kapasitesi yüksek olacağından yüzeysel akışa geçmeyecektir. Doygun bir zeminde ise sızma kapasitesinin düşük olması ise yağışın doğrudan yüzeysel akışa dönüşmesiyle taşkın olasılığını artıracaktır (Özdemir, 1978; Özcan, 2008).

Deniz seviyesinden yükseklik ve drenaj alanının yönü

Yüksek rakımlarda çiğ noktası düşük ve düşük çiğ noktasında havzanın su muhtevası az olduğundan bu gibi yerler, şiddetleri az ve daha uzun süreli yağışlara maruz kalmaktadırlar. Ancak yağış yönüne dik ve özellikle sahile bakan yamaçlarda rakım, yağışın devamlı beslenmesi sebebiyle, belli bir sınıra kadar yağış şiddetini arttırıcı rol oynamaktadır. Yağışın geldiği yöne dönük olan drenaj alanları, yağışın geldiği yöne arkası dönük olan drenaj alanlarından daha fazla miktarda yağış alırlar (Özdemir, 1978).

1.2.3. İnsan kaynaklı sebepler

İnsan etkisi taşkınları felaket boyutuna taşıyan en önemli sebeptir. Özellikle dere yataklarında yapılaşmaya izin verilmesi, çarpık kentleşme nedeniyle alt yapı tesislerinin yetersiz kalması, hatalı arazi kullanımı, ormanların ve bitki örtüsünün tahrip edilmesi, geçirimli yüzeylerin asfalt, beton gibi geçirimsiz yüzeylere dönüştürülmesi taşkınlara neden olan insan kaynaklı sebeplerdir (Beden vd, 2018a).

Bunların dışında baraj, gölet, sel kapanı gibi su yapıları, kendi drenaj alanlarındaki taşkını öteleyerek taşkına durdurucu yönde etki ederken, bu yapılarda meydana gelebilecek hasarlar taşkınlara neden olabilmektedir. Bu yapıların, beklenen taşkınlara olan etkileri incelenmeli ve bu duruma göre değerlendirilmelidir.

1.3. Taşkınların Etkileri

Doğal afetlerin sayısı 1940'dan beri belirgin şekilde artmaktadır ve riskli alanlarda nüfus ve yapılaşma artışı, doğal afetlerden kaynaklanan hasarı arttırmıştır (Anonim, 2012a; Munang vd, 2013). Can kaybına neden olma açısından taşkınlar; kuraklık, depremler ve fırtınalardan sonra dördüncü sırada yer almakta ve dünya çapında yaklaşık 180 milyon insanı etkilemektedir (Shamaoma, 2005; Mogollon vd, 2016). Yapılmış eğilim analiz çalışmaları büyük taşkın felaketleri ve kayıplarının büyük oranda arttığını ve artacağını ortaya koymaktadır (Berz, 2000).

Birleşmiş Milletler'in gerçekleştirdiği nüfus tahminlerine göre 7.3 milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9.7 milyar seviyesine yükselmesi buna bağlı olarak, dünya çapında kentleşme faaliyetlerinin artması beklenmektedir (Anonim, 2015a). Dünya nüfusunun üçte ikisinin 2050 yılına kadar kentsel alanlarda yaşayacağı ve öngörülen kentsel genişlemenin %90'ının Afrika ve Asya'da (Anonim, 2014a), yani genel nüfus çoğunluğunun bulunduğu ve taşkına meyilli bölgelerde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Muis vd, 2015). Özellikle insan ve mülk riskinin daha yüksek olduğu bölgelerde taşkınlar meydana gelirse, bu durum; bölge ekonomisi, sosyal yaşam ve insan hayatına dair parametrelerinin çoğunu etkileyecektir (Bellos ve Tsakiris, 2015).

EM-DAT (Emergency Events Database) verilerine göre 1960-2014 periyodunda Türkiye'de meydana gelen doğal afetler içerisinde depremler 55 vaka ve % 41.4 ile birinci sırada yer alırken, taşkınlar 35 vaka ve % 26.3'lük bir oran ile ikinci sırada yer almaktadır. Olay sayılarına paralel olarak, Türkiye'de en tahrip edici doğal afet 32,226 ölüm vakası ile depremler rapor edilmiş ve depremleri 773 ölümle sonuçlanan taşkınlar izlemiştir. TABB (Türkiye Afet Bilgi Bankası) veri tabanı aynı dönem içinse, 795 ölüm vakası ile sonuçlanan 1076 taşkın vakası rapor etmiştir. EM-DAT verilerine göre 1998-2015 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen taşkınlar 1,721,820 kişiyi etkilemiş, yaklaşık 11 milyon lira ekonomik kayıp meydana getirmiştir (Koç ve Thieken, 2018).

TABB veri analizlerine göre sel felaketleri doğal afetler listesinde en yüksek can kayıpları bakımından üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de taşkın olasılığı yoğun yağışlar, topoğrafya, jeolojik özellikler ve/veya insan kaynaklı etkenler (örn. uygunsuz arazi kullanımı, özellikle Karadeniz bölgesinde dere yataklarında yapılaşma) ile

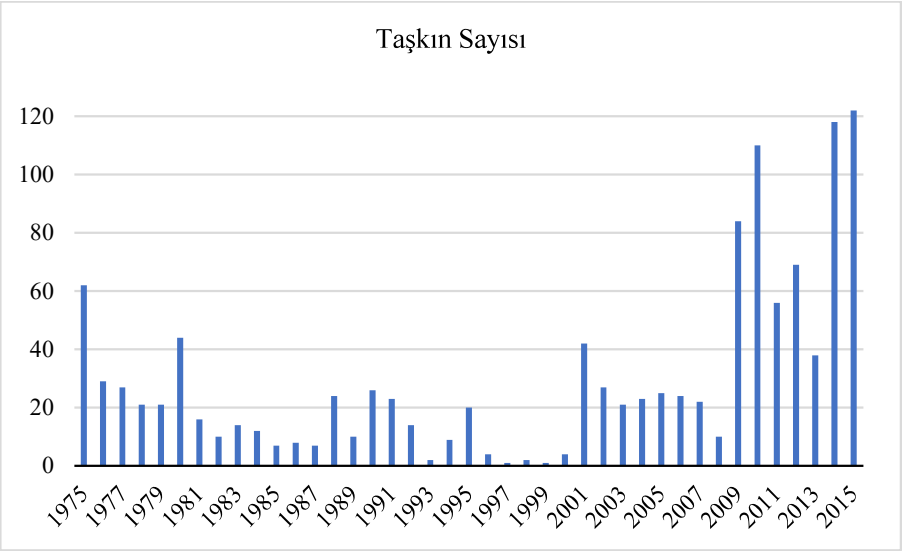
artmaktadır (Kadıoğlu, 2012). Çizelge 1.1'de Türkiye'de 1975-2015 yılları arasında meydana gelen taşkın olayları ve etkileri verilmektedir (Anonim, 2017).

Çizelge 1.1. Türkiye'de 1975-2015 yılları arasındaki taşkın olayları ve etkileri

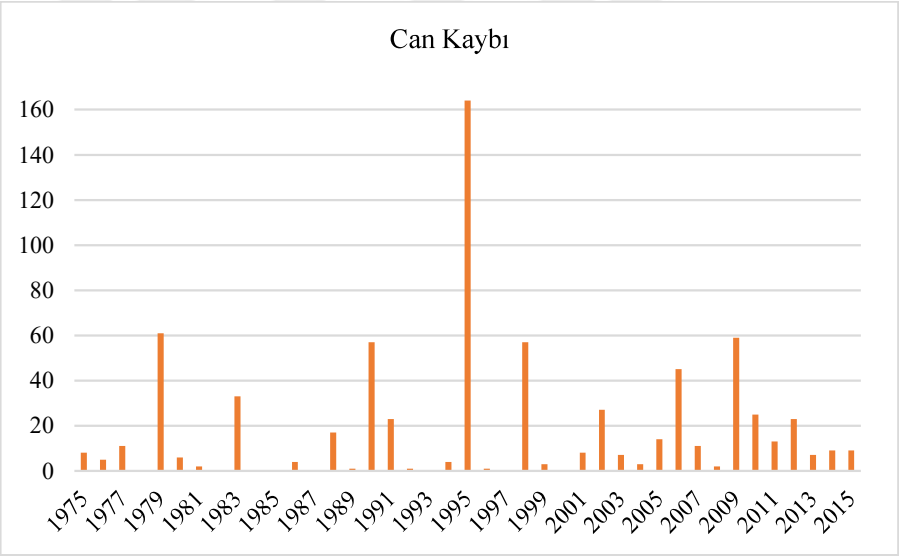
Yıl	Taşkın Sayısı	Can Kaybı	Su Altında Kalan Alan (ha)
1975	62	8	36714
1976	29	5	22536
1977	27	11	3317
1978	21	0	13850
1979	21	61	40966
1980	44	6	83016
1981	16	2	58413
1982	10	0	784
1983	14	33	2113
1984	12	0	29140
1985	7	0	2318
1986	8	4	679
1987	7	0	564
1988	24	17	3910
1989	10	1	9500
1990	26	57	7450
1991	23	23	15770
1992	14	1	690
1993	2	0	60
1994	9	4	1680
1995	20	164	201100
1996	4	1	11000
1997	1	0	1390
1998	2	57	7000
1999	1	3	0
2000	4	0	8066
2001	42	8	43297
2002	27	27	510
2003	21	7	64200
2004	23	3	25750
2005	25	14	13855
2006	24	45	85810
2007	22	11	1050
2008	10	2	10
2009	84	59	3250
2010	110	25	44279
2011	56	13	202
2012	69	23	19685
2013	38	7	17569
2014	118	9	4455
2015	122	9	7985
Toplam	1209	720	893933

Veriler incelendiğinde Türkiye'de her yıl yaklaşık 300 milyon ₺ maddi kayıp taşkınlar neticesinde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 1.5'de 1975-2015 aralığının son yıllarında meydana gelen taşkın sayılarında ciddi artış olduğu görülmektedir. Şekil

1.6'ya göre ise 1975-2015 aralığında son dönemde meydana gelen taşkınlarda yaşanan can kayıplarında azalma olduğu ortaya çıkmaktadır.

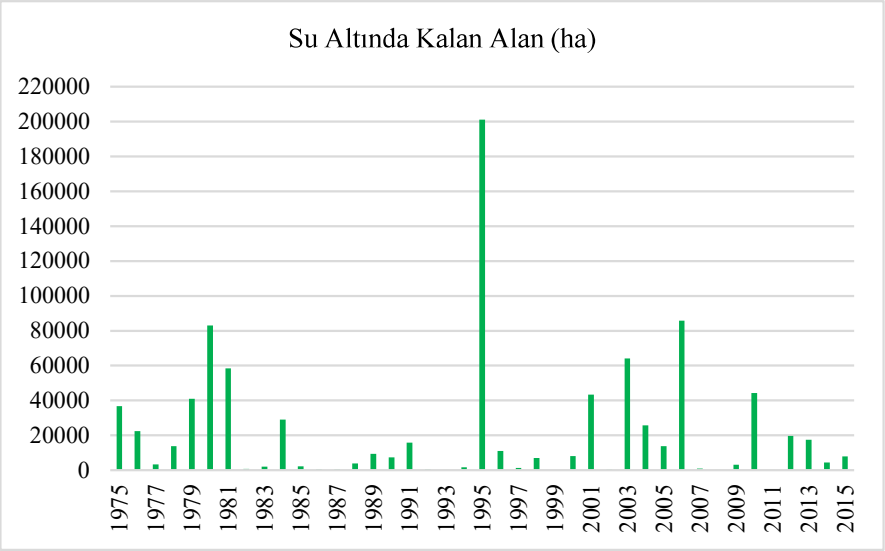


Şekil 1.5. Türkiye'de 1975-2015 taşkın sayılarının yıllara göre dağılımı



Şekil 1.6. Türkiye'de 1975-2015 taşkınlarında oluşan can kayıpları dağılımı

Şekil 1.7'de ise 1975-2015 yılları arasında meydana gelen taşkınlarda su altında kalan alanlar gösterilmektedir. Grafiğe göre son yıllarda taşkınlar neticesinde su altında kalan alan miktarında olumlu yönde azalma görülmektedir.



Şekil 1.7. Türkiye'de 1975-2015 taşkınlarında su basan alanların dağılım

1.4. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında Doğu Karadeniz havzasında yer alan Ordu İli, Ünye İlçesi, Cevizdere havzasında sayısal modelleme sistemlerine dayalı taşkın analizi yapılarak, taşkın zararları değerlendirilmiştir.

Tez çalışmasının bilimsel özgünlüğünün sağlanması ve yapılan çalışmanın hem kurum ve kuruluşlar hem de seçilen çalışma alanında ikamet eden halk için sosyoekonomik fayda sağlaması amacıyla, çalışma alanının seçilmesi hususunda Devlet Su İşleri (DSİ) 7. Bölge Havza İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü'nün görüş ve önerilerine başvurulmuştur. Yapılan görüşmeler sonucunda çalışma alanı olarak Doğu Karadeniz havzasında yer alan Ordu ili, Ünye ilçesi, Cevizdere Havzasının seçilmesine karar verilmiştir. Seçim yapılırken bu bölgede daha önce akademik anlamda bir taşkın çalışmasının yapılmamış olması, yapılacak çalışma ile elde edilecek sonuçların kurum ve kuruluşlarca taşkın yönetimi amacıyla kullanılabilecek olması ve bölge halkı için sosyoekonomik fayda yaratması gibi kriterlere dikkat edilmiştir. Tez çalışması sırasında dönemlerine denk gelen 08.08.2018 tarihli; 5 köprünün yıkılması, Ordu-Samsun karayolunda üç ay boyunca tek yönlü kontrollü trafik sağlanması, 100 ton civarında fındık hasatının zarar görmesi, pek çok yerel işletmenin ekonomik kayba uğraması gibi olumsuzluklarla sonuçlanan taşkın olayı göz önüne alındığında, çalışma alanı olarak Cevizdere Havzasının seçilmiş olmasının isabetli bir karar olduğu ortaya çıkmıştır.

Cevizdere taşkınlarının modellenmesi amacıyla öncelikle model çalışmasına altlık teşkil edecek veriler hazırlanmıştır. Bu veriler çalışma alanına ait topoğrafya verisi, çeşitli tekerrür sürelerine sahip taşkın debileri ve Manning pürüzlülük katsayılarıdır. Çalışma alanı içerisinde bulunan meteoroloji istasyonlarına ait günlük maksimum yağış değerleri, aylık ortalama yağış değerleri ile aylık ortalama sıcaklık değerleri Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü'nden elde edilirken; akım gözlem istasyonlarına ait yıllık anlık maksimum akım değerleri ile topoğrafya verileri ise DSİ 7. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Cevizdere Havzasının topoğrafya, eğim, bakı özellikleri, akarsu drenaj analizi ve yer bulduru haritasının üretilmesinde 1/25000 ölçekli topoğrafya haritası kullanılmıştır.

Farklı tekerrür sürelerine sahip taşkın debileri Cevizdere'nin ölçülmüş yeterli akım verisinin bulunmaması sebebiyle yağış verilerinden sentetik yöntemlerle elde edilmiştir. DSİ Sentetik, Mockus ve Snyder yöntemleri ile frekans debileri hesaplanmıştır. Ayrıca karşılaştırma yapmak amacıyla Cevizdere Düzköy AGİ (Akım Gözlem İstasyonu)'ye Duraklı AGİ verileri kullanılarak Noktasal Taşkın Frekans Analizi (NTFA) uygulanmıştır. Hidrolik modelde kullanılmak üzere DSİ Sentetik yöntemi ile elde edilen debiler seçilmiştir. Dere yatağı pürüzlülük katsayılarının hesabında Cowan (1956) metodu kullanılmıştır. Bu amaçla arazi çalışmalarında nehir güzergahını temsil edecek şekilde 5 parçaya ayrılarak alınan numunelere elek analizi deneyleri yapılmış ve 0.046-0.054 arasında pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Akarsu güzergahı dışında kalan kısımlar için Manning değerleri arazide yapılan gözlemler neticesinde, Chaudhry (2008)'e göre 0.033-0.036 arasında seçilmiştir.

Taşkın modellemesinde daha hassas sonuçlar elde edebilmek amacıyla arazi verisi olarak DSİ'den arazide yerinde yapılmış alımlar ile zenginleştirilmiş 1/1000'lik topoğrafya haritalarından üretilmiş sayısal yükseklik verileri kullanılmıştır. Hidrolik modelleme altlık verileri hazırlandıktan sonra Danimarka Hidrolik Enstitüsü (DHI) tarafından geliştirilen MIKE yazılımının, bir boyutlu (1B) MIKE 11 ve iki boyutlu (2B) MIKE 21 modülleri ile Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için taşkın analizleri yapılmıştır. 1B model ile Cevizdere enkesitlerinin yeterliliği irdelenmiş, 2B model ile taşkınların araziye yayılımları elde edilmiştir. Hidrolik model 08.08.2018 tarihinde meydana gelen taşkına ait yayılım ve derinlik verileri ile kalibre edilmiştir. MIKE 21 ile elde edilen iki boyutlu model sonuçları bir ESRI (Environmental Systems Research Institute) yazılımı olan "ArcGIS for Desktop 10.x" Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

yazılımı ile düzenlenerek Cevizdere mansap bölgesinde Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için "taşkın yayılım, taşkın derinlik, su hızı, taşkın tehlike seviyesi ve taşkın risk haritaları" üretilmiştir. Taşkın yayılım, derinlik ve su hızı haritaları direk hidrolik model sonuçlarının CBS ortamında düzenlenmesi ile elde edilirken, taşkın tehlike seviyesi haritalarının oluşturulmasında CBS ortamında hidrolik model sonuçlarına İngiltere Çevre ve Tarım Bakanlığı (DEFRA) (Anonim, 2006) yöntemi, taşkın risk haritalarının oluşturulmasında ise Dinh vd (2012) yöntemi, Federal Acil Durum Yönetim Ajansı (FEMA)'nın Taşkın Risk Analizi ve Haritalama Rehberi (Anonim, 2018ç)'nde verilen yöntem ile Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu (Anonim, 2014b)'nda önerilen yöntem uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Cevizdere mansap bölgesinin hesaplanan frekans debilerinden hangi oranlarda etkileneceği belirlenmiştir. Bu etkinin boyutlarını irdelemek amacıyla hidrolik modelleme sonuçlarına Huizinga (2007), van Eck ve Kok (2001), ICBR (International Commission for the Protection of the Rhine) (Anonim, 2001a) ile Pistrika ve Jonkman (2010)'ın derinlik-hasar eğrileri uygulanarak modellemesi yapılan tüm frekans debileri için çalışma alanında meydana gelebilecek taşkın zararları tahmin edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Modern taşkın modellemesinin tarihi, ellili ve altmışlı yıllara dayanmaktadır (Isaacson vd, 1958; Cunge ve Wegner, 1964; Martin ve Defazio, 1969; Martin ve Zovne, 1971; Mahmood vd, 1975; Katopodes ve Strelkoff, 1978; Cunge vd, 1980). Sayısal kodların yaygınlaşması ve gelişimi ise seksenli yıllarda başlamıştır (Alcrudo, 2004). Özellikle yetmişli yıllardan bu yana bilimsel araştırmacıların sistematik çabası neticesinde taşkın modellemesindeki becerilerin oldukça geliştiği görülmektedir. Son yıllarda bilgisayar bilimi alanındaki gelişmeler; doğru, hesaplanabilir ve yüksek çözünürlüklü taşkın modellerinin üretilmesini ve uygulanmasını sağlamıştır.

Taşkın debilerinin hesaplanması, taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması üzerine dünyada ve ülkemizde yapılmış çalışmaların özetleri aşağıda verilmiştir.

Baga vd (1999) Muğla Çayboğazı havzasının MIKE 11 GIS modülü ile hem yapısız hem de taşkın koruma yapısı içeren iki senaryo ile taşkın modellemesi yaparak çalışma alanı için taşkın haritalarını hazırlamışlardır. Daha sonra aynı alanda çalışan Doğanoğlu (2000) tarafından CBS ve HEC-RAS (Hydraulic Engineering Center-River Analysis System) bir arada kullanılarak farklı dönüş sürelerine sahip taşkın debileri analiz edilmiş, model çıktısı olan su yüzü profilleri AVRas (ArcView for GIS) CBS programı ile düzenleyerek taşkın yayılım haritaları ile su derinliği sayısal ağları elde edilmiştir.

Apirumenekul (2001) MIKE 11 GIS modülünü 2001 yılında Bangladeş'in Dakka şehrine uygulanmıştır. Çalışmada topoğrafya verisi olarak 50 m aralıklı sayısal yükseklik modeli (SYM), taşkın debisi olarak ise 1996 yılındaki taşkın verileri kullanılarak şehrin drenaj kapasitesi ve terfi merkezleri için pompa debilerini hesaplamıştır.

Turan (2002) Bartın havzasının alt havzalarından olan Ulus havzasında taşkın risk haritalarını oluşturmak amacıyla bölgede meydana gelen 1991 yılı taşkını ile 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkınları MIKE 11 hidrodinamik modülü (HD) ile modellemiştir. Sonrasında MIKE 11 GIS ve MIKE 11 HD birleşimi ile elde edilen su seviyelerinden CBS ortamında taşkın yayılım alanlarını belirlemiştir.

Kalken vd (2004) Kuzey Belçika'nın Scheldt kıyılarında, 40 ayrı havzadan oluşan 6,500 km^2'lik bölgede her bir havzada ayrı ayrı MIKE 11 NAM (Nedbor Afstromnings Model) modülü ile hidrolojik olarak modellemiş, MIKE FLOOD ile taşkın yayılım haritalarını üretmişlerdir.

Kaleyci (2004) çalışmasında Trabzon Değirmendere havzasında taşkın analizleri gerçekleştirmiştir. Bu amaçla öncelikle 500, 1000 ve 10000 yıllık debilerini Değirmendere üzerinde bulunan 7 adet AGİ'de noktasal ve bölgesel taşkın analizleri uygulayarak elde etmiştir. Taşkın debilerine ait birim hidrografları elde etmek için DSİ sentetik ve Mockus yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmasının sonucunda tüm debilerin Değirmendere mansabı sağ ve sol sahilinde bulunan arazileri ve yerleşim alanlarını etkilediğini ortaya koymuştur.

Temiz vd (2004) çalışmalarında Batı Karadeniz Bölgesi'nin potansiyel taşkın alanlarını belirlemek amacıyla bölge AGİ'lerine olasılık dağılım fonksiyonlarından Log Pearson Tip-III dağılımını uygulamışlardır. Karşılaştırma yapmak amacıyla 50 yıl tekerrürlü debileri kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunu CBS ortamına aktararak değerlendirmişler ve Batı Karadeniz Bölgesinin kuzeybatı kesimlerinin diğer kesimlerine oranla daha yüksek taşkın potansiyelinin olduğunu öne sürmüşlerdir.

Usul ve Turan (2006) Batı Karadeniz'de yer alan Ulus havzasını çalışma alanı olarak seçmişlerdir. Çalışmalarında havza ve nehir yatağının hidrodinamik özelliklerini MIKE 11 ile benzeştirmişlerdir. Modellerini 1991 yılı taşkın verileriyle kalibre ederek, 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkınları analiz etmişlerdir. Modelleme sonucu elde edilen yüksek su seviyeleri CBS ortamına aktarılarak taşkın yayılım haritalarını üretmişlerdir.

Mignot vd (2006) çalışmalarında yoğun bir yerleşim alanı olan Fransa'nın Richelieu bölgesinde 1988 yılında meydana gelen taşkını analiz etmek için 2B sığ su denklemlerini ikinci dereceden açık şema ile çözen bir kod kullanmışlardır. Çalışmalarında geçirimsiz alan olan yapı blokları, sokaklar ve sokak enine kesitlerine ayrıntılı biçimde yer verilmiş ancak kanalizasyon şebekesi ile yüzeysel akım etkileşimi ihmal edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen ortalama pik yüksekliklerinin taşkın izlerinden 0.13 m daha düşük olduğu, ölçülen ve hesaplanan su derinlikleri arasında 0.53 m standart sapma olduğu sonucuna varmışlardır. Son olarak çalışma alanı için

kentleşmiş alanlar için daha iyi sonuç veren 2B bir modelin daha uygun olacağı önerisinde bulunmuşlardır.

Sole vd (2007) İtalya'nın Basilicata Bölgesi ana nehir kolunda 30, 200 ve 500 yıl tekerrürlü debiler ile; MIKE 11, MIKE 21 ve HEC-RAS paket programlarıyla hidrodinamik benzeşimler gerçekleştirerek su yüzü profillerini elde etmişler ve sonuçlarını CBS'de haritalandırıp farklı risk haritaları üretmişlerdir. Çalışmalarında hidrolik analiz yapan programların taşkın risk haritalaması konusundaki farklılıklarını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu amaçla 1500'den fazla nehir yatağı kesitini 3 ayrı program ile 30, 200 ve 500 yıllık debiler için modelleyerek su yüzü seviyelerini CBS'de haritalandırılmışlarıdr.

Balabanova vd (2008) Bulgaristan'ın Novi Iskar bölgesinde MIKE 11 kullanarak modelleme gerçekleştirmişler ve elde ettikleri su seviyelerini ArcView Programına girdikleri SYM'de görselleyerek taşkın analizi yapmışlardır. Bölge için önemli bir problem olan taşkınları modelleyerek risk haritalarını oluşturmuşlardır. Ancak haritaları yalnızca tek boyutlu olarak üretebilmişlerdir.

Vojinovic ve Tutulic (2009) Hollanda'nın St Martin kentinde meydana gelen şehir taşkınları konu alınarak, hem 1B hem de 1B/2B taşkın modelleri kurmuşlardır. Modellemelerde altlık olarak LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) verileri kullanmışlardır. 1B taşkın modellemesi için MIKE 11, 2B modelleme için ise MIKE 21 programı kullanılmışlardır. 10, 100 ve 200 yıllık taşkın debileri için taşkın yayılım haritalarını elde ederek, risk ve zarar haritaları üretmişlerdir.

Patro vd (2009) çalışmalarında Hindistan'ın Mahanadi nehir havzasında 1B/2B model MIKE FLOOD ile taşkın yayılımını ve derinliğini analiz etmişlerdir. İlk olarak; 1B MIKE 11 modeliyle, 2002 yılı muson dönemi nehir seviyeleri ile kalibre edilmiş, sonrasında; kalibre edilmiş model, debi ve su seviyesi verileri kullanılarak doğrulanmıştır. Taşkın modelinde 2001 yılı verileri tekrar çalıştırılarak taşkın yayılım alanları IRS-1D (The Indian Remote Sensing Satellite-1D) görüntüsünden elde edilen gerçek taşkın yayılım alanları ile karşılaştırılmıştır.

Salami vd (2009) çalışmalarında Güneybatı Nijerya'da bulunan 8 havzanın yağış hidrograflarının ordinatlarını ortaya çıkarmak amacıyla çeşitli sentetik birim hidrograf yöntemlerini ele almışlardır. İki havza için Gray ve Synder Yöntemleri, bir havzada Synder ve SCS Yöntemleri, kalan beş havzada ise Gray ve SCS yöntemleriyle elde

edilen taşkın pik debilerinin uyumlu olduğunu görmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda; seçilen havzalar için, taşkın debilerinin hidrograflarının üretilmesinde en iyi yöntemin SCS olduğu kanısına varmışlardır.

Zidaric ve Petkovsek (2010) Slovenya'da Savinja nehrinin 100 yıl tekerrürlü bir taşkında oluşturacağı yayılım alanını belirlemek için MIKE 21 modelini kullanmışlardır. Modelleme sonucunda taşkına maruz kalan alanları belirlemişlerdir.

Marincek (2010) Slovenya Reka nehir havzasına ait taşkın risk haritalarını üretmek için 1B ve 2B MIKE yazılımlarını kullanmıştır. 2009 yılında bölgede yaşanan taşkına ait veriler ile kalibre edilen model %10, %1 ve %0.2 olasılıklı taşkın debileri için çalıştırılmış ve taşkın yayılım alanları elde edilmiştir.

Hammond vd (2012) Bangladeş'in başkenti Dhaka'da taşkın risklerini incelemişlerdir. Çalışmada 25x25 m^2 sayısal ağ alanlı SYM haritaları kullanılarak kentsel alanda MIKE URBAN, nehirlerde MIKE 11 ile modelleme yapmışlar ve MIKE 21 ile de taşkın yayılım haritalarını üretmişlerdir.

Misik vd (2013) sıklıkla taşkınlara maruz kalan Prag şehrinde MIKE 21 ile bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada taşkınlardan korunmak için Vltava nehri boyunca yerleştirilmiş olan mobil taşkın bariyerlerinin yeterliliği incelenmiştir. Mevcut mobil bariyerlerin hatalı olduğu ve taşkınları önleyemediği sonucuna varmışlardır.

Sule ve Alabi (2013) Nijerya'nın Awun nehri havzasında Snyder, Gray ve SCS sentetik yöntemlerini kullanarak taşkın hidrografları elde etmişlerdir. Awun Havzası eğimi %15, drenaj alanı ise 954 km^2 verilmiştir. Kullanılan yöntemlerde pik süreleri boyunca birim hidrograf pik debisinin 100,15 ile 318,65 m^3/s arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Hidrograf debileri hesaplanırken uygulanan metotların farklı sonuçlar çıkardığını ancak; Snyder ve SCS sentetik metotlarının, birim hidrograf çalışmalarında daha ayırt edici özellikleri olduğunu savunmuşlardır.

Sönmez (2013) Waverly/Amerika'da bulunan Cedar Nehri'nde 1B ve 2B MIKE yazılımları ile 1B HEC-RAS yazılımını kullanarak hidrolik modelleme gerçekleştirmiştir. Modeller 2007 yılında gerçekleşen taşkın verileriyle kalibre ediliştir. Çalışmada 5, 10 ve 30 m çözünürlüğe sahip SYM kullanılmıştır. Yüksek çözünürlüğe sahip SYM'lerin daha doğru sonuçlar ürettiği gösterilmiştir. Çalışmanın sonunda 100 yıllık bir taşkının meydana gelmesi halinde zararı en aza indirgemek amacıyla Waverly şehri için taşkın risk planı oluşturulmuştur.

Timbadiya vd (2014) çalışmalarında Hindistan'ın Gujarat bölgesi Surat kentinde bulunan Tapi Nehri taşkın yatağında 1B/2B MIKE FLOOD hidrodinamik modelini kullanarak su seviyelerini tahmin etmeye çalışmışlardır. Model 1998 yılı taşkın verileri ile kalibre edilmiştir. Taşkın yatağının pürüzlülük katsayıları, uydu görüntüleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Hidrodinamik modeli, 2006 yılı taşkın verileri ile doğrulamışlardır.

Demir (2014) tez çalışmasında Aşağı Sakarya Havzası'nın hidrolojik özelliklerini incelemiş ve taşkın yayılım haritalarını üretmiştir. Bölgenin SYM'si ArcGIS ortamında sayısallaştırılmış ve oluşturulan veriler MIKE 11 programına aktarılmıştır. Model kalibrasyonu kesit ve kesitlerdeki pürüzlülük değerleri revize edilerek gerçekleştirilmiştir. Hidrolojik veriler kullanılarak 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Bu debiler için çalışma sahasına ait taşkın yayılım haritaları üretilerek risk altında kalan alanlar belirlenmiştir.

Bozoğlu (2015) tez çalışmasında Samsun İli Terme İlçesi taşkın problemini MIKE 11 ve MIKE 21 modelleri ile 1B ve 2B olarak ele almıştır. Çalışılan bölgede nehrin tam kapasitesinin 510 m^3/s olmasını göz önüne alarak 1B modelde nehir kesitleri incelenmiş, 2B modelde ise taşkın yayılımları elde edilmiştir.

Nimaev (2015) tez çalışmasında iki farklı 2B hidrolik model LISFLOOD ve MIKE 21'i karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda LISFLOOD ile su derinliklerinin, MIKE 21 ile ise taşkın geniş yayılım alanlarının daha büyük hesaplandığı sonucunu elde etmiştir. Bu durumuna modellerin farklı teorik altyapılara sahip olmasının neden olduğu sonucuna varmıştır. Buna ek olarak, Nimaev (2015) model sonuçlarında ölçek ve pürüzlülüğün etkilerini de araştırmıştır. Bu terimlerin varyasyonunun, taşkın derinlikleri, hızları ve su yayılımları gibi model sonuçlarında önemli değişikliklere yol açtığı sonucuna varılmıştır.

Dikici (2016) İstanbul Alibeyköy Havzası'nda taşkın risk haritalarını çıkarmak amacıyla hidrolojik ve hidrolik modelleme yöntemlerini kullanmıştır. Taşkın debilerinin elde edilmesinde olasılık dağılım fonksiyonları ve sentetik yöntemlerin yanında hidrolojik modelleme aracı olan MIKE 11 NAM modülünü kullanılmıştır. Hidrolojik modelleme ile elde ettiği sonuçları 1B/2B modelinde girdi olarak kullanarak su derinlikleri ve yayılım alanlarını elde edilmiştir.

Akkaya (2016) Meriç ve Tunca nehirlerinin Edirne İli sınırları içerisinde yer alan kısımlarında taşkın yayılım haritalarını hazırlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre taşkınların Edirne şehir merkezine etkilerini azaltmak için 2 alternatifli güzergah ile tahliye kanalı tasarlanmış ve her bir kanal 2B modelleme ile sınanmıştır. Edirne şehir merkezi bölümü ve kanalın Meriç Nehri ile birleşiminden sonra mansap şartları değerlendirilmiştir.

Niguisse (2017) İstanbul Ayamama Havzası'nda kentleşme ve iklim değişikliği etkisi altında taşkın riskini modellemiştir. Taşkın haritasının oluşturulmasında 2B hidrodinamik MIKE 21 FM (Flow Model) modeli kullanılmıştır. MIKE 21 FM modelinin havzanın topoğrafyasının gerçekçi biçimde simüle edilmesinde en önemli özelliğinin esnek sayısal ağ yapısı olduğunu ortaya koymuştur.

Ülke vd (2017) MIKE 11 ve MIKE 21 modellerini kullanarak hem kentleşmiş alan hem de sanayi bölgesinden geçen Samsun Mert nehri mansabında 100 ve 500 yıllık taşkınların sayısal analizini gerçekleştirmişlerdir. 1B analiz sonucunda nehir en kesitlerinin mansap bölgesinde 100 ve 500 yıllık debileri geçirmediği, sanat yapılarının kesitleri daralttığı sonucuna varmışlardır. 2B modelleme sonucunda taşkın yayılım alanları ve su derinliklerini elde ederek, çalışma alanının olası 100 veya 500 yıllık bir taşkında yüksek risk altında olduğunu ortaya koymuşlardır.

Beden vd (2018b) çalışmalarında Samsun Değirmen deresi için MIKE 11 modeli ile 1B taşkın analizi gerçekleştirmişlerdir. Modelde girdi olarak 100 ve 500 yıllık taşkın debilerini, arazi modeli olarak 1/1000 topoğrafik haritadan sayısallaştırılmış bir SYM kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda derenin mansap bölgesi kesitlerinin ve mevcut sanat yapılarının Q_{100} ve Q_{500} debilerini geçirmekte yetersiz kalacağını ortaya koymuşlardır.

Beden vd (2018c) Samsun Mert nehrinin mansabının 7 km'lik kısmında 2B model çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 100 ve 500 yıllık debileri MIKE 21 ve FLO-2D ile modelleyerek taşkın yayılım alanlarını ve su derinliklerini elde etmişlerdir. İki farklı yazılımın sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğunu ancak kesin olarak aynı sonuçları vermediklerini, bu durumun modellerin kullandıkları sayısal ağ tiplerinin farklılığından kaynaklanabileceği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Taşkın zararlarının tahmini için ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmaların özetleri aşağıda sıralanmıştır.

Messner vd (2007) tarafından hazırlanan "Taşkın Zararlarının Değerlendirilmesi; Rehberlik, İlke ve Yöntem Önerileri" isimli kılavuzda taşkın zararlarının değerlendirilmesi üzerine önerilerde bulunmuşlardır. Çalışmada taşkın zarar veri tabanının oluşturulmasına ilişkin temel kurallar, çevresel taşkın etkileri, taşkın zarar hesabındaki belirsizlikler ve taşkın zararını azaltma gibi konulara değinmişlerdir. Ekonomik zararı etkileyen parametrelerin belirsizliklerinin mümkün olduğunca azaltılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Özcan vd (2008) Sakarya alt havzasındaki riskli alanları uzaktan algılama verileri ve CBS ile belirlemeyi amaçlamış ve HEC-RAS kullanarak havza parametrelerini modellemişlerdir. Riskli alanlar, 100 yıllık tekerrür süresi kullanılarak elde edilmiştir. Risk altındaki toplam alanı hesaplamış ve tarımsal ve yapısal olmak üzere sınıflandırmasını yapmışlardır.

Kreibich vd (2009) Almanya'da bulunan Elbe Havzası'nda 2002 yılında meydana gelen taşkının hız ve su derinliği verilerini kullanarak, bu verilerin taşkın zararı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ardından hız ve su derinliğe bağlı olan enerji yüksekliğinin zarara etkisini de irdelemişlerdir. Enerji yüksekliğinin veya taşkın derinliğinin 2m sınırını aştığı durumlarda binalardaki zarar hesabının güvenilir bir şekilde tahmininde, enerji yüksekliği parametresinin kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Pistrika ve Jonkman (2010) çalışmalarında Amerika, New Orleans'da 2005'te yaşanan Katrina kasırgasının ardından 95000 binada oluşan ekomik kayıp hakkında geniş bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Analizlerinde su derinliği ile akım hızı verilerinin çarpılmasıyla elde edilen değerin, konutlarda meydana gelen maddi zararı hesaplamada kritik bir değişken olduğunu düşünmüşler ve su derinliğine bağlı olarak akım hızının ekonomik zarar üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmalırının sonucu olarak, taşkın zararlarının tahmin edilmesi için su derinliği ve akım hızına bağlı bir formül ortaya koymuşlardır.

Prettenthaler vd (2010) çalışmalarında 2006 yılında Avurturya'da yaşanan taşkın olayının verilerine dayanarak yaptıkları baraj yıkılması senaryosunun binalar üzerinde meydana getireceği mutlak zararları hesaplamaya çalışmışlardır. Bu amaçla bir taşkın zarar eğrisi üretmişlerdir ve öncelikle CBS kullanarak çalışma alanını analiz etmiş ve maksimum zarar potansiyelini belirlemişlerdir. Daha sonra, su derinliği değil de su

hacmine bağlı olarak ürettikleri zarar fonksiyonu ile literatürdeki çalışmaları karşılaştırmışlardır.

de Moel ve Aerts (2011) taşkın zararının hesaplanmasında meydana gelen belirsizlikleri incelemişlerdir. Çalışma alanı olarak seçtikleri Almanya Meuse Nehri taşkın zararlarının analizinde; Rhine (Anonim, 2001a), Hollanda (Klijn vd, 2007) ve Belçika (Vanneuville vd, 2006) için üretilmiş olan derinlik-hasar eğrilerini kullanmışlardır. Hasar modeli seçiminin taşkın zararı belirlemede meydana gelen belirsizliklerde büyük etkisi olduğunu, taşkın zarar çalışmalarında çoğunlukla hidrolik ve hidrolojik süreçler üzerine odaklanıldığını ancak yapı türleri, arazi kullanımı, endüstri ve tarım gibi sınıfların artırılmasının taşkın hasar değerlendirmelerinde önemli değere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Jongman vd (2012) daha önce yapılmış yedi çalışmayı inceleyerek taşkın zarar yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma amacıyla çalışma alanı olarak Almanya-Eilenburg ve İngiltere-Carlisle şehirlerinde yaşanmış iki taşkın olayını FLEMO (German Research Centre for Geosciences Model), DSM (Damage Scanner Model), Flemish (Flemish Environmental Agency Model), HAZUS (Multi Damage Software), MCM (Multi-Coloured Manual), RAM (Rhine Atlas Model) ve JRC (European Commission's Joint Research Centre Model) taşkın zarar yöntemleri ile modelleyerek nitelik ve nicelik açısından kıyaslamışlardır. Nitel modelleme sistemlerinin derinlik-zarar fonksiyonlarının belirsizlikleri karşısında değişken sonuçlar verdiği kanısına varmışlardır. Bununla beraber arazi kullanımının doğru biçimde değerlendirilmesinin, varlıkların ekonomik değerlerinin bölge ve mülk özelliklerine göre hesaplanmasının, taşkın zarar tahmini sonuçlarına önemli derece etki ettiği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Serencam (2013) Trabzon Değirmendere Havzası mansap bölümünde yer alan sanayi bölgesi için Q_{100} ve Q_{500} debilerinin 1B taşkın analizini yaparak su derinliği sonuçlarını elde etmiş, bu veriler ile çalışma alanında bulunan binalar için zarar analizleri gerçekleştirmiştir. Bunun dışında çalışmasında taşkınlar neticesinde bölgenin çevresel ve jeolojik zarar görebilirlikliğine ilişkin değerlendirmelerde bulunmuştur.

Pistrika vd (2014) Yunanistan Atina'nın Moschato bölgesinde 2002'de meydana gelen ve büyük zararlar getiren taşkın olayına ait verileri kullanarak bir derinlik-hasar

fonksiyonu üretmişler ve fonksiyonlarını diğer derinlik-zarar fonksiyonları ile karşılaştırmışlardır. Derinlik-zarar fonksiyonunu geliştirmek amacıyla konutların taşkından etkilenen kısımlarının birim maliyetlerine göre tadilat tutarlarını hesaplamışlardır. Elde ettikleri derinlik-zarar fonksiyonunu, İtalya'nın Palermo kenti için geliştirilen fonksiyonla karşılaştırmış ve sonuçları %9 fark ile birbirine yakın olarak değerlendirmişlerdir. Meydana gelen bu farkın sebebinin, ele alınan binaların yapısal ve mimari özellikleri ile ilgili farklılıklardan ileri geldiğini savunmuşlardır.

Girayhan (2015) çalışmasında daha önce taşkın analizleri yapılmış ve taşkın haritaları elde edilmiş olan Samsun'un Terme İlçesi'nde taşkın risklerini hesaplamaya çalışmıştır. Taşkın zararlarının belirlenmesi amacıyla izlenmesi gereken hesaplama aşamalarını belirtmiştir. Q_{100} ve Q_{500} debileri için hazırlanmış olan sayısal model sonuçlarını kullanarak Terme ilçe merkezinde meydana gelebilecek zarar miktarını tahmin etmiştir.

Taş vd (2016) çalışmasında Akarçay havzasında 2, 10, 100 ve 500 tekerrürlü debiler için 1B taşkın analizi gerçekleştirmiş ve su derinlikleri ile taşkın yayılım alanlarını elde etmişlerdir. Derinlik değerlerine literatürdeki derinlik-zarar eğrilerini uygulayarak, çeşitli tekerrürlü debiler için taşkın zararlarını hesaplamıştır. Çalışmanın sonucunda ekonomik zararın Q_2'den Q_{10}'a yaklaşık dört kat, Q_{10}'dan Q_{100}'e ve Q_{100}'den Q_{500}'e yaklaşık ikişer kat arttığı sonucunu ortaya koymuşlardır.

Scorzini ve Frank (2017) literatürdeki hasar eğrilerinin başka bölgelere uygulanabilirliği üzerine çalışmışlar ve fonksiyonel belirsizliklere odaklanarak modellerin uygulanabilirlik koşullarının özellikle orta ölçekli alanlarda taşkın ve/veya yapı verilerinin yetersiz olacağını vurgulamışlardır. İtalya Veneto'da meydana gelen 2010 taşkınında ortaya çıkan hasar verilerine dayanarak orta ve küçük ölçekte konut sektörü için küçük sahalara özgü derinlik-hasar fonksiyonları geliştirmişlerdir. Küçük alanlarda yeni eğrilerinin uygulanmasının daha detaylı ve güvenilir sonuç vereceğini ortaya koymuşlardır.

Zin vd (2018) Bago Havzası (Myanmar)'nda yaptığı çalışmasında taşkınların binalarda meydana getireceği zarar ile taşkın verileri arasındaki ilişkiyi irdelemişlerdir. Bölgede 2011 yılında meydana gelen taşkında ortaya çıkan hasarın belirlemek amacıyla bir saha çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak bina zararı, bina içi zarar ve gelir kaybı gibi zarar sınıfları için modeller

üretmişlerdir. Çalışmalarının neticesinde taşkın derinliği, zemin özellikleri, heyelan varlığı, yapı malzemesi türlerinin yanında sosyo-ekonomik veriler ile ilişkilendirilmiş bir zarar fonksiyonu önermişlerdir.

Terzioğlu (2018) çalışmasında Doğu Karadeniz alt havzalarından Değirmendere Deresi, Araklı İlçesi Karadere Deresi ve Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi seçerek farklı tekerrüre sahip debi değerleri için taşkın zararlarının tahmin edilmesi, zarar oranlarının derecelendirilmesi ve taşkın risk sınıflandırılmasını gerçekleştirmiştir. Çalışma alanında yer alan binalar için hem bina bazında hem de bölgesel bazda zarar derecelendirilmeleri ve risk sınıflandırmaları yaparak bunları haritalandırmıştır

Taşkın çalışmalarında frekans analizlerinin önemi daha önce pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Haktanır, 2009). Tez çalışmasında Cevizdere Havzasının çeşitli tekerrüre sahip taşkın debilerinin hesaplanması için daha önceki çalışmalarda da sıklıkla kullanılan dağılımlar Normal (N), 2 parametreli Log-Normal (LN2), 3 parametreli Log-Normal (LN3), Gumbel (G), Pearson Tip III (P3) ve Log-Pearson Tip III (LP3) dağılımları yağış ve akım verilerine uygulanmıştır (Temiz, 2004; Sönmez, 2013; He vd, 2015; Dikici, 2016). Akım gözlem süresinin istatistiksel açıdan anlamlı sayılması için en azından 20-30 yıllık olması gerekmektedir (Bayazıt, 1981), ancak çalışma alanı bu koşulu sağlamamaktadır, çalışma alanında bulunan AGİ'de 2008-2017 yılları arasında 9 yıllık akım gözlemi bulunmaktadır. Çalışma alanı akım ve arazi özellikleri açısından benzer özellikleri gösteren Duraklı AGİ verileri kullanılarak noktasal taşkın frekans analizi ile Düzköy AGİ akımları elde edilmiştir. Bununla birlikte taşkın debilerinin elde edilmesinde daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından da kullanılmış olan Mockus, DSİ Sentetik ve Snyder yöntemleri de kullanılmıştır (Aslan, 1997; Salami, 2009; Sönmez vd, 2012; Sule ve Alabi, 2013; Günal ve Güven, 2016).

Öte yandan akarsu güzergahı Manning pürüzlülük katsayılarının hesabında Cowan (1956) metodu, arazide ise Chaudhry (2008)'in önerdiği pürüzlülük değerleri tablosu kullanılmıştır. Cowan metodunun kullanılabilmesi için arazi uygulaması yapılarak nehir güzergahı boyunca 5 noktadan numune alımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan arazi çalışması ile bu tez çalışması diğer pek çok çalışmadan farklılık göstermektedir.

Çalışmanın sayısal analiz kısmında da hem 1B hem de 2B modeller kurulmuştur. Analiz aracı olarak dünya çapında kabul görmüş ve literatürde kullanılmakta olan MIKE modülleri MIKE 11 ve MIKE 21 seçilmiştir (Zidaric ve Petkovsek, 2010; Misik vd, 2013; Sönmez, 2013; Bozoğlu, 2015; Dikici, 2016; Niguisse, 2017). 1B model ile akarsu enkesitlerinin yeterliliği irdelenmiş, 2B model ile frekans debilerinin araziye yayılımları elde edilmiştir. Daha önce Bozoğlu (2015) çalışmasında benzer biçimde MIKE 11 ve MIKE 21 modüllerini, farklı bir çalışma alanında uygulamıştır. Tez çalışmasında Bozoğlu (2015)'ın çalışmasından farklı olarak hidrolik model 08.08.2018 tarihinde meydana gelen taşkına ait yayılım ve derinlik verileri ile kalibre edilmiştir. Dikici (2016)'nın benzer çalışmasında kalibrasyon bulunmakla birlikte sadece Q_{50} ve Q_{100} için modellenmiştir. Bu tez çalışmasında ise Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debileri ile modelleme gerçekleştirilmiş ve tekerrür süresindeki artışın model sonuçlarına etkisi incelenmiştir. Ayrıca 1B modelde yapılı ve yapısız olmak üzere 2 farklı durum ve 4 farklı debinin modellenmesiyle toplamda 8 farklı senaryo çalışılmıştır. 1B model ile kesit yeterlilikleri ve mevcut yapıların durumu görülürken, 2B model ile taşkın yayılımı, su derinlikleri ve hızları elde edilmiştir.

Çalışmanın devamında taşkın haritalarının oluşturulmasında 1B modele göre araziyi daha iyi temsil etmesi nedeniyle 2B model sonuçları kullanılmıştır. Tez çalışmasında haritaların üretilmesi için gerekli olan derinlik ve hız verilerinin 2B modelleme aşamasında üretilmiş olması bu tez çalışmasını, Terzioğlu (2018)'in hazır hız ve derinlik verilerini kullandığı çalışmasından ve Serencam (2013)'ün 1B modelleme ile elde ettiği derinlik sonuçlarını kullandığı çalışmasından ayırmaktadır. Model sonuçları ArcGIS CBS yazılımı ile düzenlenerek Cevizdere Havzası mansap bölgesinde Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için taşkın yayılım, taşkın derinlik, su hızı, taşkın tehlike seviyesi ve taşkın risk haritaları üretilmiştir. İncelenen çalışmaların bir kısmında (Sönmez, 2013; Demir, 2014; Bozoğlu, 2015; Dikici, 2016) kullanılan yazılımların 1B ve 2B görsel model sonuçları harita olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada modelleme sonucu elde edilen görsel sonuçlar 1B ve 2B model sonucunda verilirken, sözü edilen taşkın haritaları ise ArcGIS ortamında ayrıca hazırlanmıştır. Taşkın yayılımı, derinlik ve hız haritaları 2B model sonuçlarının CBS ortamında düzenlenmesiyle oluşturulmuştur. Taşkın tehlike seviyelerinin belirlenmesinde İngiltere Tarım ve Çevre Bakanlığı (DEFRA) (Anonim, 2006)'nın "Risk to people (İnsanlar için risk)" rehberinde verilen "tehlike derecelendirmesi" yöntemi

uygulanmıştır. Türkiye'de bu yöntemin kullanıldığı başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Taşkın risklerinin sınıflandırılmasında ise Dinh vd (2012)'in yöntemi, FEMA Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi (Anonim, 2018ç) yöntemi ve Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu (Anonim, 2014b)'den yararlanılmıştır. Taşkın tehlike seviyeleri ve risk haritaları da ArcGIS'de hazırlanmıştır.

Taşkın zararlarının tahmin edilmesi için literatürde çeşitli tahmin eğrileri ve denklemler kullanılmaktadır. Daha önce yapılmış çalışmalarda Huizinga (2007), Prettenthaler vd (2010), de Moel ve Aerts (2011), Jongman vd (2012) ve Pistrika vd (2014), Scorzini ve Frank (2017) zarar-derinlik, Kreibich vd (2009) ile Pistrika ve Jonkman (2010) derinlik-hız, Lee ve Kim (2018) ise yağış şiddeti- süre ile zarar ilişkisini inceleyerek hasar/zarar yaklaşımları ortaya koymuşlardır. Zin vd (2018) ise taşkın derinliği, zemin özellikleri, heyelan varlığı, yapı malzemesi türlerinin yanında sosyo-ekonomik veriler ile ilişkilendirilmiş bir zarar fonksiyonu önermişlerdir. Türkiye'deki çalışmalarda, Türkiye için üretilmiş zarar eğrileri ya da fonksiyonlar bulunmadığından araştırmacılar (Serencam, 2013; Yeğin, 2015; Girayhan, 2015; Taş vd, 2016; Terzioğlu, 2018) farklı ülkeler için hazırlanmış zarar hesap yöntemlerini uygulamışlardır. Tez çalışmasında da bu yol izlenerek hidrolik hesap sonuçlarına Huizinga (2007), van Eck ve Kok (2001), ICBR (International Commission for the Protection of the Rhine) (Anonim, 2001a) derinlik-hasar eğrileri ile Pistrika ve Jonkman (2010)'ın hasar fonksiyonu uygulanmıştır. Modellemesi yapılan tüm frekans debileri için çalışma alanında meydana gelebilecek taşkın zararları tahmin edilmiştir.

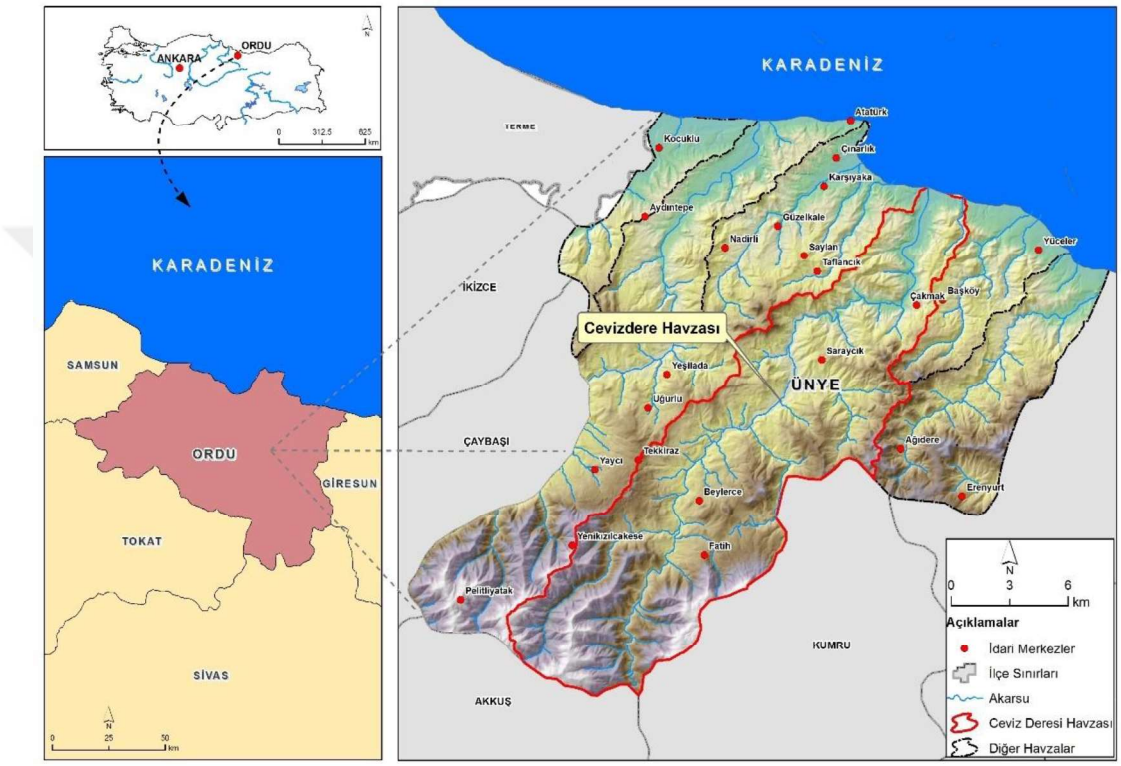
Çalışma alanında daha önce DSİ tarafından 2001 yılında hazırlanmış olan "Ordu-Ünye-Cevizdere, Kuşdoğan, Düzköy, Denizbükü Köyleri ve Arazilerinin Cevizdere Taşkın ve Kıyı Oyuntusundan Korunmasına Ait Ön İnceleme Raporu" bulunmaktadır (Anonim, 2001b).

Cevizdere Havzası'nda daha önce bilimsel anlamda bir taşkın çalışması yapılmamıştır. Yapılacak çalışma ile elde edilecek sonuçların DSİ, AFAD ve yerel yönetimler gibi kurum ve kuruluşlarca taşkın yönetimi, acil durum planlarının hazırlanması, şehir planlama-imar gibi amaçlarla kullanılabileceği ve bölge halkı için sosyoekonomik fayda getireceği öngörülmektedir. Çalışma alanı için seçim yapılırken DSİ 7. Bölge Müdürlüğü'nün görüşleri alınmış ve kurum tarafından hem taşkın tehlikesi olan hem de henüz taşkın modellemesi yapılmamış ve modelleme ihtiyacı

bulunan Cevizdere Havzası mansap bölgesinin çalışma alanı olarak seçilmesi desteklenmiştir. 08.08.2018 tarihinde Cevizdere'de meydana gelen taşkın; taşkın debilerinin hesabı, taşkın modellemesi, taşkın haritalarının üretilmesi ve olası taşkın zararlarının tahminine kadar kapsamlı bir çalışmayı içeren bu tez çalışmasına bölgenin ihtiyacı olduğunu ortaya çıkarırken, tez çalışmasında kullanılan model sonuçlarının da kalibre edilmesini mümkün kılmıştır.

3. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ

Cevizdere deresi, Doğu Karadeniz Havzası'nın batı kısmında, Ordu İlinin Ünye İlçesi'nde yer almaktadır. Şekil 3.1'de çalışma bölgesinin yer bulduru haritası verilmiştir. Ünye İlçe merkezine olan uzaklığı 6 km'dir.



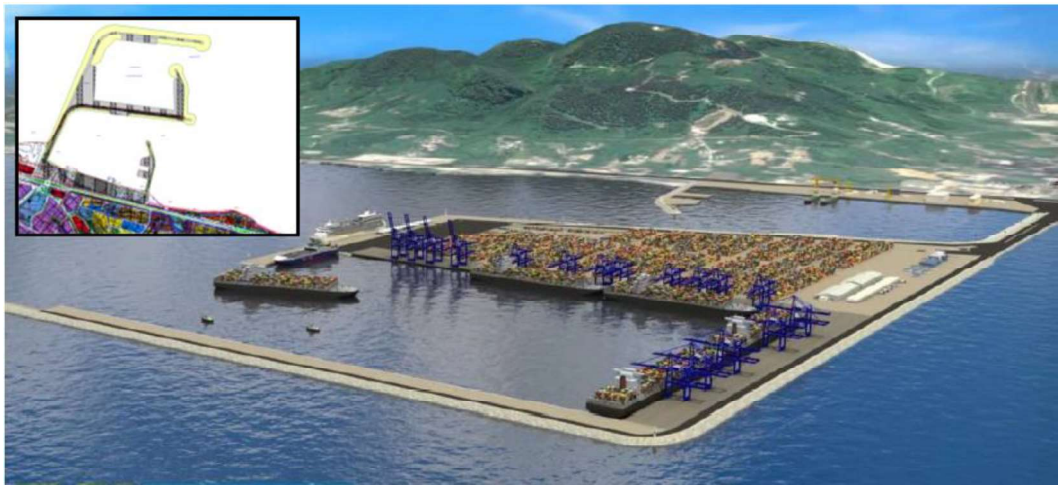
Şekil 3.1. Çalışma bölgesinin yer bulduru haritası

Cevizdere'nin Karadeniz'den 27 km yukarı membasında Ünye İlçesinin içme suyu ihtiyacının karşılandığı kaynaklardan biri olan "Ünye İçme Suyu Regülatörü" bulunmakta ve 500 ha tarımsal arazide halihazırda tarım yapılmaktadır. Ayrıca yörede hayvancılık ve arıcılık faaliyetleride sürdürülmektedir. Cevizdere mahallesinde 653 kişi oturmaktadır (Anonim, 2015b). Ünye kentinin batısında ki gelişme alanı sınırlı olmakla birlikte; Cevizdere'nin doğusuna doğru (Ünye-Fatsa arası) kentsel gelişme eğilimi görülmektedir. Özellikle bu bölgedeki arazi yapısının yerleşime uygun ve ulaşım olanaklarının gelişmiş olması bundan sonraki dönemde yerleşim talebini artıracak olması muhtemeldir.

Çalışma alanı mansabı sağ sahil kesiminde yapımı 2010 yılında tamamlanmış olan Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) Genel Müdürlüğü Ünye Doğu Atıksu Arıtma Tesisi bulunmaktadır. Doğu Atıksu Arıtma Tesisi'nde 632 l/s debili klasik aktif çamur sistemi ile biyolojik arıtım yapılmaktadır. Tesisin 88000 kişi/gün'lük arıtma kapasitesi bulunmaktadır.

Cevizdere, Ünye'nin ekonomisi için çok önemli bir bölgede bulunmaktadır. Cevizdere vadisinin güney yamaçlarında kurulan 1974'den beri işletmede olan Ünye Çimento Fabrikası ülkemiz ve bölge için önemli bir sanayi tesisi konumundadır. Fabrika da 200-250 kişi direk istihdam edilmekle birlikte, yaklaşık 700 kişi de bu tesisin faaliyet alanlarında çalışmaktadır. Cevizdere vadisinin sol sahilinde Çimento fabrikasının işletmeye geçmesi ile birlikte sağ sahil kısmında da sanayi ve depolama alanları gelişme eğilimi göstermiştir. Cevizdere mansabı sağ sahilinde yer alan yerleşim alanlarının dışında iç kesimlere doğru 5 km'lik mesafede irili ufaklı pek çok işletmede ekonomik faaliyetler gerçekleştirilmektedir.

Ünye Limanı 1987 yılında yapımına başlanmış ve 1990'lı yılların başında hizmete girmiştir. Yıllık kapasitesi 600 gemi olarak gerçekleşmektedir. 150 m uzunluğunda rıhtımı, 7 m su derinliği bulunmaktadır. Limanı çoğunlukla Ünye Çimento Fabrikası kullanmakta, 45 yıllığına liman fabrikaya kiralanmış bulunmaktadır. Ünye limanına ilave olarak bir konteyner limanı da planlanmaktadır (Şekil 3.2) (Anonim, 2018d).

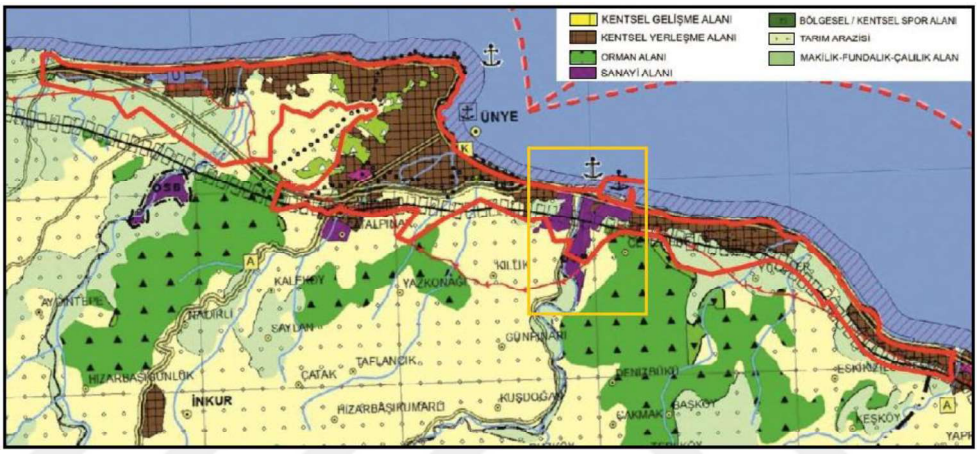


Şekil 3.2. Ünye Limanı ve planlanan konteyner limanı

2018 Şubat ayında yayınlanan "Ünye-Ordu Revizyon ve İlave İmar Planı 1/1000 Araştırma ve Plan Açıklama Raporu" ile Cevizdere bölgesinde yapılacak

değişikliklere de yer verilmiştir. Raporda verilen 1/100000 çevre düzeni planında Cevizdere bölgesi sanayi alanı olarak yer almaktadır (Şekil 3.3).

Rapora göre Akkuş-Niksar yolu için yeni güzergah Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından Cevizdere vadisi olarak seçilmiştir. Mevcut sanayi yeni yapılacak Akkuş-Niksar yoluna cepheli konumdadır. Ünye Limanı'nı ve planlanan konteyner limanının da bu alanda olması bölgedeki depolama ve sanayi tesislerinin sayısında artış ve mevcut işletmelerin gelişiminde de olumlu katkı sağlayacaktır (Anonim, 2018d).



Şekil 3.3. 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planı'nda çalışma alanı

3.1. Yapısal Özellikler

3.1.1. Topoğrafya

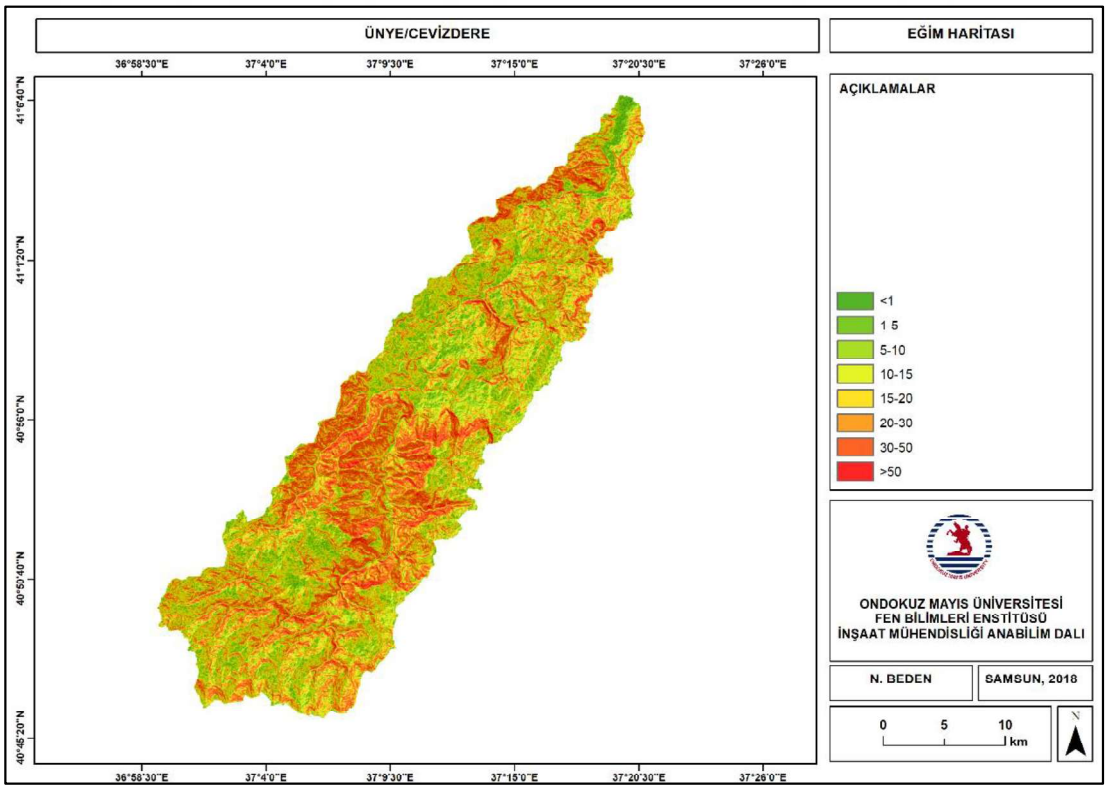
Çalışma alanı, güneyinde 1073 m yüksekliğinde Canik dağları, doğusunda 570 m yüksekliğinde Döşeme dağı ve kuzeyde 470 m yüksekliğinde Bozdağ ile çevrilidir. Cevizdere, Canik dağlarından doğar, Döşeme dağı ve Bozdağ vadilerini geçip güneybatı-kuzeydoğu istikametinde akarak Karadeniz'e dökülür. En uzun dere boyu 57.45 km, harmonik eğimi ‰17, yağış alanı ise 371.5 km^2'dir (Anonim, 2001b).

3.1.2. Eğim ve bakı

Eğim bir arazinin taşkın ön değerlendirmesinde kullanılacak parametrelerdendir. Şekil 3.4'te Cevizdere için 1/25000 ölçekli topoğrafik haritadan üretilmiş eğim haritası görülmektedi (Harita lejantında eğimler yüzde olarak sunulmuştur. Haritaya göre

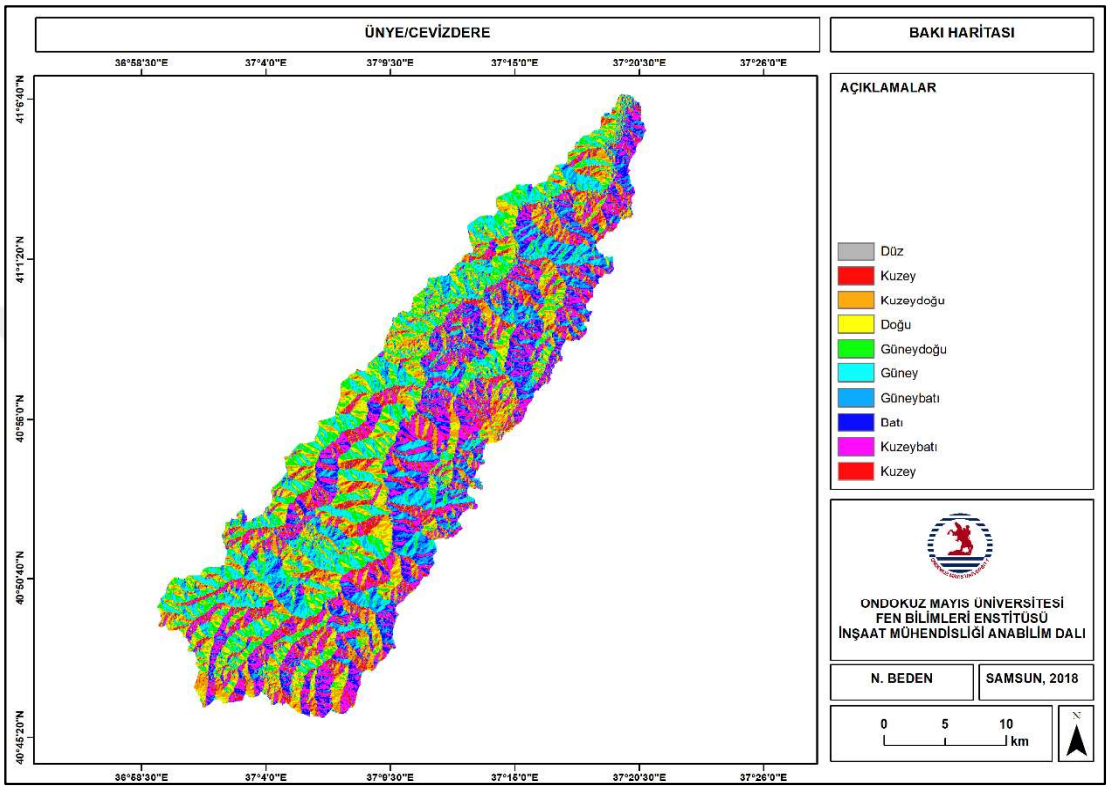
havzasının eğimi özellikle membada yüksektir, mansapta ise eğimin oldukça azaldığı görülmektedir. Dik eğimle yüksek kotlardan beslenerek gelen Cevizdere alçak kotlarda oldukça az bir eğimle Karadeniz'e deşarj olmaktadır. Bu durum Cevizdere mansap bölgesinde taşkın olasılığını artırmaktadır.

Bakı taşkın olayında etkili parametrelerden bir diğeridir. Yüksek bölgelerde şevin güneş ışınlarına, güneye veya kuzeye karşı konumunu belirleyen, bunun sonucu olarak da doğal şartlarını tespit eden duruma bakı denir. Türkiye konumu sebebiyle kuzey yarımküre bakı özelliklerine sahiptir. Arazilerin kuzey yamaçları, güney yamaçlarına oranla fazla yağış alır. Güneye bakan yamaçlarda evapotranspirasyon ve bitki su ihtiyacı fazladır. Bu nedenle güneye bakan yamaçlarda bitki örtüsü genel olarak seyrektir ve kuraklığa dayanaklı bitkilerden oluşur. Kuzeye bakan yamaçlarda ise tam tersi bir durum söz konusudur. Daha fazla yağış alan kuzey yamaçlarda topraktaki nem, yağıştan uzun bir süre sonra bile muhafaza edilir. Bu alanlarda bitki örtüsü zengindir ve yüzeysel akışı azaltıcı etki oluşturur. Kuzeye bakan yamaçların yoğun yağış alması sebebiyle taşkınları artırıcı etkisi vardır; ancak bitki örtüsü sadece yoğun yağışlara değil, iklim ve toprak yapısı gibi koşullara göre de değişmektedir. Bu nedenle bitki örtüsü çalışma yapılan alana özel olarak incelenmelidir (Özdemir, 1978).



Şekil 3.4. Cevizdere eğim haritası

Şekil 3.5'de verilen Cevizdere için 1/25000 topoğrafik haritadan üretilmiş bakı haritasına göre havzada kuzey yönlü yamaçlar (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı) ağırlıktadır. Yoğun yağış alan bölgede toprağın nem oranı yüksek olduğundan yağışlar genellikle akışa geçmektedir. Böylece kuzeye bakan yamaçların fazla oluşu Cevizdere'de taşkın olasılığını artıran bir faktördür.



Şekil 3.5. Cevizdere bakı haritası

3.1.3. Zemin ve bitki örtüsü

Taşkın riskine etki eden faktörlerden bir diğeri de zemin yapısıdır. Zeminin geçirimsiz ya da geçirimli oluşu, porozitesi, boşluk oranı, doygunluk derecesi gibi geoteknik faktörlerin yanı sıra zemini oluşturan toprağın mineral yapısı yüzeysel akışı etkilemektedir. Filtre malzemesi olarak kullanılan kum ve çakıl gibi iri taneli zeminler geçirgenlik özelliğine sahipken, kil içeren ince taneli zeminler geçirimsizdir.

Çalışma alanında Karadeniz ikliminin hakim oluşu nedeniyle toprak yeterince doygun vaziyettedir. Bu durum yağışların hızlı biçimde akışa geçmesine neden olarak taşkın olasılığını artırmaktadır. Ünye'nin zemin yüzeyinde genel olarak kahverengi podzolik, kireçsiz kahverengi orman, kırmızı sarı podzolik ve alüvyal topraklar görülmektedir.

Karadeniz iklimine bağlı olarak bölgede doğal bitki örtüsü meşe, gürgen ve kestane cinslerinden yapraklarını döken ağaç toplulukları ile deniz kıyısından itibaren yüksek kesimlere doğru uzanan ormanlardan oluşmaktadır. Ayrıca bölgede yoğun olarak fındık ve mısır tarımı yapılmaktadır (Şahin ve Ertek, 2018).

3.1.4. Jeoloji ve tektonik

Ünye ilçesi genel jeolojisi gençten yaşlıya doğru; Kuvaterner yaşlı Alüvyon (Qal), Eosen yaşlı Çaybaşı Üyesi (Tetç), Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu (Kta), Kretase yaşlı Tirebolu Formasyonu (Kt)'ndan oluşmaktadır. Cevizdere havzasında genel olarak alüvyon görülmektedir. Alüvyon (Qal) tutturulmamış, çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemeden oluşmaktadır.

Çalışma alanında aktif bir fay bulunmamaktadır. Ancak kuş uçuşu 70 km güneyinde Amasya-Tokat-Sivas istikametinde geçen Kuzey Anadolu fay zonu bulunmaktadır. Türkiye Deprem Tehlikesi Haritasına göre Ünye ilçesi 3. dereceden deprem bölgesidir, en büyük yer ivmesi 0.1-0.2 arasındadır. Ünye 3. dereceden deprem bölgesinde bulunsada, jeolojik yapısının da etkisiyle 1939 Erzincan ve 1942 Niksar-Erbaa depremlerinde büyük hasarlara uğramıştır (Şahin ve Ertek, 2018; Anonim, 2018d).

3.2. İklim Özellikleri

Çalışma alanı iklim özellikleri konum itibari ile Ünye DMİ verilerine göre yorumlanmıştır.

3.2.1. Yağış

Karadeniz iklim kuşağında yer alması nedeniyle Ünye'de yazlar serin, kışlar ılık ve her mevsim yağışlıdır. Çalışma sahasının konumuna fiziki özelliklerine bağlı olarak daha çok orografik yağışların meydana geldiği görülmektedir. Karadeniz'den buharlaşan su kütleleri sıcak hava ile karışarak yüksek kesimlere ilerlemekte ve burada ani ve yoğun yağışların görülmesine sebep olmaktadır (Şahin ve Ertek, 2018). Bu da yörede taşkın olasılığını artıran bir faktördür. Yağışlar her mevsime dağılmış biçimde görülse de; özellikle Ekim, Kasım ve Aralık aylarında yoğunlaşmaktadır. Çizelge

3.1'de Ünye DMİ aylık ortalama yağışları, Çizelge 3.2'de ise yağışların mevsim bazında dağılımı verilmiştir.

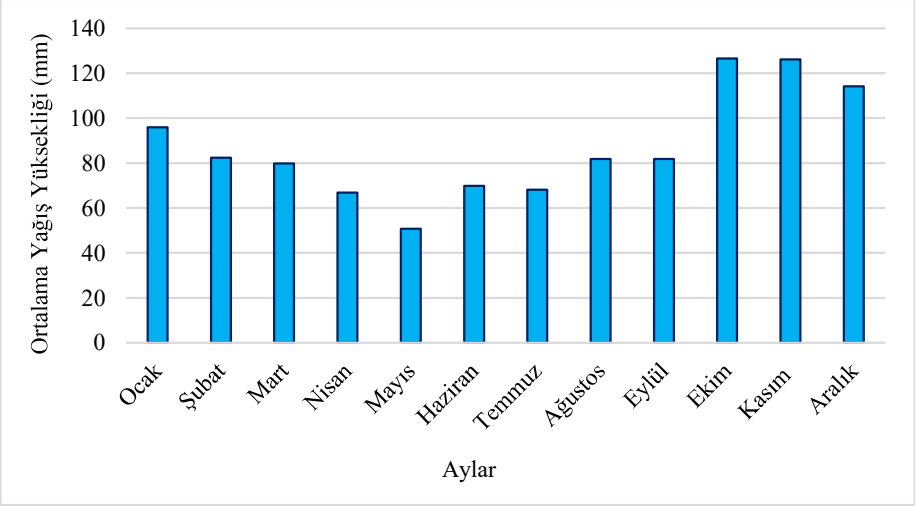
Çizelge 3.1'de en yüksek ortalama yağışlar Ekim, Kasım ve Aralık aylarında görülürken, Çizelge 3.2'e göre ise Sonbahar en çok yağış alan mevsimdir. Aylık ortalama yağış yüksekliklerinin dağılımı grafik olarak Şekil 3.6'da verilmektedir.

Çizelge 3.1. 17624 Ünye DMİ aylık ortalama yağışlar (mm)

Aylar	**Ortalama Yağış (mm)**
Ocak	95.9
Şubat	82.4
Mart	79.8
Nisan	66.8
Mayıs	50.8
Haziran	69.8
Temmuz	68.1
Ağustos	81.8
Eylül	81.8
Ekim	126.5
Kasım	126.1
Aralık	114.2
Yıllık Toplam	1044.0

Çizelge 3.2. 17624 Ünye DMİ aylık ortalama yağışların mevsimsel dağılımı

Aylar	**Ortalama Yağış (mm)**	**% Dağılım**
İlkbahar	197.4	18.91
Yaz	219.7	21.04
Sonbahar	334.4	32.03
Kış	292.5	28.02



Şekil 3.6. Ünye DMİ aylık ortalama yağış grafiği

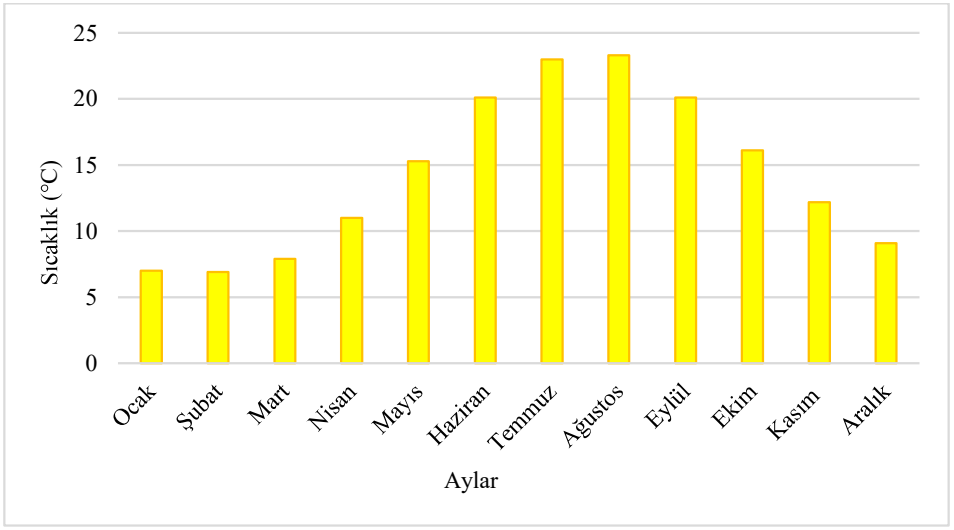
3.2.2. Sıcaklık

Çizelge 3.3'te çalışma alanına ait aylık sıcaklık değerleri verilmektedir. Çalışma alanında aylık ortalama sıcaklıkları dikkate alarak hesaplanan yıllık ortalama sıcaklık 14.3°C, aylık maksimum sıcaklıkların ortalaması 17.7°C ve aylık minimum sıcaklıkların ortalaması 11.5 °C'dir.

Sıcaklığın yıl içerisindeki dağılımı Şekil 3.7'de aylık ortalama sıcaklık grafiği üzerinde gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. 17624 Ünye DMİ aylık sıcaklıklar (°C)

Aylar	En Yüksek Sıcaklık (°C)	En Düşük Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)
Ocak	10.3	4.3	7.0
Şubat	10.4	4.2	6.9
Mart	11.4	5.2	7.9
Nisan	14.6	8.3	11.0
Mayıs	18.4	12.5	15.3
Haziran	23.3	16.9	20.1
Temmuz	26.1	19.9	23.0
Ağustos	26.6	20.3	23.3
Eylül	23.7	17.2	20.1
Ekim	19.5	13.5	16.1
Kasım	15.8	9.5	12.2
Aralık	12.5	6.5	9.1
Yıllık Ortalama	**17.7**	**14.3**	**11.5**



Şekil 3.7. Ünye DMİ aylık ortalama sıcaklık grafiği

3.3. Ünye'de Yaşanmış Tarihi Taşkınlar

İklim değişikliğinin de etkisi ile bölgede görülen aşırı yağışlar, son yıllarda taşkın olaylarında artışa neden olmaktadır. Ünye'de nehir ve şehir taşkınları görülmektedir. Şehir merkezinde gerçekleşenler şehir taşkınları, batı ve doğu kırsal alanlarında gerçekleşenler nehir taşkınları olarak tanımlanabilir. Bölgede genellikle üst üste ve uzun süreli yağışlar meydana gelmekte ve zemin suya doymaktadır. Zemin kapasitesinin aşıldığı yağışlarda yüzeysel akışa geçen yağmur suları hem hacimlerinin yüksek oluşu hem de membalarından taşıdıkları rüsubat nedeniyle yetersiz akarsu kesitlerinden geçemeyerek taşmaktadırlar. 1960, 1988, 2006, 2015, 2016 ve 2018 yıllarında Ünye ilçesinin farklı bölgelerinde taşkınlar meydana gelmiştir. Bu taşkınlara ait bilgiler aşağıda kronolojik sıralama ile verilmektedir.

Ünye'nin doğusunda yer alan ve şu anda sanayi bölgesi olarak planlanmış olan Cevizdere bölgesinde yöre halkı ile yapılan görüşmelerde 1960 yılında büyük bir afet yaşandığı tespit edilmiştir. Taşkın hakkında sayısal bilgi bulunmamaktadır.

Ünye'nin batısında yer alan Curi Deresi'nde 1988 yılında taşkın yaşanmıştır, bu afete dair de sayısal bilgi bulunmamaktadır.

2006 yılında yaşanan taşkında Ünye'de metrekare başına 210 kg yağış düşmüş, kentin batısında Curi Deresi, doğusunda Cevizdere ve şehir merkezinde Tabakhane Deresi taşarak, 11 mahalleyi su altında bırakmıştır. Bu taşkın, özellikle şehir merkezini etkilemiş 548 konut ve 809 işyerinde toplam 14,258,211.0 ₺ ekonomik hasar meydana getirmiştir. Ayrıca, kente su sağlayan Cevizdere ve Curi derelerinin memba bölgelerindeki taşkınlar nedeniyle o dönemde kente su sağlayan kuyular su altında kalarak kullanılamaz hale gelmiş ve kente bir süre su sağlanamamıştır (Arpacıoğlu, 2007).

22.11.2015'te yoğun yağışlar neticesinde Cevizdere membasında özellikle üst kotlarda su baskınları yaşanmıştır. Bu tarihte Düzköy AGİ'de ölçülen debi 353.00 m^3/s olarak kaydedilmiştir. Taşkın mansap bölgesini etkilememiştir.

01.04.2016 tarihinde, Ünye İlçesi'nde metrekare başına 240 kg yağış isabet etmiştir. Daha önce taşkına uğrayan Curi ve Tabakhane dere yataklarında iş makinalarının erken müdahalesi sayesinde 2006 yılında yaşanan felakete benzer bir durumun oluşması engellenmiştir.

08.08.2018 tarihinde yaşanan felakette Tabakhane Deresi taşma seviyesine gelmiş ancak en büyük zarar Cevizdere'de yaşanmıştır (Şekil 3.8-9). 8 Ağustos gece yarısı başlayan yağışlar sonucu Cevizdere Deresi'nde su seviyesi saat 14.00'da maksimuma ulaşmış taşkın sonrası arazi ölçümlerinden alınan değerler ve Manning formülüyle yapılan hesaplamalar neticesinde; Ünye Belediyesi Binicilik Tesisleri yakınında 688.53 m^3/s, Ordu-Samsun karayolu köprüsünde 763.32 m^3/s taşkın debisinin geçtiği tespit edilmiştir (Anonim, 2018e). Çalışma alanı mansabında bulunan anayol köprüsünün 470 m membasında bulunan 1935 yılında yapılmış 83 yıllık Ordu-Samsun köprüsü yıkılmış (Şekil 3.10), ardından anayol köprüsü trafiğe kapatılmış ve 14:30 civarında da 1965 tarihinde yapılmış olan ana karayolu köprüsü yıkılmıştır (Şekil 3.11).

Şekil 3.8. 2018 Cevizdere taşkınında mansap bölgesinde durum

Şekil 3.9. 2018 Cevizdere taşkını sağ sahil mansap bölgesi, kömürcüler mevkii

Şekil 3.10. Yıkılan Ordu-Samsun eski karayolu köprüsü

Şekil 3.11. Yıkılan Ordu-Samsun ana karayolu köprüsü

Cevizdere üzerinde membaya doğru mahallelere ulaşımı sağlayan 3 köprü daha yıkılmıştır. Taşkın esnasında Cevizdere mansabında bulunan tekstil fabrikasında 165 işçi mahsur kalmış, ağır iş makinaları ile zorlukla bulundukları yerden kurtarılmışlardır. Anayoldan 5 km içeride bulunan ve Ünye Belediyesi tarafından işletilen Binicilik Tesisleri ile Cevizdere Spor Kompleksi, sağ sahilde bulunan OSKİ Doğu Atıksu Arıtma Tesisi ve Karayolları Bakım İstasyonu (Şekil 3.12) yanı sıra özel işletmelere ait; kömür depoları, tekstil fabrikası, katı atık işleme ve paketleme tesisi,

ağaç ürünleri işleme tesisi, mermer işleme tesisi ve irili ufaklı daha pek çok işletme sular altında kalmıştır.

Şekil 3.12. 2018 taşkını sırasında Atıksu Arıtma Tesisi ve Karayolları Bakımevi

Bölge halkı için önemli geçim kaynaklarından biri olan fındık tarımında çok büyük zarar meydana gelmiştir. Ordu Valiliği tarafından fındık ürününde meydana gelen hasarı tespit etmek üzere Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nün oluşturduğu 14 ayrı ekiple Ünye, İkizce, Çaybaşı, Fatsa ve Perşembe arazilerinde yapılan tespit çalışmalarında; 3000 civarında fındık üreticisi ile bire bir görüşme yapılmış, fındık bahçeleri incelenmiş ve bunun neticesinde 1100 ton civarında fındık ürününün zarar gördüğü değerlendirilmiştir. Ünye Cevizdere'de harmanda kurutulmakta olan yaklaşık 100 ton fındık taşkın sularıyla denize akmıştır (Şekil 3.13) (Anonim, 2018e).

Şekil 3.13. 2018 taşkınında denize sürüklenen fındığın oluşturduğu görüntü

4. MATERYAL

4.1. Akım Verileri

Cevizdere üzerinde Düzköy AGİ bulunmaktadır. Taşkın pik debileri akım verilerine Olasılık Dağılım Fonksiyonları (ODF) uygulanarak ve NTFA yöntemi ile hesaplanmıştır. Düzköy AGİ verisinin yetersiz olması nedeniyle, Düzköy AGİ'ye akım gözlemleri açısından benzer karakteristik özellikleri olan Akçay Deresi E22A054 Duraklı AGİ, NTFA yönteminde kullanılmak üzere uygun bulunmuştur. Çalışma alanında bulunan DMİ'ler ile Düzköy ve Duraklı AGİ yerleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Çalışma alanı AGİ'lerine ait özellikler ise Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Şekil 4.1. Çalışma alanında bulunan AGİ ve DMİ yerleri

Çizelge 4.1. Çalışma alanı AGİ'lerine ait özellikler

İstasyon No	İstasyon Adı	Kot (m)	Yağış Alanı (km^2)	Gözlem Süresi
E22A066	Düzköy	42	371.5	2008-2017
E22A054	Duraklı	35	222.2	1997-2017

Taşkın hesaplamaları için en uygun veri akarsuda yapılan yeterli sayı ve nitelikteki hidrometrik ölçümler ile elde edilen akım verileridir. Ülkemiz akım ağı ve mevcut AGİ'lerin pek çoğunda yapılan ölçüm sayısı yetersizdir. Çalışma alanını temsil edecek AGİ'lerin istatistiksel olarak anlamlı sonuç verebilmesi için uzun gözlem sürelerine sahip olması gerekir. 20-30'dan daha az elemanı olan örnekler hidrolojik

verilerin istatistik analizinde genellikle küçük örnek olarak değerlendirilir, bunların değerlendirmesinde büyük örnekler için geçerli olan bazı ifadeleri kullanmak hatalı bir yaklaşımdır (Bayazıt, 1981). Bu ifadeye göre Düzköy AGİ veri sayısı bakımından yetersizdir. Ancak yine de diğer sonuçlar ile karşılaştırma yapmak amacıyla işletmedeki Düzköy AGİ'de yılda anlık maksimum akım verilerinin ekstrem dağılımları hesaplanarak çeşitli tekerrür sürelerine sahip taşkın debileri hesaplanmıştır.

4.2. Meteorolojik Veriler

Cevizdere Havzası hesaplarında kullanılan ve Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilen meteoroloji istasyonlarının yerleri Şekil 4.1'de ve özellikleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonları ve özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Kot (m)	Gözlem Süresi
17624	Ünye	41°08'	37°17'	20	1954-2016
1602	Kumru	40°52'	37°15'	600	1961-2016
1600	Akkuş	40°47'	37°01'	1175	1965-2016

17624-Ünye DMİ'nin günlük maksimum yağış (mm), ortalama sıcaklık (°C), maksimum sıcaklık (°C), minimum sıcaklık (°C), en kuvvetli rüzgar şiddeti (m/s), en kuvvetli rüzgar yönü ve bağıl nem (%) rasatları bulunmaktadır. 1602- Kumru DMİ ve 1600-Akkuş DMİ'de ise ölçülmüş günlük maksimum yağış (mm) rasatları mevcuttur.

4.3. Topoğrafya Verileri

Havzanın fiziksel karakteristiklerini (eğim, bakı, havza sınırları gibi) tespit edebilmek için, DSİ 7. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25000 ölçekli "Samsun F38-c4" haritası kullanılmıştır. 1/25000 ölçekte bir haritada geniş yataklı bir dere ancak bir çizgi olarak ifade edilebilirken, 1/5000 ya da 1/1000 gibi daha büyük ölçekli haritalarda arazi yapısını daha detaylı görmek mümkündür. Taşkın modellemesinde arazi üzerindeki doğal ya da yapay detayların gerçekçi biçimde ifade edilebilmesi ve model sonuçlarının doğruluk seviyesinin yüksek olması taşkın modelinde kullanılan altlık haritaya bağlıdır. Çalışma alanı hem yerleşime ve hem de sanayileşmeye açık gelişme gösteren bir bölgedir. Bu nedenle modelleme ile doğru sonuçlar elde etmek amacıyla DSİ'den alınan, 1/1000'lik topoğrafya haritasından üretilmiş verilere şev altı

ve üstü, talveg, köprü röleveleri ve arazide yapılan yersel ölçümler eklenerek hazırlanmış SYM kullanılmıştır.

Çalışma alanında Cevizdere üzerinde Şekil 4.2'de yerleri gösterilen 4 adet köprü bulunmaktadır. İlk iki köprü Ordu-Samsun Karayolu köprüleridir. Yan yana duran aynı boyuttaki iki köprü tek köprü olarak düşünülmüş ve K1 köprüsü olarak isimlendirilmiştir. K1 köprüsünün 470 m membasında ise eski Ordu-Samsun karayolu köprüsü bulunmaktadır. Bu köprü K2 olarak anılacaktır. Ünye Belediyesi Atlı Binicilik Tesisi mevkiinde bulunan köprü ise K3 köprüsü olarak isimlendirilmiştir. Köprülerin özellikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Şekil 4.2. Cevizdere üzerinde çalışma alanında yer alan köprüler

Çizelge 4.3. Cevizdere üzerinde yer alan köprülerin özellikleri

Köprü	Enlem-Boylam	Tabliye altı (m)	Tabliye üstü (m)	Uzunluk (m)
K1	41 06 47 K, 37 19 50 D	3.30	5.35	85.00
K2	41 06 31 K, 37 19 42 D	6.00	6.78	76.00
K3	41 05 11 K, 37 19 28 D	13.00	14.71	69.00

5. YÖNTEM

5.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları ile Taşkın Debilerinin Hesabı

Hidrolojik seriler genellikle 30-100 yıllık ve bazen daha kısa süreli serilerdir. Bu serilerin olasılık analiziyle elde edilen frekans dağılım çizgisini uzatarak gözlem süresinden daha uzun aralıklarla görülecek taşkın debilerini tahmin etmek büyük hatalara yol açabilir. Bu durumda ekstrem değerlerin örnekten elde edilen frekans dağılımına uyan olasılık dağılım fonksiyonunun ampirik olarak belirlenmesi yerine teorik ekstrem değer dağılımlarını kullanmak daha uygun olur (Bayazıt, 1981).

Hidrolojide en çok kullanılan olasılık dağılım fonksiyonları; Normal (Gauss), Log-normal, Gumbel (ekstrem değerler), ve Log-Pearson Tip-3 (Gamma) dağılımlarıdır. Taşkınların tahmininde teorik olasılık dağılımlarının kullanılması analitik yöntem olarak da anılır.

5.1.1. Normal dağılım

Normal dağılım, Gauss dağılımı olarak da bilinir ve pek çok istatistik irdelemede kullanıldığı gibi hidrolojik değişkenlerin analizinde de oldukça sık kullanılan bir dağılımdır. Bu durumun sebebi dağılım ne olursa olsun, çok sayıda rastgele değişkenin toplamının dağılımının genellikle normal dağılıma yaklaşması olabilir (Benjamin ve Cornell, 1970; Usul, 2008). X bağımsız değişken olarak düşünülürse; merkez limit teoremine göre n adet bağımsız değişkenin toplamından oluşan X rastgele değişkeninin dağılımı, n değeri arttıkça asıl değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. X normal rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x} \right)^2 \right] \qquad \textbf{(5.1)}$$

şeklinde verilir.

Değişken x'in standartlaştırılması ile elde edilen yeni bir z değişkeni tarif edilerek normal dağılım tek parametreli hale getirilebilir. Standart birim veya normalize birim olarak adlandırılan z ortalaması sıfır standart sapması bir olan normal dağılıma N (0,1), sahiptir. Standart birim z,

$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \tag{5.2}$$

şeklinde verilir.

Belli bir ihtimal için z değeri bulunduktan sonra serideki değer, x ters dönüşümle elde edilir.

$$X_p = \mu_x + z_p \sigma_x \tag{5.3}$$

ifadesi ile hesaplanır (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013).

5.1.2. İki parametreli Log-Normal dağılım

Y değişkeni *X* değişkeninin logaritmasıdır ve eğer normal dağılmış ise *X*'in dağılımı log-normal'dir. Dağılım *X>0* şeklinde tanımlanabilir ve bu sayede hidrolojideki pek çok pozitif çarpık değişkene uyar.

$$Y = \ln(X) \tag{5.4}$$

$Y = ln(X)$' in hesaplanmasıyla, $Y = ln(X_1,X_2...X_n)$ şeklinde olacaktır. Farklı tekerrür sürelerine sahip debileri hesaplamak için,

$$Y = X_{ort} + \kappa \sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - \left(\frac{\sum x}{N} \right)^2 \right) \left(\frac{N}{N-1} \right)} = X_{ort} + \kappa S_n \tag{5.5}$$

formülü kullanılır. κ değerleri ise,

$$\kappa = \frac{e^{\left(\sqrt{a} \left(z - \frac{a}{2} \right) \right)} - 1}{\frac{\sqrt{b}}{x_{ort}}} \tag{5.6}$$

şeklinde hesaplanır.Denklemdeki *a* ve *b* katsayıları,

$$a = \ln\left(1 + \left(\frac{\sqrt{b}}{x_{ort}} \right)^2 \right) \tag{5.7}$$

$$b = \left(\frac{\sum x^2}{N} - {x_{ort}}^2 \right) \frac{N}{N-1} \tag{5.8}$$

olarak ifade edilir (Bayazıt ve Önöz, 2008; Usul, 2008; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013).

5.1.3. Üç parametreli Log-Normal dağılım

X değişkenin logaritmasını almak çoğu kez dağılımın normal dağılma uymasını sağlamaz. Bu durumda X_0 şeklinde bir alt sınır değerini dağılımdan çıkarılıp logaritmik dönüşüm uygulanır ve dağılım normal dağılıma uydurulur.

$$Y = \ln(X - X_0) \tag{5.9}$$

denklemde X_0 alt sınır olup Y'nin dağılımı normal dağılım olmaktadır. Yukarıdaki denklemde X esas değişken,

$$Y = X_{ort} + \kappa\sqrt{\left(\frac{\sum x^2}{N} - X_{ort}{}^2\right)\left(\frac{N}{N-1}\right)} \tag{5.10}$$

olarak elde edilir. κ değerleri ise,

$$\kappa = \frac{e^{\left(\sqrt{a}\left(z-\frac{a}{2}\right)\right)} - 1}{f} \tag{5.11}$$

a ve f katsayıları ile çarpıklık katsayısı ise,

$$a = \ln\left(z^2 + 1\right) \tag{5.12}$$

$$f = \frac{\left(1 - d^{\frac{2}{3}}\right)}{d^{\frac{1}{3}}} \tag{5.13}$$

$$d = \frac{-c + \sqrt{c^2 + 4}}{2} \tag{5.14}$$

$$c = \frac{\left(\frac{\sum X^2}{N}\right) + 2X_{ort} - 3X_{ort}\left(\frac{\sum X^2}{N}\right)}{\left(\frac{\sum X^2}{N} - X_{ort}{}^2\right)} \tag{5.15}$$

$$C_s = \frac{N\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^3}{(N-1)(N-2)S_n{}^3} \tag{5.16}$$

şeklinde elde edilir (Bayazıt ve Önöz, 2008;Usul, 2008; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013).

5.1.4. Gumbel dağılımı

Tekrarlanan örneklemelerdeki en küçük veya en büyük değerlerin dağılımlarını göz önüne alarak Gumbel uç (ekstrem) değerler teorisini teklif etmiştir (Gumbel, 1958; Usul, 2008). Bu kabule göre örnekleme kabul edilebilecek bir yıllık 365 adet gözlemin uç değerleri (GEV) bu örneklemenin en büyük ve en küçük değerleridir. İstatistiğin ekstrem değerler teorisine göre, bağımsız değişkenlerin sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyüklerin dağılımının ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilir. (Bayazıt ve Önöz, 2008; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013). Dağılımda X değerine eşit veya daha büyük bir taşkının olma ihtimali, P, şu şekilde hesap edilir;

$$P = 1 - e^{-e^{-Y}} \tag{5.17}$$

Burada y özel indirgenmiş değerdir ve tekerrür süresinin bir fonksiyonudur. Y;

$$Y = a(X - X_0) \tag{5.18}$$

denklemi ile verilmektedir. Burada α dağılımın ölçek parametresi, X_0 ise mod değeridir. Küçük örnekler için (n<30) α ve X_0 değerleri,

$$a = \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \tag{5.19}$$

$$X_0 = \overline{X} - Y_n \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_x} \right) \tag{5.20}$$

denklemleriyle bulunur (Usul, 2008).

5.1.5. Pearson Tip-III dağılımı

Özellikle taşkın hidrolojisinde Pearson Tip III ve Log-Pearson Tip III dağılımları sıklıkla kullanılmaktadır. Pearson Tip-III dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu,

$$f(x) = |\beta| \left[\beta \left(x - \xi \right) \right]^{a-1} \frac{\exp\left[-\beta (x - \xi) \right]}{\Gamma(a)} \tag{5.21}$$

şeklinde verilir. Burada α; biçim, β; ölçek ve ξ; yer parametresidir. $\alpha > 0$, $\beta > 0$ için $x > \xi$ olup ξ alt sınırı oluşturur. $\beta < 0$ için ise $x < \xi$ olup ξ üst sınırdır.

$X > \zeta$ için $C_{sx} = 2/\sqrt{a}$ ve $x < \xi$ için $C_{sx} = -2/\sqrt{a}$ 'dır. Ayrıca, $\beta > 0$ ve $\xi = 0$ için $C_{sx} = 2C_{Vx}$ olup dağılım Gamma dağılımına indirgenir. Sabit ortalama ve varyans için limit halinde, α sonsuza giderken çarpıklık sıfıra gider ve Pearson Tip III dağılımı normal dağılıma dönüşür. Yine $\alpha = 1$ ve $C_{sx} = 2$ için 2 parametreli eksponansiyel dağılım elde edilir. Dağılımın momentleri,

$$\mu_x = \xi + \frac{a}{\beta} \tag{5.22}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{a}{\beta^2} \tag{5.23}$$

şeklinde ifade edilir. Dağılımın parametrelerinin tahmini momentler yöntemi ile,

$$a = \frac{4}{C_{sx}^4} \tag{5.24}$$

$$\beta = \frac{2}{\sigma_x C_{sx}} \tag{5.25}$$

$$\xi = \mu_x - \frac{a}{\beta} = \mu_x - \frac{2a_x}{\sigma_x C_{sx}} \tag{5.26}$$

bulunur. Pearson Tip III dağılımının eklenik dağılım fonksiyonu elde edilememekte, bunun için tablolar veya bazı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Tablolar çarpıklığa bağlı olarak K (frekans faktörü) değerini vermektedir. Ortalaması sıfır, varyansı 1 olan standart Pearson Tip-III değişkeninin çarpıklığa bağlı olarak çeşitli p kuantilleri bu tablolardan okunup,

$$X_p = \mu + \sigma K_p\left(C_{sx}\right) \tag{5.27}$$

ile hesaplanabilir. K_p frekans faktörü Wilson-Hilferty transformasyonu ile,

$$K_p(C_{sx}) = \frac{2}{Csx}\left(1 + \frac{C_{sx}^2}{6} + \frac{C_{sx}^2}{36}\right)^3 - \frac{2}{C_{sx}} \tag{5.28}$$

güvenilir bir şekilde hesaplanabilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

5.1.6. Log-Pearson Tip-III dağılımı

Taşkın analizinde çokça kullanılan bir diğer dağılım Log-Pearson Tip-III dağılımıdır. Bir rastgele değişkenin *(Y)* logaritmaları Pearson Tip-III dağılmış ise esas değişkenin (*X*) dağılımı Log-Pearson Tip-III olur.

$$Y = \ln(X) \tag{5.29}$$

Dağılımın parametreleri, ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı sırasıyla;

$$\overline{\log x} = \sum \log x / n \tag{5.30}$$

$$S_{\log x} = \sqrt{\frac{n\sum\left(\log x - \overline{\log x}\right)^3}{n-1}} \tag{5.31}$$

$$G = \frac{n\sum\left(\log x - \overline{\log x}\right)^3}{(n-1)(n-2)S_{\log x}{}^3} \tag{5.32}$$

şeklinde bulunur (Bayazıt ve Önöz, 2008; Usul, 2008).

5.1.7. Kolmogorov-Smirnov uygunluk testi

Çalışmada kullanılan Kolmogorov-Smirnov (KS) uygunluk testi, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiş, 1939 yılında Simirnov tarafından geliştirilmiştir. Tek örnek için KS testi iki kümülatif dağılım fonksiyonunun incelenmesi temeline dayanır (Gamgam, 1998). Bunlardan birincisi sıfır hipotezinde belirtilen kümülatif dağılım fonksiyonudur. İkincisi örnekten elde edilen gözlenen kümülatif dağılım fonksiyonudur. KS tek örnek testinde hipotezlerin kuruluş şekli aşağıda sıralanmıştır.

Hipotezler:

H_0: $o_i = e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur)

H_1: $o_i \neq e_i$ (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Aralarındaki fark önemlidir)

Test istatistiği Δ ile gösterilir. Δ; gözlenen ve beklenen değerlerin kümülatif nispi frekansları arasındaki mutlak farkın en büyüğüdür (Kartal, 1998). $\Delta = max \mid F_0 - F_e \mid$

formülünde, F_0; gözlenen kümülatif nispi frekans, F_e; beklenen kümülatif nispi frekanstır. α; anlamlılık düzeyi ve $K\Delta=\Delta\alpha$ olmak üzere; $\Delta>K\Delta$ ise gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun olmadığına α anlamlılık seviyesinde karar verilir. H_0 hipotezi kabul edilirse gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olduğu kabul edilir.

5.2. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Projenin yapılacağı akarsu üzerinde bulunan akım gözlem istasyonu (aranan) ile analizde kullanılacak akım gözlem istasyonunun (taşınan) istatistik analizleri yapılarak, taşkın yineleme debileri bulunur. Taşınacak AGİ'nin yinelenmeli debileri taşkın hesabı yapılacak tesis alanına taşınır. Taşıma sırasında $Q_{ARANAN} = (A_{ARANAN} / A_{TAŞINAN})^n Q_{TAŞINAN}$ denklemi kullanılır. Denklemde yer alan n ifadesi havzadan havzaya değişkenlik gösteren bir katsayıdır ve bu değer Karadeniz için 2/3'tür (Özdemir, 1978).

5.3. Sentetik Yöntemler ile Taşkın Hidrograflarının Elde Edilmesi

Bir havzada taşkın debilerinin hesabında kullanılabilecek en değerli veriler şüphesiz ölçülmüş akım verisidir. Ancak mevcut havza alanlarının çoğunda birim hidrograf elde edebilecek şekilde yağış-akış verileri mevcut değildir ya da eksiktir. Bu gibi durumlarda taşkın debilerinin hesaplanmasında sentetik birim hidrograflardan yararlanılmaktadır.

5.3.1. Mockus yöntemi

Sentetik birim hidrograf yöntemlerinden olan Mockus yöntemi, toplanma süresi (t_c) 30 saatten az olan drenaj alanları için uygundur. Toplanma süresi daha büyük olan havzalar daha küçük parçalara ayrılarak her bir parça için hidrograflar hesaplanıp, gecikme sürelerine göre süperpoze edilmektedir. Yağış devam ettiği süre boyunca değişken özellikte bir iklim parametresidir. Bu nedenle birim sağanak süresi ΔD'nin doğru seçilmesi sonuçların hassasiyeti açısından önem arz etmektedir. Yöntemde sağanak süresinin seçilmesinde,

$$\Delta D = (t_c / 5) \qquad \textbf{(5.33)}$$

formülü uygulanır (Aslan, 1997). İlk 6 saatlik proje sağanak süresi için *ΔD,* çoğunlukla 1 saattir. Toplanma zamanının 3 saatten az olduğu hallerde ise *ΔD,* pratik olarak 0.5 saat alınmaktadır. Toplanma zamanının 10 ile 15 saat arasında olması halinde 2 saat, 15 saatten 30 saate kadar olması halinde ise 3 saat alınması uygundur (Özdemir,1972). Mockus yöntemine ait değerleri bulmak için aşağıdaki işlem sırası takip edilir.

Geçiş süresi t_c,

$$t_c = 0.00032(L_h^{0.77} / S^{0.385}) \quad \textbf{(5.34)}$$

ile hesaplanır. Burada,

L_h; drenaj alanının hidrolik uzunluğu (m),

S; drenaj alanının ortalama eğimidir (%).

Daha sonra taşkını oluşturan yağışın süresi D,

$$D = 2t_c^{1/2} \quad \textbf{(5.35)}$$

ile elde edilir. Bulunan toplanma süresinden birim sağanak süresi D,

$$\Delta D = t_c / 5 \quad \textbf{(5.36)}$$

ile hesaplanır. Pik debiye ulaşma süresi *tp*,

$$t_p = 0.5\,\Delta D + 0.6\,t_c \quad \textbf{(5.37)}$$

şeklinde bulunur. Daha sonra taşkın sönümlenme süresi *tr*,

$$t_r = H_c\,t_p \quad \textbf{(5.38)}$$

ile hesaplanır. Burada, H_c; havza karakteristiklerine göre 1 ile 2 arasında değişen iklime bağlı ampirik bir katsayıdır H_c=1.67 alınır. Bu işlemlerden sonra 1 mm'lik yağışın oluşturacağı debi,

$$q_p = (K\,A) / t_p \quad \textbf{(5.39)}$$

hesaplanır (Çavdar, 1996). Burada, K; 0,21 ile 1,60 arasında değişen havza katsayısıdır. K katsayısının hesabında aşağıda verilen Efelerli yöntemi de kullanılmaktadır (Anonim, 2012b),

$$K = 0.201 + \frac{0.01183}{\sqrt{A}} L - 0.2646 \frac{(H_{10} - H_0)/1000}{\sqrt{A}} \quad \textbf{(5.40)}$$

burada, H_{10} dere boyunun en yüksek kotu, H_0 ise dere boyu proje kotu, L en uzun dere boyu ve A ise havza alanıdır. K değeri elde edildikten sonra bulunan q_p değeri Denklem 5.62'de maksimum yağış yüksekliği değeri h_a, ile çarpılarak taşkın debisi Q_p,

$$Q_p = q_p\, h_a \tag{5.41}$$

ile elde edilir. Akış yüksekliği değerinin bulunmasında aşağıda verilen formüller kullanılmıştır. Burada öncelikle s katsayısı,

$$s = \left(\left(\frac{1000}{CNII} \right) - 10 \right) 25.4 \tag{5.42}$$

ile hesaplanır. Denklem 5.59 ile akış yükseklileri,

$$h_a = \frac{(P - 0.2s)^2}{(P + 0.8s)} \tag{5.43}$$

ile bulunur. Burada, P değeri çeşitli tekerrürler için en büyük yağış miktarını göstermektedir (Mockus, 1965).

5.3.2. DSİ sentetik yöntemi

DSİ sentetik yöntemi 1000 km^2'ye kadar olan drenaj alanları için kullanılır. Daha büyük drenaj alanlarına geçildiğinde bu alanlar, 1000 km^2'den daha küçük alanlara ayrılarak birim hidrograflar elde edilir.

DSİ sentetik metodun uygulanmasına başlanılırken öncelikle arazinin harmonik eğim hesabının yapılması gerekir. Daha sonra toplam uzunluk 10 eşit parçaya bölünerek harmonik eğim S,

$$S = \left(\frac{10}{\sum 1/\sqrt{S_i}} \right)^2 \tag{5.44}$$

şeklinde bulunur. Harmonik eğim bulunduktan sonra havza parametresi E,

$$E = \frac{L\, L_c}{\sqrt{S}} \tag{5.45}$$

ile hesaplanır. Burada, L; Dere uzunluğunu (m), L_c; Havzanın ağırlık merkezinden akarsuya inilen dikmenin akarsuyun kestiği noktadan havza çıkış noktasına olan mesafesini (km) temsil etmektedir. Daha sonra q_p değeri,

$$q_p = 414 / (A^{0.225} E^{0.16}) \quad \textbf{(5.46)}$$

şeklinde elde edilir. q_p; iki saat devam eden ve havza üzerinde 1mm'lik akış meydana getiren yağışın taşkın debisinin en yüksek değere ulaştığı anda, yağış alanın birim km^2'sinden gelebilecek debiyi göstermektedir. T_p değerinin 2 saatten daha az çıkması durumunda ise sonuçlarda doğruluğu sağlamak amacıylabirim sağanak süresinin T_p kadar alınması uygun görülmektedir. Birim hidrograf pik debisi Q_p,

$$Q_p = A q_p 10^{-3} \quad \textbf{(5.47)}$$

İle bulunur. A; havza alanı, h_a;1mm'lik birim akış yüksekliği olmak üzere, birim hidrografın hacmi V_b,

$$V_b = A h_a 10^{-3} \quad \textbf{(5.48)}$$

şeklinde hesaplanır. Hidrografın devam süresi T,

$$T = 3.65\ V / Q \quad \textbf{(5.49)}$$

ile elde edilir. Hidrografın yükselme zamanı T_p ise,

$$T_p = T / 5 \quad \textbf{(5.50)}$$

şeklinde hesaplanır.

DSİ sentetik metodunda proje sağanak süresinin 2 saatin katlarından biri olarak alınması halinde T ve T/ Tp'nin tam sayı olması gerekir. Bu nedenle birim hidrograf yerine 2'şer saatlik artım akışlara ait debilerden yararlanılarak hidrograflar süperpoze edilir. Ancak bu çok uzun sağanak süreleri için pratik değildir. Bu nedenle çoğunlukla birim hidrograf kullanılır. Boyutsuz birim hidrograf koordinatlarından T/T_p; T_p ile çarpılarak süreler (t), Q/Q_p; Q_p ile çarpılarak debiler (Q) hesaplanarak taşkın hidrografı elde edilir.

5.3.3. Snyder yöntemi

Snyder yönteminde akarsu havzasının ağırlık merkeziyle taşkın hidrografının tepe noktası arasındaki *tp* zaman farkı saat olarak (Aslan, 1997),

$$t_p = 0.75 C_t (L L_c)^{0.3} \quad \textbf{(5.51)}$$

ile bulunur. Burada, C_t; havza depolama kapasitesi ve eğimine ait katsayı, L; havza uzunluğu (km), L_c: havza alanı ağırlık merkezinin havza giriş veya çıkış noktasına olan en uzun mesafesidir (km). Birim hidrografa ait sağanak süresi t_r ise saat olarak,

$$t_r = t_p / 5.5 \tag{5.52}$$

ile bulunur (Chow vd, 1988). Taşkın hidrografının tepe noktasındaki birim taşkın debisi q_p,

$$q_p = 2760\, C_p / t_p \tag{5.53}$$

ile elde edilir (Aslan, 1997). Buradan taşkın tepe noktasındaki debi Q_p,

$$Q_p = q_p A 10^{-3} \tag{5.54}$$

ile hesaplanır. Bulunan debi maksimum yağış yükseklikleri ile çarpılarak taşkın pik debileri elde edilir.

5.4. Cowan Yöntemi ile Yatak Pürüzlülük Katsayılarının Bulunması

Bir kanala ait n değerinin seçimini etkileyen en önemli faktörler; kanal yatağını ve banketleri oluşturan materyalin türü ve boyutu ile kanalın şeklidir. Cowan (1956) tarafından geliştirilen yöntem ile pürüzlülük katsayısını belirlemek için bu faktörlerin etkileri tahmin edilebilir. Pürüzlülük değeri n aşağıdaki formülasyon kullanılarak,

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \tag{5.55}$$

hesaplanır. Burada,

n_0; kanalın zemin özelliklerine göre seçilen değer,

n_1; yüzey düzensizliklerinin etkileri için bir düzeltme faktörü,

n_2; kanal enkesiti şekli ve büyüklüğündeki değişimler için seçilen bir değer,

n_3; kanaldaki engeller için bir faktör,

n_4; akım şartları ve vejetasyon için seçilen bir değer,

m; ise kanal eğriliği için bir düzeltme faktörüdür (Arcement ve Schneider, 1989).

Kanal alt kesitlerinin temel n değerinin seçiminde, kararlı kanal ve kumsal kanal olmak üzere bir sınıflandırma yapılmalıdır. Bunun ardından, n_0 değeri kanal yatağını oluşturan malzemenin cinsine ve büyüklüğüne göre seçilen değerdir. Kanalın kum,

çakıl, toprak, kaya, iri çakıl olmasına ve milimetre cinsinden dane büyüklüğüne göre 0.012'den 0.070'ye kadar farklı değerler alır. Bir diğer değer olan n_1, kanal düzensizlikleriyle ilgili değerdir. Kanal düzensizliğinin pürüzsüz, pürüzlülüğü önemsiz, orta ve şiddetli tanımlamalarına göre 0-0.020 arasında değerler alır. Kanal enkesitindeki değişimlere bağlı olarak n_2 tedrici değişken, nadir değişken ve sık değişken tanımlamalarına bağlı olarak, 0-0.015 arasında değerler alır. Kanal içerisinde var olan birikintiler, tümsekler, kütükler, kayalar ve köprü ayakları gibi engeller göz önünde tutularak n_3 değeri tespit edilir. Engellerin kapladığı alanın yüzdesel değerlerine, örneğin %5, %15, %50 ve daha fazla olması, engellerin özellikleri ve engellerin enine ve boyuna kapladıkları alan dikkate alınarak bu etkilerin ihmal edilebilir, önemsiz, önemli ve şiddetli tanımlamaları yapılarak 0-0.050 arasında değerler alır. Kanaldaki vejetasyonun cinsine, yaşına ve boyuna bağlı olarak n_4 değeri küçük, orta, büyük, çok büyük tanımlamaları ile 0.002'den 0.100'e kadar değerler alır. Kanal eğriliğinin önemsiz, önemli ve şiddetli olmasına bağlı olarak, düzeltme faktörü olan m; 1.00, 1.15 ve 1.30 değerlerini alır (Arcement ve Schneider, 1989).

Arazinin yatak dışında kalan kısmında ise arazi gözlemleri yapılmıştır. Chaudhry (2008)'nin arazi özelliklerine göre Manning değerlerini tablolaştırdığı çalışmasından faydalanılmıştır.

5.5. Hidrolik Modelleme Yaklaşımı

Günümüzde taşkın modellemesinde bilimsel temellere dayanan özel yazılımlar sayısal analiz metodu olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bilgisayar modellerinden; kalite, esneklik, kapasite ve ergonomiyi arttıran özelliklerinden dolayı su yönetiminin tüm aşamalarında faydalanılmaktadır. Ayrıca farklı zamansal ve mekansal ölçeklerde akım analizi yapabilmeleri sayesinde, taşkın olayının benzeşimi, taşkın yönetim planlaması ve risk değerlendirmesinde başarılı olmaktadırlar (Nicholas ve Mitchell, 2003; Brush ve Harris, 2010; Karim vd, 2011). Farklı akım koşulları için su yüzey profillerinin belirlenmesini sağlayan bilgisayar tabanlı sayısal modeller ile zaman ve kaynak tasarrufu, verim artışı sağlanmaktadır (Snead, 2000; Noman, 2001).

Bu çalışmada MIKE 11 ve MIKE 21 hidrolik modelleri kullanılmıştır.

5.5.1. MIKE 11

MIKE 11; nehirler, taşkın alanları, sulama kanalları ve rezervuarlar için akış, su kalitesi ve sediment taşınımının 1B modellemesinde yaygın olarak kabul görmüştür. MIKE 11, akımın 1B olarak düşünülebileceği tek yönlü su hareketi olan nehirler ve açık kanal akımlarında uygulanabilir (Anonim, 2016a).

MIKE 11 model altyapısı diğer 1B modeller gibi süreklilik ve momentum denklemlerine yani Saint Venant denklemlerine dayanmaktadır. Bu denklemler 1B akım için,

$$\left(\frac{dq}{dx}\right)+\left(\frac{dA}{dt}\right)=q \tag{5.56}$$

$$\left(\frac{dq}{dx}\right)+\frac{\left(\frac{dq^2}{dA}\right)}{dx}+gA\frac{dh}{dx}+\left(\frac{gq|q|}{C^2AR}\right)=0 \tag{5.57}$$

şeklinde verilmektedir. Bu denklemlerde,

A; akım alanını (m^2),

q; yanal akımı (m^2/s),

h; su derinliğini (m),

C; Chezy pürüzlülük katsayısını ($m^{1/2/s}$),

α; momentum dağılım katsayısını,

x; kartezyen koordinatlarını,

g; yerçekimi ivmesini (m/s^2)'ni ifade etmektedir.

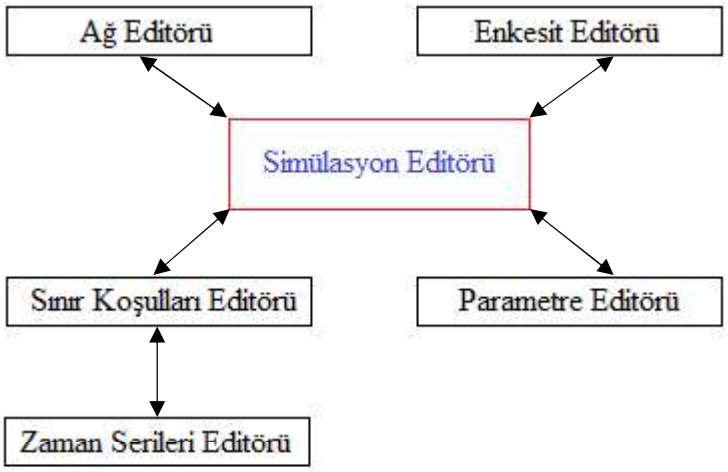
MIKE 11 Saint Venant denklemlerinin çözümünde Abbott ve Ionescu (1967) tarafından geliştirilen bir kapalı sonlu farklar şeması kullanmaktadır. MIKE 11 kinematik, difüzyon ve dinamik dalga denklemlerini kullanabilmektedir. Süreklilik ve momentumun korunumu denklemlerinin çözüm şeması model için belirlenmiş dalga yayılım metodundan (kinematik, difüzyon, dinamik) bağımsız bir şekilde yapılanmaktadır (Sönmez, 2013).

Hidrolik model hesapları; nehir yatağı boyunca Q noktaları ve h noktaları olarak sınıflandırılan yerlerde debi ve su seviyesi değerlerinin belirlenmesi için

yapılmaktadır. *h* noktaları her kesitte, Q noktaları ise otomatik olarak ardışık h noktalarının ortasında ve hidrolik yapılarda yer alır (Şekil 5.1). Model parametrelerinin ifade edilmesi için; nehir yatağı boyunca akış yönüne dik olarak hazırlanan kesitler kullanılır. Kesitlerin alınma sıklığı arazi koşullarına göre belirlenir. Etken faktörler; nehir yatağı kesitindeki ve eğimindeki değişimler, sürtünme katsayısındaki değişim, sanat yapıları, ana kol-yan kol etkileşimi olarak sıralanabilir.

Şekil 5.1. MIKE 11 hesap şeması

MIKE 11 ara yüzü "Ağ Editörü, Enkesit Editörü, Simülasyon (benzeşim) Editörü, Sınır Koşulları Editörü, Parametre Editörü ve Zaman Serileri Editörü" bileşenlerden oluşur. Bu bileşenlerin hepsi birbirleriyle bağlantılıdırlar ve modeli birlikte oluştururlar. Şekil 5.2'de, MIKE 11 ara yüz bileşenleri ve aralarındaki bağlantılar gösterilmiştir.



Şekil 5.2. MIKE 11 bileşenleri arasındaki bağlantılar

Kurulan modelin kararlı olup olmadığını belirlemek amacı ile zaman ve mesafe aralığı dikkate alınarak elde edilen Courant sayısı kullanılmaktadır. Hız, zaman ve mesafe faktörlerine bağlı hesaplanan Courant sayısı hidrolik modellemenin sayısal açıdan kararlı ve tutarlı sonuçlar verebilmesi için önemlidir. Bu yüzden maksimum

Courant sayısının 1 'den az olması gerekmektedir (Anonim, 2016a). D; su yüksekliği (m), g; yer çekimi ivmesi (m/s^2), V; akım hızı (m/s) olmak üzere;

Courant sayısı,

$$Cr = \left(\sqrt{g\,D} + V\right)\frac{\Delta t}{\Delta x} \qquad \textbf{(5.58)}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

5.5.2. MIKE 21

MIKE 21 FM (Akış Modeli) serbest yüzey akımlarının analizinde kullanılan 2B bir modelleme sistemidir. Baraj yıkılması, taşkın dalgaları, taşkın yayılımları ve gel-git gibi spesifik problemlerin çözümlenmesinde dünya çapında kabul görmektedir.

Çok düz taşkın yataklarında ve karmaşık topografyalarda taşkın dalgası yayılımını 1B bir hareket olarak tanımlamak doğru bir yaklaşım değildir. Bu gibi durumlarda akış tek bir yöne doğru değil pek çok yöne doğru gerçekleşebilir. Bu hareketin doğru şekilde belirlenebilmesi için 2B model yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.

2B modellemelerde süreklilik ve momentum denklemleri x ve y doğrultularında olmak üzere iki boyutta yazılmaktadır. Sonuçlar ise çözüm etki alanındaki her bir hücre yani sayısal ağ için hesaplanmaktadır. Yani 1B modelde su seviyesi ve debi sadece kesiti bulunan noktalar için elde edilebilirken, 2B modelde bu sonuçlar çözüm alanındaki her bir hücre için elde edilebilmektedir. Ayrıca akış yönündeki ve diğer yönlerdeki debi ve hız değerleri de 2B modelle hesaplanabilmektedir. Bu nedenle 2B modelin bilgisayar ortamındaki hesaplama süresi 1B modele göre oldukça uzun olur ve bilgisayarda daha büyük alanlar kaplayan sonuç dosyaları üretir.

2B modelin kullanılmasının asıl faydası, belirlenen her zaman aralığında her bir hücredeki x ve y doğrultusu için hız ve debi bilgisini vermesidir. 2B hesaplanan hız profili, taşkın dalgasının gelişimini doğru bir şekilde temsil eder. Böylece taşkın esnasındaki nehrin durumunu, sediment taşınımı hakkında daha iyi tahminler yapmada fayda sağlamaktadır. Nehir içerisinde bulunan hendekler, eşikler vs. gibi elemanlar için hızların yerel değişimi belirlenebilmektedir. Bu nedenle 2B modeller yapılacak nehir taraması, kanal revizyonu, yapılan veya kaldırılan taşkın koruma yapılarının etkilerini hesaplamak içinde kullanılabilmektedir.

2B modellerin oluşturulmasında gereken en önemli veri nehir sistemini ve taşkın yatağını doğru bir şekilde yansıtan topoğrafya verileridir. Su seviyesinin doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlayan en önemli parametre doğru biçimde temsil edilmiş taşkın yatağıdır. Diğer gerekli veriler ise; temel model parametreleri, kalibrasyon parametreleri ve sınır koşulları olarak 3'e ayrılmaktadır. Temel model parametreleri; hücre genişliği, hesap yapılan zaman aralığı, simülasyon süresi, çıktı parametreleri ve bunların elde edilme sıklıklarıdır. Kalibrasyon parametlerine yatak pürüzlülüğü, rüzgar etkisi sayılabilir. Sınır koşulları ise sabit veya değişebilen (zamana ve yere göre) seviye veya debi değerleridir.

Model ile elde edilen temel veriler x ve y doğrultusundaki su seviyesi ve akım elemanlarının hızı ile akış yönleridir. Çıktılar, her bir hücre için belirlenen her bir zaman aralığında hesaplanır. 2B taşkın analizi, kapsamlı topoğrafik veri ve uzun analiz süresi gerektirmesi gibi olumsuz yönlerine rağmen, elde edilen sonuçların yeterince detaylı olması ve yapılacak çalışmalar için güvenilir ve gerçekçi sonuçlar üretilmesinden ötürü taşkın analizlerinde kullanılan etkili bir yöntem haline gelmiştir (Anonim, 2016b).

MIKE 21 tek hücre

MIKE 21 tek hücre modeli, su seviyeleri ve akımların benzeşimi için genel bir sayısal modelleme sistemidir. Tek tabakalı (dikey homojen) akışkanlarda iki boyutlu akımları benzeştirir ve çok sayıda çalışmada uygulanmaktadır (Anonim, 2016b).

MIKE 21 esnek sayısal ağ

MIKE 21, esnek sayısal ağ serisi ile doğanın gerçekçi biçimde temsil edilmesi ihtiyacına karşılık vermektedir. Esnek sayısal ağ modelleme sistemi; oşinografik, kıyı ve nehir ağzı ortamlarının karmaşık uygulamaları için geliştirilmiştir. Bununla birlikte; iki boyutlu ve üç boyutlu serbest yüzey akımları için genel bir modelleme sistemi olduğundan, aynı zamanda; taşkınlar, göl ya da rezervuar analizleri gibi kara içi sularının analizinde de başarıyla kullanılmaktadır (Anonim, 2016b).

Hidrodinamik modül, diğer birçok modülde gerçekleştirilen hesaplamalar için temel sağlar, ancak tek başına da kullanılabilir. Taşkın ovalarında, göllerde, haliçlerde ve kıyı bölgelerinde su seviyesi değişimlerini simüle eder.

MIKE 21 FM, hidrodinamik modülü, kararsız yüzey akımlarını çözümler. Modelleme sistemi, Boussinesq ve hidrostatik basınç kabulleri yapan iki/üç boyutlu sıkıştırılamaz Reynolds ortalamalı Navier-Stokes denklemlerinin sayısal çözümüne dayanmaktadır. Bu anlamda, model süreklilik momentum, sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluğu tanımlayan denklemlerden oluşmaktadır. Denklemler hem kartezyen hem de küresel koordinatlarda yatay doğrultuda yazılabilir (Anonim, 2016b). Süreklilik ve momentum denklemlerinin kartezyen koordinatlarında,

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=hS \tag{5.59}$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x}\frac{\partial h\overline{vu}}{\partial y}=f\bar{u}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial p}{\partial x}+ \frac{\tau_{sx}}{\rho_0}-\frac{\tau_{bx}}{\rho_0}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)+hu_sS \tag{5.60}$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial \overline{uv}}{\partial x}+\frac{\partial hv^2}{\partial y}=-f\bar{u}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial p}{\partial y}+ \frac{\tau_{sy}}{\rho_0}-\frac{\tau_{by}}{\rho_0}-\frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x}+\frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)+hv_sS \tag{5.61}$$

denklemleri ile ifade edilir. Denklemlerde verilen ifadeler sırasıyla aşağıda verilmektedir.

$\bar{u}$, $\bar{v}$;X ve Y koordinatlarında derinlik ortalamalı hız bileşenleri

S; nokta kaynağına bağlı deşarj büyüklüğü

h; toplam su derinliği

η ; yüzey kotu

t; zaman

x, y; kartezyen koordinatları

f; Coriolis parametresi

g; yerçekimine bağlı ivme

ρ_0 ; referans su yoğunluğu

p_a ; atmosferik basınç

ρ_0 ; su yoğunluğu

τ_{sx} , τ_{sy} , τ_{bx} , τ_{by} ; rüzgar kuvveti ve taban gerilmesinin x, y bileşenleri

S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}; gerilme tensörü bileşenleri

T_{xx}, T_{xy}, T_{yy}; yanal gerilmeler

u_s, v_s; hız değerleri

Temel denklemlerin çözümü hücre merkezli sonlu hacim metodu kullanılarak gerçekleştirilir. 2B modelde sayısal ağ elemanları üçgen veya dörtgen elemanlar şeklinde tasarlanabilir.

Modelleme sonucunda her bir sayısal ağ her bir zaman serisi için; su derinliği, su yüksekliği, debi değerleri, sıcaklık ve tuzluluk gibi temel değerlerin yanı sıra; akım hızı ve yönü, hava basıncı, rüzgar hızı, sürüklenme katsayısı, yağış/buharlaşma, Courant sayısı, Eddy viskozitesi gibi ek sonuçlara da ulaşılır. Sonuçlar MIKE ‘ın temel modülü olan MIKE Zero’nun veri görüntüleyicisi kullanılarak işlenir (Anonim, 2016b). Ayrıca CBS ortamına uyarlanabilen uyumlu dosya yapısı sayesinde çıktılar bu ortamda düzenlenebilir.

5.6. Taşkın Haritalarının Üretilmesi

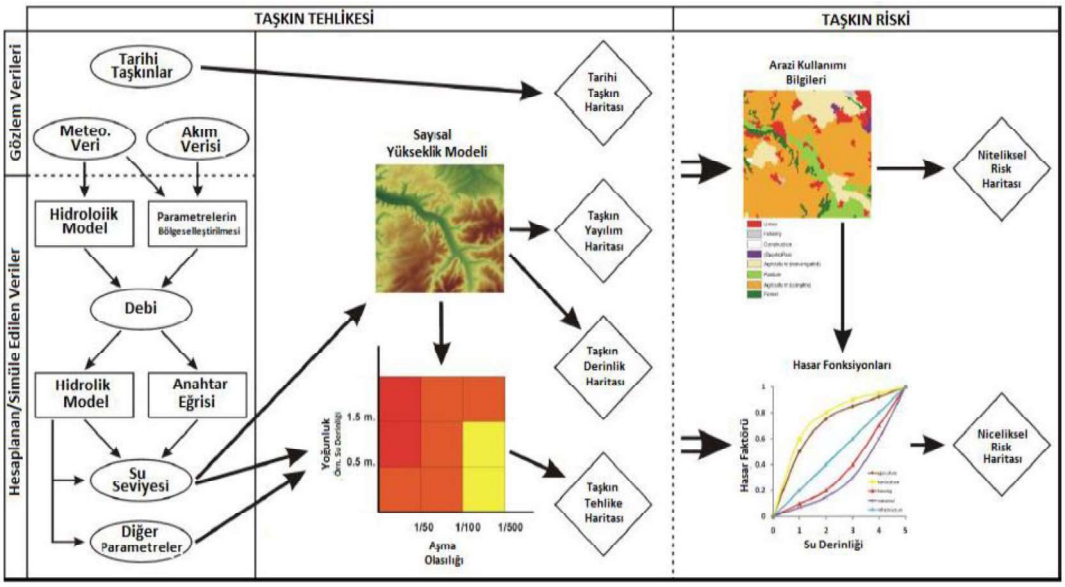
Taşkın haritalarının birçok farklı biçimi mevcut olmakla birlikte, genel olarak taşkın tehlike ve taşkın risk haritaları şeklinde ayrım yapmak mümkündür. Taşkın tehlike haritaları olayın olasılığı ve/veya büyüklüğü hakkında bilgi içerirken, taşkın risk haritaları olayın sonuçları hakkında ek bilgiler (ekonomik hasar, etkilenen kişi sayısı, etkilenen alan) içerir. Bununla birlikte; bu iki genel tipte, farklı türlerdeki taşkın haritalarının hazırlanmasını gerektiren tehlikeleri ve riskleri ölçmek için farklı yöntemler mevcuttur.

Taşkın tehlikesini değerlendirirken, taşkınların ne sıklıkla meydana geldiği ve bunların büyüklüğü incelenerek ön değerlendirme yapılabilir. Tarihi taşkınlar bir noktada meydana gelen olaylar şeklinde haritalandırılabilir veya taşkın yayılım haritasında gösterilebilir. Taşkın yönetimi ile ilgili politika oluşturmak ve uygulamak için, tüm bölge üzerinde tutarlı olan güncel hidroloji bilgisine sahip olmak gereklidir.

Tarihsel taşkın haritalarının kullanımı bu açıdan sınırlıdır, çünkü geri dönüş süreleri eşit olmadığından ve sınır koşulları (akarsu, toprak örtüsü, vb.) zaman içinde önemli ölçüde değişmiş olabileceği için bunları karşılaştırmak çok zordur. Bu problemin üstesinden gelmek için istatistik yöntemleri ve modelleme araçları olası taşkınların tehlikesini hesaplamada kullanılır.

Taşkın tehlikesini göstermek için kullanılabilecek çeşitli parametreler vardır. Bunlar; taşkın miktarı, su derinliği, akış hızı, taşkın yayılımı ve su seviyesi şeklinde sıralanabilir. Su derinliği ve hız, taşkın hasarı hesaplarında sıkça kullanılan önemli temel faktörlerdir. Bununla birlikte; topoğrafyanın engebeli olduğu alanlar ya da akarsuların mendereslendiği bölgelerin yanında, akış hızı ve sürüntü malzemesi miktarı taşkın hasarı için çok önemli faktörlerdir. Su altında kalma süresi, halkın tahliyesi, iş kesintisi ve tedarik zincirlerinin çökmesi ile ilgili maliyetler nedeniyle ortaya çıkan hasar için önemli bir faktör haline gelir. Ayrıca; taşkın dalgasının yayılımı ve suyun yükselme hızı hakkındaki bilgiler, tahliyeden sorumlu acil eylem planlayıcıları için kritik öneme sahiptir ve potansiyel yaşam kaybını tahmin etmede önemli faktörlerdir (Jonkman, 2005).

Taşkın tehlikesinin hesaplanması; veri, kaynak ve mevcut zamana bağlı olarak değişen karmaşık yöntemler kullanılarak yapılabilir (Buchele vd, 2006). Taşkın tehlikelerinin hesaplanmasında farklı yaklaşımların da bulunduğu belirli bir kavramsal çerçeve kullanılır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Taşkın tehlikesi ve risk hesaplamaları için izlenen yöntemler

Şekil 5.3'de taşkın tehlikesi ve risk hesaplamaları için kullanılan kavramsal çerçeve verilmiştir. Görüntülenen matris ve eğriler tamamen açıklama amaçlıdır ve varsayımsal bir duruma dayanır (de Moel vd, 2009). Haritaların oluşturulmasında şu üç adım izlenir;

- ✓ İlk adım, belirli dönüş aralıkları için debileri tahmin etmektir. Bu, debi kayıtları ve ekstrem dağılımları ile ilgili frekans analizleri kullanılarak yapılabilir (te Linde vd, 2008). Akım verisi yoksa, yağış kayıtları ile debi hesaplamak için akış katsayıları kullanılabilir (Merz vd, 2008). Gözlemlerin olmadığı alanları, gözlemlenmiş alanların bilgilerinden yola çıkarak yorumlayabilmek için ulusal bölgeselleştirme yöntemleri kullanılır (Merz ve Bloschl, 2005). Bununla birlikte, debilerin hesaplanması için hidrolojik modeller de kullanılmaktadır. Bu tür modeller meteorolojik veriler, toprak ve arazi örtüsü verilerini girdi olarak kullanırlar.
- ✓ Debiler ve tekerrür süreleri yukarıda belirtilen yaklaşımlar kullanılarak elde edildikten sonra, taşkın haritasının geliştirilmesine yönelik bir sonraki adım debileri su seviyelerine çevirmektir. Bu genellikle anahtar eğrileri ile yapılır. Alternatif olarak, su seviyelerini belirlemek için 1B veya 2B hidrodinamik modeller kullanılabilir. Sözü geçen alternatif çözüm, özellikle insan müdahalesi ile büyük ölçüde değiştirilmiş nehir yataklarında, dolgu alanlarında veya drenaj sistemlerinin de hesaba katıldığı karmaşık alanlarda daha faydalıdır.
- ✓ Üçüncü aşamada; taşkın yayılım alanları, muhtemel taşkın derinliği ve su seviyeleri SYM ile birleştirilir, böylece taşkın yayılımını ya da derinliğini gösteren bir taşkın haritası oluşturulur. SYM, 2B hidrodinamik modellerde zaten model altlığı olarak kullanıldığından bu üçüncü adım doğrudan elde edilmiş olur. Bu durum 2B model kullanmanın bir avantajıdır.

Çok çeşitli veriler, hesaplamalar veya modeller kullanan tüm yöntemlerde olduğu gibi, veri ve işlem adımlarındaki tüm belirsizlikler nihai çıktıda yani haritada toplanır. Taşkın tehlikesi ve risklerinin haritalanması ile ilgili belirsizlikler; uç olayların kısa zaman serilerinden istatistiksel olarak tahmin edilmesi, SYM kalitesi ve hidrolik yapılarının varlığı veya yeterliliği şeklinde sıralanabilir. SYM'lerin çözünürlüklerinin artması konusunda son yıllarda büyük gelişmeler kaydedilmiş

olmakla birlikte çözünürlükler; akarsu şevlerinin ve hidrolik yapıların doğru şekilde ayırt edilmesi için hala yetersizdir. Bu nedenle sayılan bölgelerin yerinde alımlarının yapılarak SYM'lere eklenmesi gerekmektedir. Önceki çalışmalarda taşkın haritaları "taşkın yayılım haritası, taşkın derinlik haritası, taşkın tehlike haritası, taşkına maruz kalma ve taşkın ile mücadele bilgilerini içeren haritalar ve taşkın risk haritaları" şeklinde sıralanmaktadır. Ülkemizde ise taşkın haritaları genel olarak ikiye ayrılmıştır; "Taşkın Tehlike Haritaları" ve "Taşkın Risk Haritaları" (Anonim, 2014b; Anonim, 2017).

Taşkın tehlike haritalarında (yayılım-derinlik-hız haritaları) belirli bir taşkın olasılığına sahip debinin meydana getireceği taşkına dair temel unsurlar bulunur. Bu haritalarda tarihi vakalar değil de ileride meydana gelmesi muhtemel vakalar ifade edilmektedir. Bu nedenle bu tipteki haritaları senaryo olarak tanımlamak mümkündür.

Avrupa Birliği Taşkın Direktifi'ne göre bir taşkın tehlike haritası düşük, orta ve yüksek olasılıklı olmak üzere üç farklı senaryo neticesinde taşkının yayılım gösterdiği alanın, taşkın tipinin, su derinliğinin, su seviyesinin, akım hızının ve yönünün ifade edildiği haritalardır. Taşkın tehlike haritaları, geçmişte yaşanmış taşkın olayları ile ileride yaşanması muhtemel taşkın olaylarını içermelidir ve ayrıca farklı tekerrür süreleri için, olayın yaratabileceği zararın boyutlarını gösterecek biçimde arazi kullanımı, acil durum hazırlığı ve taşkın bilincini artırma amacına uygun ölçekte üretilmelidir (Anonim, 2007).

Taşkın tehlike haritalarının yasal bir yaptırımı veya kural koyucu bir tarafı bulunmamaktadır. Özellikle sanayi tipi yapılar ve ulaşım ağları, atık su arıtma ile altyapı tesislerinin yerlerinin belirlenmesi için gereken kesinliği tam olarak vermemektedir. Ancak taşkınlar ve taşkına meyilli bölgelerin sınırlarının bilinmesi durumunda, bu alanlarda şehir planları taşkın olasılığı düşünerek hazırlanır ve böylece olası taşkın zararları azaltılarak ve şehirleşme kurallarına uygun olarak yapılaşma sağlanır (Anonim, 2014b).

Taşkın yayılım ve su derinliği ile hız özellikleri hidrolik modelleme neticesinde üretilirken; hidrolik modellemede kullanılan frekans debileri ve diğer hidrolojik veriler, hidrolojik modelleme ya da çeşitli istatistiksel çalışmalar sonucunda elde edilir. Avrupa Birliği Taşkın Direktifi'nde tekerrür süresi konusunda keskin bir açıklama yoktur, inisiyatif karar vericilere bırakılmıştır ancak; yine de direktifte

tekerrür debileri için düşük, orta ve yüksek olasılıklı olmak üzere üç senaryo bulunması gerektiğine dair bir yaklaşım bulunmaktadır. Çalışma alanında düşük Q_{50}, orta Q_{100} ve yüksek Q_{500} ile Q_{1000} debileri kullanılmıştır.

5.6.1. Taşkın yayılım haritaları

Taşkın yayılım haritası bir taşkın tehlike haritasıdır ve en çok kullanılan taşkın haritalarındandır. Yayılım haritalarında gerçekleşmiş belirli bir olayın ya da gerçekleşmesi muhtemel bir olayın arazide yayılım gösterdiği alanlar verilir. Taşkın Direktifi, Avrupa Birliği'ne üye ülkelerden düşük (uç) ve orta olasılıklı senaryoya göre taşkın yayılımlarını gösteren haritaları hazırlamalarını istemiştir. Hem ülkemizde hem de Avrupa Birliği ülkelerinde bu haritalar oluşturulmaktadır. Taşkın yayılım haritalarında içerik olarak farklı senaryolar için taşkının yayıldığı alanlar, yerleşim yerleri, yollar, demiryolları ve taşkın koruma yapıları gösterilebilir (Anonim, 2007).

5.6.2. Taşkın derinlik haritaları

Belirli tekerrür sürelerine göre meydana gelmesi olası potansiyel taşkınların oluşturacağı su derinliklerini gösteren haritalar, taşkın derinlik haritalarıdır. Su derinlikleri tekerrür debilerinin hidrolik modellenmesi sonucundan elde edilir. Modelleme sonucuna göre su derinlikleri santimetre mertebesinden metre mertebesine kadar değişmektedir. Derinlik sınıflarının artırılması haritanın daha iyi anlaşılmasına olanak verir. Taşkın derinlik haritaları en sık kullanılan taşkın tehlike haritası olarak kullanılmakla beraber, risk yönetimi ve mekansal planlamalar için de önemli bir kaynaktır. Su derinliği, hız ve derinlik parametrelerinin birlikte ele alındığı taşkın tehlike ya da risk haritaları için de önemli bir veridir. Bu tip haritalar vasıtasıyla tehlikenin derecesini nitel bir yaklaşımla gösterilmesi mümkündür (Anonim, 2007).

5.6.3. Su hızı haritaları

Taşkın Direktifi mümkün olan alanlarda taşkın esnasında suyun hızını gösteren haritaların oluşturulmasını önermektedir. Su hızının (su hızı vektörlerinin) elde edilmesi için 2B modelleme yapılması gerekmektedir. Yüksek su hızı, düşük su derinliklerinde bile hem yapılar için hem de insanlar için ciddi tehdit oluşturmaktadır.

Su hızı haritaları hem yapılara gelebilecek hasarları hem de insan hayatını tehdit edebilecek olan taşkın tehlikelerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Anonim, 2007).

5.6.4. Taşkın tehlike seviyesi haritaları

DEFRA taşkınlar sırasında insanların ne yapması ve ne yapmaması gerektiğine dair açıklamalar içeren "İnsanlar için risk" rehberinde taşkın tehlike seviyeleri açıklanmıştır. Taşkınlar sırasında insanların genellikle kendi davranışlarından ötürü yaralanma ve ölüm riskleri artabilir. İnsanlar çoğu zaman suyun kuvvetinin farkında değildirler ve bir taşkın sırasında suya kapılıp gidebilirler. Yetişkin bir insanın boy uzunluğu durabilitesinde etkili olsa da genellikle 1.5 m veya daha büyük derinliklerde sel akımında ayakta kalamazlar. İnsanların ayakta durarak kendilerini koruyabilmeleri için sadece su seviyesinin düşük olması yetmez su hızının da yeterince düşük olması gerekir. Hız ve derinlik insanların güvenliği açısından birlikte etki etmektedir (Anonim, 2006).

İnsanlar için risk rehberi, taşkın tehlikesinin hesaplanması için "tehlike seviyesi (hazard rating)" yöntemini önermektedir. İngiltere Tarım ve Çevre Bakanlığı Yöntemi bundan sonra DEFRA yöntemi olarak anılacaktır. DEFRA yöntemi İngiltere, Fransa ve Hollanda'da yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Tehlike seviyesi hesabında,

$$TD = d(v + n) + MF \tag{5.62}$$

formülü kullanılmaktadır. Burada,

TD; tehlike derecesi,

d; derinlik (m),

v; hız (m/s),

n; 0.5 alınan bir sabit değer,

MF; moloz faktörü,

olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2006; van Alphen ve Passchier, 2007). Çizelge 5.1 farklı derinlikler, hızlar ve arazi kullanımı için uygun moloz faktörleri önermektedir. Çizelge 5.2'de ise verilen aralıklarda sel tehlikesi seviyesi belirlenmektedir.

Çizelge 5.1. DEFRA Yöntemi'ne göre moloz faktörleri çizelgesi

Derinlik ve Hız	Mera/Ekilebilir alan	Orman	Kent
0.00-0.25 m	0	0	0
0.25-0.75 m	0	0.5	1
d>0.75 m ve/veya v >2	0.5	1	1

Çizelge 5.2. DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike seviyeleri ve tanımları

Taşkın tehlikesi eşik değerleri TD = d*(v + 0.5) + MF	Taşkın tehlike seviyesi	Tanım
<0.75	Düşük	Dikkat- "sığ akan su veya derin durgun su ile taşkın bölgesi"
0.25-0.75	Hafif	Halkın bir kısmı için tehlikeli (örn. çocuklar)- "Tehlike: derin veya hızlı akan suyla dolu bölge"
1.25- 2.0	Yüksek	Halkın çoğu için tehlikeli- "Tehlike: hızlı akan su ile taşkın bölgesi"
> 2	Çok yüksek	Herkes için tehlikeli- "Aşırı tehlike: derin ve hızlı akan su ile taşkın bölgesi"

5.6.5. Taşkın risk haritaları

Taşkın risklerinin hesabında niteliksel ve niceliksel yöntemler kullanılmıştır. Niceliksel olarak Dinh vd (2012) ve FEMA Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi (Anonim, 2018ç)'de önerilen yöntemler, niteliksel olarak ise Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu (Anonim, 2014b)'den yararlanılmıştır.

Dinh vd (2012)'nin önerdikleri yöntem Vietnam Mekong Deltasındaki Long Xuyen Quadrangle bölgesi için hazırlanmıştır. Yöntem oluşturulurken bölgede 2000 yılında meydana gelen 500 kişinin ölümüyle sonuçlanan ve büyük maddi hasara neden olan taşkına ait veriler kullanılarak bir hidrodinamik bir model oluşturulmuş ve taşkın risk sınıflandırması yapılmıştır. Bu yöntemde risk göstergesi olarak taşkın derinliği ele alınırken, Çizelge 5.3'te verilen çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 ayrı sınıf kullanılmaktadır.

2018 yılında, FEMA tarafından yayınlanan Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nde taşkın derinliğine ve hızına bağlı basitleştirilmiş bir yaklaşım önerilmiş ve risk Çizelge 5.4'de verilen; düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır (Anonim, 2018ç). Burada, derinlik ile hızın

çarpım değerine göre risk sınıfı belirlenmektedir. Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nde önerilen yöntem "FEMA Yöntemi" olarak anılacaktır.

Çizelge 5.3. Dinh vd (2012)'ye göre taşkın risk sınıflandırması

Taşkın derinliği (m)	**Taşkın riski**
0.0 – 0.2	Çok düşük
0.2 – 0.5	Düşük
0.5 – 1.0	Orta
1.0 – 2.0	Yüksek
> 2.0	Çok yüksek

Çizelge 5.4. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk sınıflandırması

Hız*Derinlik (m^2/s)	**Taşkın riski**
<0.2	Düşük
0.2 – 0.5	Orta
0.5 – 1.5	Yüksek
1.5 – 2.5	Çok yüksek
> 2.5	Aşırı

Bir diğer taşkın risk analiz yöntemini içeren "Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu" ise; Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti'nin finansal desteği ile, Türkiye Cumhuriyeti, Fransa ve Romanya arasında gerçekleştirilen "Taşkın Direktifinin Uygulanması İçin Kapasitenin Geliştirilmesi AB Eşleştirme Projesi" neticesinde ortaya çıkmıştır. Tez çalışmasında kolaylık sağlaması açısından "Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu" "Kılavuz" olarak, önerilen yöntem ise "Kılavuz Yöntemi" olarak anılacaktır. Kılavuz, Batı Karadeniz pilot havzasından elde edilen tecrübelere dayanarak, "Taşkın Riski Yönetim Planları" nın hazırlanması metodolojisinin Türkiye şartlarına uyarlanmasına ilişkin bilgileri içermektedir. Kılavuzun önerdiği risk sınıflandırması arazi kullanımı ve su derinliğine bağlıdır. Arazi kullanım verisi olarak CORINE (Coordination of Information on the Environment) verilerinin kullanılması önerilmiştir. CORINE; Avrupa Çevre Ajansının belirlediği kriterler ve sınıflandırma doğrultusunda Avrupa Çevre Ajansına üye tüm ülkelerde, arazideki çevresel değişimlerin belirlenmesi, doğal kaynakların rasyonel biçimde yönetilmesi ve çevre ile ilgili politikaların belirlenmesi amaçlarına yönelik olarak aynı temel verilerin toplanması ve standart bir veri tabanının oluşturulması amacıyla 1985 yılında başlatılmış ve bugüne kadar 1990, 2000, 2006 ve 2012 yıllarına ait veri setleri oluşturulmuştur. CORINE projesinde coğrafi kapsam Türkiye'dir. Uygulanan metodoloji ise Avrupa Çevre Ajansı tarafından sağlanan orta ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinden (Landsat-4/5/7, TM, SPOT-4

ve/veya IRS LISS III vb) uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri ve bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile "1/25000" ölçekli topoğrafik paftalar, toprak, orman meşcere, sulanan alan haritaları gibi yardımcı verilerin de kullanılmasıyla "1/100000" ölçekte arazi örtüsü/kullanımı ve arazi örtüsü/kullanımındaki değişikliklerin tespit edilmesi temeline dayanmaktadır. Kılavuz Yöntemi'nde 2012 CORINE verileri kullanılmaktadır (Anonim, 2018f).

Kılavuza göre su derinliklerine bağlı olarak hasar büyüklükleri Çizelge 5.5'te verilen şekilde sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.5. Kılavuz Yöntemi'ne göre hasar büyüklüğü

Tehlike Göstergesi	Büyüklük düzeyi	Derinlik
H1	Düşük	Çok düşük
H2	Orta	Orta
H3	Yüksek	Yüksek

Risk tahmini ve riskin gösterilmesi için kılavuzda,

$$Risk\ sınıfları = Yuvarla\ (Derinlik\ sınıfı * Derece/10) \quad \textbf{(5.63)}$$

formülü önerilmiştir. Derinlik sınıfları Çizelge 5.5'e göre ayarlanmaktadır. Tehlike göstergesi düşük derinlik için H1, orta derinlik için H2 ve yüksek derinlik içinse H3'tür. Derece göstergeleri yani CLC (CORINE Land Cover) değerleri 1'den 10'a kadar değişmektedir ve EK 1'de tablo olarak verilmiştir. Bu tablonun CORINE arazi örtüsü ile bağlantısı ArcGIS ortamında yapılmıştır. Denklem 5.63'ün uygulanması ile 0, 1, 2 ve 3 değerlerine karşılık olarak sırasıyla; risk yok, düşük, orta ve yüksek şeklinde risk sınıflandırması yapılmaktadır.

5.7. Taşkın Zararlarının Tahmini

Bir taşkının sebep olduğu mülkiyet zararlarının değerlendirilmesi için, taşkın yayılma haritası ile taşkın derinlik haritası birleştirilerek ayrıntılı bir arazi örtüsü haritası hazırlanmalıdır. Ön bir zarar değerlendirmesi ve taşkınların doğru olarak modellenebilmesi için; bu harita üzerinde özel mülkler, tarımsal araziler ve altyapı tesisleri belirtilmelidir. Beklenen taşkın zararı, çoğu defa, ortalama derinlik-zarar fonksiyonları şeklinde ifade edilir. Bu fonksiyonlar, genellikle, değerli varlıklarda (binalar, işyerleri, araçlar, yollar vb. altyapı tesisleri) oluşan zararları veya zarar yüzdelerini (oranlarını) su derinliğine bağlı olarak gösterir. Bu fonksiyonların

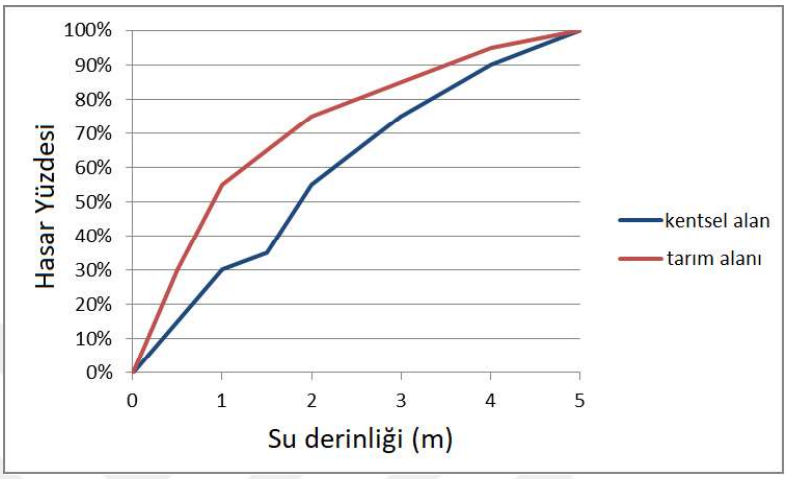
kullanılması çeşitli taşkın senaryolarının analiz edilmesi ve taşkın zararlarını azaltma önlemlerinin etkinliğinin incelenmesi gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Derinlik-zarar eğrilerinin belirlenmesi uzun çalışmalar gerektirir. Önemli olan böyle bir ilişkinin çıkartılabilmesidir. En büyük dezavantajlarından birisi, bu ilişkinin sadece incelenen bölge için geçerli olmasıdır. Doğru bir değerlendirmeye varabilmek için, incelenecek her alana ait ayrı bir derinlik-zarar eğrisi çıkarılmalıdır. FIA (Federal Insurance Administration) bu açığı kapatmak için genelleştirilmiş derinlik-zarar eğrilerini geliştirmiştir ve bu eğriler her sene güncelleştirilmektedir. Önceki çalışmalarda yapılan çalışmaların çoğunda bu genelleştirilmiş ilişki kullanılmasına rağmen müstakil olarak çıkarılmış derinlik-zarar eğrileri de mevcuttur (Serencam, 2013).

Bir zarar modelleme yaklaşımı kullanılarak, taşkın sebebiyle meydana gelen zararın ekonomik hesabının yapılması mümkün olmaktadır. Derinlik-zarar fonksiyonları temel alınarak kayıpların tahmin edilmesi yöntemi yaygın olarak uygulanmaktadır ve bu yöntem taşkın etkilerinin hesaplanması için genel olarak kabul edilen yaklaşımdır.

Diğer arazi kullanımlarına ek olarak, zararlar ve ev içerikleri nedeniyle olası ekonomik kayıplar büyük ölçekli zarar tahmini için geliştirilen derinlik-zarar fonksiyonları temel alınarak hesaplanabilir. Burada sadece su derinliğini içeren zarar fonksiyonlarını uygulanabileceği gibi akış hızına ek olarak taşınan sediment gibi başka parametreleri de içeren yaklaşımlar kullanılabilir. Akış hızı yolların ve altyapı elemanlarının yapısal zararları için önemli olabilmektedir ancak bu etkiyi hesaba katan çok az zarar fonksiyonu bulunmaktadır (Anonim, 2017).

Türkiye'de taşkınlar için herhangi bir derinlik-zarar fonksiyonu geliştirilmemiştir. Bu sebeple ülkemiz için derinlik-zarar fonksiyonu geliştirilinceye kadar daha önce yapılmış uluslararası çalışmalardan ülkemize uygun ve genel kabul görmüş derinlik-zarar fonksiyonları kullanılabilir. Farklı Avrupa ülkelerinden kapsamlı bir fonksiyonlar araştırmasından elde edilen fonksiyonlar bu işlem için uygundur. Buradan ortalama fonksiyonlar oluşturulur ve bu yöntem ile konut, ticaret, sanayi, altyapı ve tarım gibi farklı zarar kategorileri için, derinlik-zarar bağıntılarının tahmin edilmesi maksadıyla ortalama fonksiyonlar elde edilebilir (Anonim, 2017).

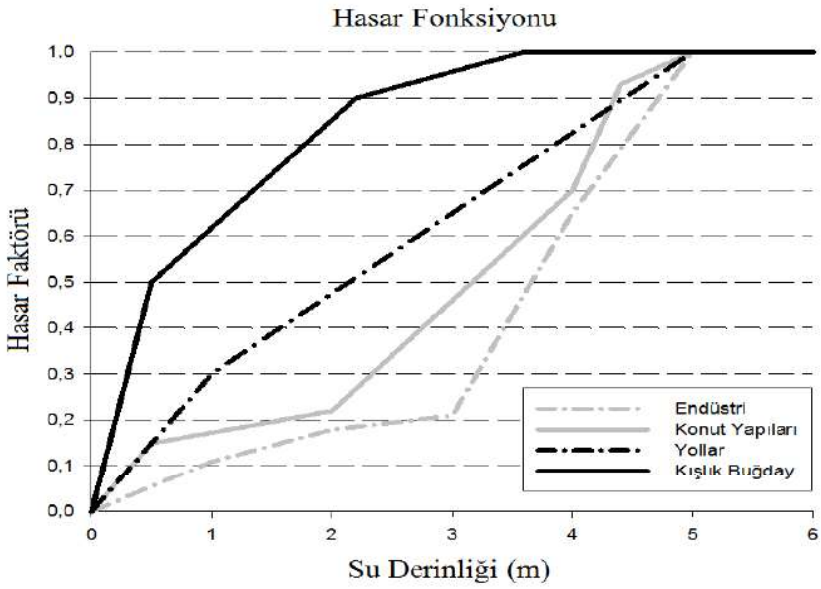
Derinlik-hasar eğrileri üzerine geçmişte yapılmış pek çok çalışma ve yöntem mevcuttur. Bu çalışmada Huizinga (2007), van Eck ve Kok (2001), Rhine nehri için ICBR tarafından önerilmiş derinlik-hasar eğrileri (2001) ve Pistrika ve Jonkman (2010)'ın zarar analizi kullanılmıştır. Kullanılan derinlik-hasar eğrileri Şekil 5.4-5.6'da gösterilmektedir.



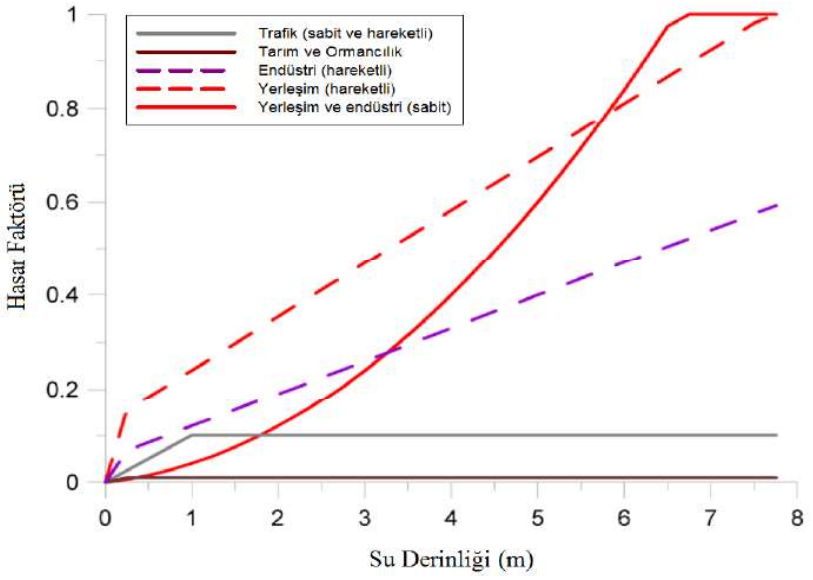
Şekil 5.4. Huizinga (2007)'nın derinlik-hasar eğrileri

Huizinga (2007)'nin derinlik-hasar eğrisi kentsel alan ve tarım alanı olmak üzere iki kategori içermektedir.

van Eck ve Kok (2001)'in derinlik-hasar eğrileri endüstri, konut yapıları, yollar ve kışlık buğday olmak üzere dört kategori içermektedir. de Moel ve Aerts (2011)'in çalışmalarında yer verdiği ICBR tarafından üretilmiş derinlik-hasar eğrilerinde trafik, tarım ve ormancılık, endüstri, yerleşim, endüstri-yerleşim olarak beş kategori yer almıştır (Anonim, 2001a; de Moel ve Aerts, 2011). Anlatımda kolaylık sağlamak amacıyla ICBR tarafından üretilmiş derinlik-hasar eğrileri bundan sonra "ICBR Yöntemi" olarak anılacaktır.



Şekil 5.5. van Eck ve Kok (2001)'in derinlik-hasar eğrileri



Şekil 5.6. ICBR (Anonim, 2001a)'in derinlik-hasar eğrileri

Pistrika ve Jonkman (2010), 2005 yılında meydana gelen Katrina kasırgasının neden olduğu büyük felakette New Orleans'ta sular altında kalan binalara yönelik hasar analizi yapmışlardır. Bu analiz için kamuya ait verileri alarak taşkın özellikleri ile ekonomik zarar arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Buradaki değerlerden yola çıkarak ekonomik zararı bulmak için taşkın derinliğini ve hızını kullanarak,

$$D = 0.457 + 0.063\, d\, v^{0.654} \qquad \textbf{(5.64)}$$

denklemini elde etmişlerdir. Burada,

D; taşkın zarar faktörü (%),

d; taşkın derinliği (m),

v; taşkın hızı (m/s)'dir.

Pistrika ve Jonkman (2010) yönteminde diğerlerinden farklı olarak taşkın hızı da hesaba dahil edilmektedir.

Çalışmada Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin meydana getireceği zararların tahmininde risk altındaki varlıkların hasar faktörleri/dereceleri yukarıda anılan yöntemler ile bulunmuş ve varlıkların değerleri ile çarpılarak muhtemel hasarlar tahmin edilmiştir. Zarar değerlendirilmesi yapılan varlıklar yapılardır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. Olasılık Dağılım Fonksiyonları Sonuçları

6.1.1. Akım verileri ODF sonuçları

Duraklı AGİ yılda anlık maksimum akım (YAMA) veri setine sırasıyla N, LN2, LN3, G, P3 ve LP3 dağılımları uygulanarak 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık taşkın debileri elde edilmiştir. Verilerin hangi dağılıma daha iyi uydukları Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlenmiştir. Tablolarda sarı renkler o dağılım tipi için yüksek değerleri, mavi renkler ise düşük değerleri göstermektedir. Duraklı AGİ temel istatistik değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Duraklı AGİ temel istatistikleri

AGİ	N (yıl)	Q_{max} (m^3/s)	Q_{min} (m^3/s)	$\bar{x}$ (m^3/s)	σ_x	C_{vx}	C_{sx}
E22A054	17	420	35.8	158.52	101.99	0.64	1.14

İstasyonun çarpıklık sayısı pozitiftir ve sağa çarpıktır. Dağılımın değişim katsayısı 1'den küçüktür, bu da pik akım değerlerinin yıldan yıla çok büyük farklılıklar göstermediği anlamına gelmektedir. ODF'ye göre yılda anlık maksimum akımlardan hesaplanan taşkın pik debileri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Duraklı AGİ'de hesaplanan taşkın pik debileri (m^3/s)

	Dönüş Aralığı (yıl)						
ODF	2	5	10	25	50	100	500
N	158.52	244.37	289.24	337.13	368.01	395.81	451.77
LN2	133.31	218.77	283.44	373.66	446.53	524.24	724.04
LN3	142.77	233.96	292.56	365.09	418.08	470.49	591.17
G	143.69	254.88	328.50	421.52	490.52	559.02	717.30
P3	139.48	233.92	295.26	370.21	424.06	476.21	577.95
LP3	131.75	226.71	299.84	402.88	486.70	575.96	783.80

Çizelge 6.2'ye göre Duraklı AGİ'de en düşük debi 2 yıllık tekerrür süresinde LP3 dağılımında; 5 ve 10 yıllık tekerrür sürelerinde LN2 dağılımında ve 25, 50, 100 ile 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise N dağılımda görülmektedir. En yüksek debiler ise 2 yıllık tekerrür süresinde N dağılımda; 5, 10, 25 ve 50 yıllık tekerrür sürelerinde G dağılımında; 100 ve 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise LP3 dağılımında görülmektedir. İstasyon dağılımlarına 0.90, 0.95 ve 0.99 anlamlılık yüzdelerinde KS

testi uygulanmıştır. Çizelge 6.3'te verilen KS testi sonucuna göre en iyi uyan dağılım G dağılımıdır.

Çizelge 6.3. Duraklı AGİ KS testi sonuçları

ODF	P_{teorik}	$P_{ampirik}$	P_{max} (Δ_{max})	P'de Gözlenen	Anlamlılık Yüzdeleri		
					0.90	0.95	0.99
N	0.506	0.667	0.173	157.0	Kabul	Kabul	Kabul
LN2	0.787	0.389	0.176	83.5	Kabul	Kabul	Kabul
LN3	0.759	0.389	0.148	83.5	Kabul	Kabul	Kabul
G	0.234	0.111	0.123	71.2	Kabul	Kabul	Kabul
P3	0.250	0.389	0.139	83.5	Kabul	Kabul	Kabul
LP3	0.253	0.389	0.136	83.5	Kabul	Kabul	Kabul

6.1.2. Yağış verileri ODF sonuçları

Cevizdere Havzası; Akkuş, Kumru ve Ünye DMİ'lerinden etkilenmektedir. İstasyonların Thiessen poligonları EK 2'de, Thiessen oranları ise Çizelge 6.4'te verilmiştir, gözlem süreleri istatistik metotların uygulanması için yeterlidir. Meteoroloji istasyonlarının temel istatistikleri Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Meteoroloji istasyonları Thiessen oranları (%)

	İstasyonlar		
Havza	Kumru	Ünye	Akkuş
Cevizdere	50.50	15.04	34.46

Çizelge 6.5. Meteoroloji istasyonlarının temel istatistikleri

DMİ	N (yıl)	Minimum Yağış (mm)	Minimum Yağış (mm)	$\bar{x}$ (mm)	σ_x	C_{vx}	C_{sx}
Kumru	33	24.2	160.8	52.84	25.06	0.47	2.70
Ünye	41	36.2	253.4	88.84	47.36	0.53	1.73
Akkuş	31	26.5	104.5	53.00	19.81	0.37	1.21

İstasyonların çarpıklık sayısı pozitiftir ve sağa çarpık bir olasılık dağılımına sahiptir. Dağılımın değişim katsayısı 1'den küçüktür, bu da maksimum yağış değerlerinin yıldan yıla çok büyük farklılıklar göstermediği anlamına gelmektedir. ODF'ye göre günlük maksimum yağışlardan 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl olasılıklı günlük maksimum yağışlar hesaplanmış ve Kumru DMİ için Çizelge 6.6'da, Ünye DMİ için Çizelge 6.7'de, Akkuş DMİ için Çizelge 6.8'de verilmiştir. Çizelgelerde farklı tekerrür sürelerinde meydana gelmiş en düşük değerler mavi, en yüksek değerler ise sarı renk ile gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. Kumru DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm)

	Dönüş Aralığı (yıl)						
ODF	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
N	52.85	73.94	84.97	96.74	104.32	111.15	124.91
LN2	47.75	69.76	85.05	105.08	120.43	136.16	174.33
LN3	46.24	66.57	82.58	105.61	124.68	145.40	200.18
G	49.00	74.31	91.06	112.23	127.94	143.53	179.56
P3	43.40	64.81	83.49	109.80	130.39	151.49	194.25
LP3	46.54	65.90	81.37	104.30	124.03	146.24	200.62

Çizelge 6.6'ya göre Kumru DMİ'de en düşük yağış yükseklikleri 2 ve 5 yıllık tekerrür sürelerinde P3'de; 10 yıllık tekerrür süresinde LP3'de ve 25, 50, 100 ile 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise N'de görülmektedir. En büyük yağış yükseklikleri ise 2 ve 5 yıllık tekerrür sürelerinde N'de; 10 ve 25 yıllık tekerrür sürelerinde G'de; 50 ve 100 yıllık tekerrür sürelerinde P3'de; 500 yıl tekerrür süresinde ise LP3'de görülmektedir.

Çizelge 6.7. Ünye DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm)

	Dönüş Aralığı (yıl)						
ODF	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
N	88.84	128.71	149.55	171.79	186.13	199.04	225.03
LN2	78.40	119.43	148.83	188.23	219.00	250.99	330.23
LN3	79.22	120.82	149.71	187.55	216.54	246.25	318.31
G	81.37	127.17	157.50	195.81	224.24	252.45	317.65
P3	77.02	121.04	151.86	191.04	220.00	248.45	304.82
LP3	76.03	115.57	147.31	194.40	235.00	280.68	393.04

Çizelge 6.7'ye göre Ünye DMİ'de en düşük yağış yükseklikleri 2 yıllık tekerrür süresinde LP3'de; 5 ve 10 yıllık tekerrür sürelerinde LN2'de ve 25, 50, 100 ile 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise N'de görülmektedir. En büyük yağış yükseklikleri ise 2 ve 5 yıllık tekerrür sürelerinde N'de; 10 ve 25 yıllık tekerrür sürelerinde G'de; 50, 100 ve 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise LP3'de görülmektedir.

Çizelge 6.8. Akkuş DMİ'de hesaplanan günlük maksimum yağışlar (mm)

	Dönüş Aralığı (yıl)						
ODF	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
N	53.01	69.69	78.41	87.72	93.72	99.12	109.99
LN2	49.65	67.32	78.94	93.55	104.37	115.19	140.47
LN3	49.69	67.37	78.95	93.50	104.26	114.99	140.03
G	49.98	70.11	83.44	100.28	112.77	125.17	153.83
P3	49.10	67.48	79.56	94.44	105.18	115.62	136.06
LP3	48.59	65.94	78.62	96.01	110.03	124.97	158.99

Çizelge 6.8'e göre Akkuş DMİ'de en düşük yağış yükseklikleri 2 yıllık tekerrür süresinde P3'de; 5 yıllık tekerrür süresinde LP3'de ve 10, 25, 50, 100 ile 500 yıllık tekerrür sürelerinde ise N'de görülmektedir. En büyük yağış yükseklikleri ise 2, 5,10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür sürelerinde G'de; 500 yıllık tekerrür süresinde ise LP3'de görülmektedir.

Her istasyonda dağılımlara 0.90, 0.95 ve 0.99 anlamlılık yüzdelerinde KS testi uygulanmıştır. Kumru DMİ için Çizelge 6.9'da; Ünye DMİ için Çizelge 6.10'da; Akkuş DMİ için Çizelge 6.11'de verilen sonuçlara göre en iyi uyan dağılım tüm istasyonlar için LP3 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 6.9. Kumru DMİ KS testi sonuçları

ODF	P_{teorik}	$P_{ampirik}$	P_{max} (Δ_{max})	P'de Gözlenen	Anlamlılık Yüzdeleri		
					0.90	0.95	0.99
N	0.509	0.676	0.168	53.4	Kabul	Kabul	Kabul
LN2	0.778	0.118	0.104	33.8	Kabul	Kabul	Kabul
LN3	0.641	0.265	0.094	40.4	Kabul	Kabul	Kabul
G	0.254	0.118	0.137	33.8	Kabul	Kabul	Kabul
P3	0.484	0.353	0.131	43.0	Kabul	Kabul	Kabul
LP3	0.348	0.265	0.083	40.4	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 6.10. Ünye DMİ KS testi sonuçları

ODF	P_{teorik}	$P_{ampirik}$	P_{max} (Δ_{max})	P'de Gözlenen	Anlamlılık Yüzdeleri		
					0.90	0.95	0.99
N	0.548	0.610	0.159	83.1	Kabul	Kabul	Kabul
LN2	0.651	0.441	0.091	64.6	Kabul	Kabul	Kabul
LN3	0.653	0.441	0.093	64.6	Kabul	Kabul	Kabul
G	0.120	0.017	0.103	36.2	Kabul	Kabul	Kabul
P3	0.362	0.441	0.079	61.9	Kabul	Kabul	Kabul
LP3	0.329	0.407	0.077	64.6	Kabul	Kabul	Kabul

Çizelge 6.11. Akkuş DMİ KS testi sonuçları

ODF	P_{teorik}	$P_{ampirik}$	P_{max} (Δ_{max})	P'de Gözlenen	Anlamlılık Yüzdeleri		
					0.90	0.95	0.99
N	0.578	0.750	0.172	56.9	Kabul	Kabul	Kabul
LN2	0.647	0.750	0.103	56.9	Kabul	Kabul	Kabul
LN3	0.646	0.750	0.104	56.9	Kabul	Kabul	Kabul
G	0.625	0.750	0.125	56.9	Kabul	Kabul	Kabul
P3	0.627	0.750	0.123	56.9	Kabul	Kabul	Kabul
LP3	0.655	0.750	0.095	56.9	Kabul	Kabul	Kabul

Cevizdere Havzası için Thiessen poligon oranlarına göre hesaplanmış günlük noktasal yağış tekerrür değerleri Çizelge 6.12'de verilmiştir. Bu aşamadan sonra

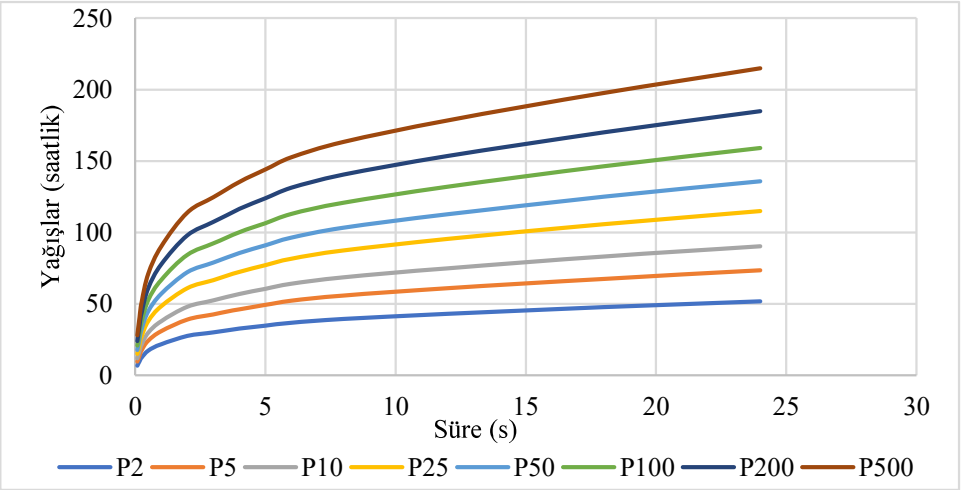
günlük (24 saatlik) verilerin, saatlik verilere dönüştürülmesi işlemi gelmektedir. 24 saatlik verilerden saatlik verilerin elde edilmesinde Ünye DMİ plüvyograf oranları kullanılmıştır. Saatlik yinelenmeli yağış değerleri plüvyograf değerleri ile günlük veriler çarpılarak elde edilerek Çizelge 6.13'te, yağış miktarı ile süre arasındaki değişimi gösteren yağış-süre-tekerrür eğrileri ise Şekil 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.12. Cevizdere Havzası için günlük noktasal yağış tekerrür değerleri (mm)

İstasyon	ODF	Thiessen Poligon Oranları	Tekerrür (yıl)						
			2	5	10	25	50	100	500
Kumru	LP3	0.5050	46.54	65.90	81.37	104.30	124.03	146.24	200.62
Ünye	LP3	0.1502	76.03	115.57	147.31	194.40	235.00	280.68	393.04
Akkuş	LP3	0.3448	48.59	65.94	78.62	96.01	110.03	124.97	158.99
Günlük yağış tekerrürleri		1.00	51.7	73.4	90.3	114.9	135.8	159	214.9

Çizelge 6.13. Ünye DMİ için yinelenmeli saatlik yağış değerleri

Süre	PLV Ünye	P2	P5	P10	P25	P50	P100	P500
0.083	0.13	6.7	9.5	11.7	14.9	17.7	20.7	27.9
0.167	0.19	9.8	13.9	17.2	21.8	25.8	30.2	40.8
0.250	0.24	12.4	17.6	21.7	27.6	32.6	38.2	51.6
0.500	0.33	17.1	24.2	29.8	37.9	44.8	52.5	70.9
1	0.42	21.7	30.8	37.9	48.3	57.0	66.8	90.3
2	0.53	27.4	38.9	47.9	60.9	72.0	84.3	113.9
3	0.58	30.0	42.6	52.4	66.6	78.8	92.2	124.6
4	0.63	32.6	46.2	56.9	72.4	85.6	100.2	135.4
5	0.67	34.6	49.2	60.5	77.0	91.0	106.5	144.0
6	0.71	36.7	52.1	64.1	81.6	96.4	112.9	152.6
8	0.76	39.3	55.8	68.6	87.3	103.2	120.8	163.3
12	0.83	42.9	60.9	74.9	95.4	112.7	132.0	178.4
18	0.92	47.6	67.5	83.1	105.7	124.9	146.3	197.7
24	1.00	51.7	73.4	90.3	114.9	135.8	159.0	214.9



Şekil 6.1. Ünye DMİ yağış-süre-tekerrür eğrileri

6.2. Noktasal Taşkın Frekansı Analiz Sonuçları

Duraklı AGİ'nin maksimum akımlarının uygun dağılım fonksiyonuna göre göre belirlenen yinelenmeli debileri taşkın alanına taşınmıştır. Taşıma sırasında $Q_{Düzköy} = (A_{Düzköy} / A_{Duraklı})^{2/3} Q_{Duraklı}$ denklemi kullanılmıştır (Anonim, 2012b). NTFA yöntemine göre sonuçlar Çizelge 6.14'te verilmektedir.

Çizelge 6.14. NTFA Yöntemi sonuçları

Taşkın debileri (m^3/s)							
Q_2	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{25}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
202.41	359.03	462.73	593.75	690.95	787.44	1010.39	1108.88

6.3. Sentetik Yöntem Sonuçları

6.3.1. Mockus yöntemi sonuçları

Havza alanı A; 371.47 km^2, havza uzunluğu L; 57449 m ve eğim S; 0.01698'dir. Mockus yöntemi için gerekli parametreler Bölüm 5.3.1'de verilen hesap adımlarına göre aşağıda sıralanmıştır.

$t_c = 0.00032(57449^{0.77} / 0.1698^{0.385}) = 7.10$ saat

$D = 2 * 7.10^{0.5} = 5.33$ saat D seçilen ise 6 saat'dir.

$t_p = 0.5 * 6 + 0.6 * 7.10 = 7.26$ saat

$t_r = 1.67 * 7.26 = 12.12$ saat

$q_p = (0.163 * 371.47) / 7.26 = 8.34\ m^3/s/mm$ (K=0163 seçilerek)

$Q_p = 8.34 * h_a$

Bölgede yapılan çalışmalarda DSİ tarafından K sayısı genellikle 0.163, CNII 85 alınmıştır. Yağış alanı dağılım katsayısı (YADK) DSİ'nin yayınladığı "Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası" ndan 0.874 olarak bulunmuştur (Anonim, 1990). 6 saatlik yağış için Ünye DMİ plüvyograf (PLV) katsayı 0.74'tür. 24 saatlik yağışlar PLV, YADK ve 1.13 maksimizasyon katsayısı ile çapılarak 6 saatlik yağışa çevrilmiştir. Analizde kullanılan günlük maksimum yağış değerleri, 24 saatlik yağışı

temsil edemediğinden 1.13 ile çarpılmaktadır (Özdemir, 1972). Q_{1000}'in hesabında $Q_{1000}=Q_{10}+1.99(Q_{100}-Q_{10})$ formülü kullanılmıştır (Chow, 1964). Hesap sonuçları Çizelge 6.15'te verilmektedir. Hesaplara 15.393m^3/s baz akım ilave edilmiştir.

Çizelge 6.15. Mockus yöntemi sonuçları

Tekerrür	**6 saatlik yağış değerleri (mm)**	**Akış değeri h_a (mm)**	**$Q=q_p.h_a$ (m^3/s)**	**Q_{baz} ilaveli (m^3/s)**
Q_2	37.74	11.32	94.41	110.07
Q_5	53.58	22.26	185.64	201.57
Q_{10}	65.91	31.86	265.71	281.64
Q_{25}	83.87	47.27	394.23	410.16
Q_{50}	99.13	60.22	502.23	518.16
Q_{100}	116.07	75.50	629.67	645.60
Q_{500}	157.05	105.59	880.67	896.60
Q_{1000}			990.00	1005.93

Mockus yönteminden elde edilecek hidrografların tepe ordinatları Çizelge 6.15'te görülen taşkın pik debileri, hidrografın devam süresi ve pike ulaşma süresi sırasıyla t_b=19.38 saat ve t_p=7.26 saat olacaktır.

6.3.2. DSİ sentetik yöntemi sonuçları

Cevizdere Havza alanı A; 371.47 km^2, havza uzunluğu L; 57.449 km ve havza ağırlık merkezinin başlangıç veya bitiş noktasına olan en uzun mesafesi Lc; 30.12 km'dir. DSİ sentetik yöntem için öncelikle harmonik eğim hesaplanmıştır. Harmonik eğimin bulunmasına dair işlemler Çizelge 6.16'da verilmiştir. Harmonik eğim hesabının ardından Bölüm 5.2.2'de verilen denklemlere göre gerekli parametreler aşağıda hesaplanmıştır.

$$S=\left(\frac{10}{\sum 1/\sqrt{S}}\right)^2=\left(\frac{10}{76.728}\right)^2=0.01698$$

Harmonik eğimin hesaplanmasının ardından DSİ sentetik metodu için

$$E=\frac{L\,L_c}{\sqrt{S}}=\frac{57449*30120}{\sqrt{0.01698}}=13279.098$$

$$q_p=414/(A^{0.225}\,E^{0.16})=414/371.47^{0.225}*13279.098^{0.16}=23.936 \text{ l/s/km}^2\text{/mm}$$

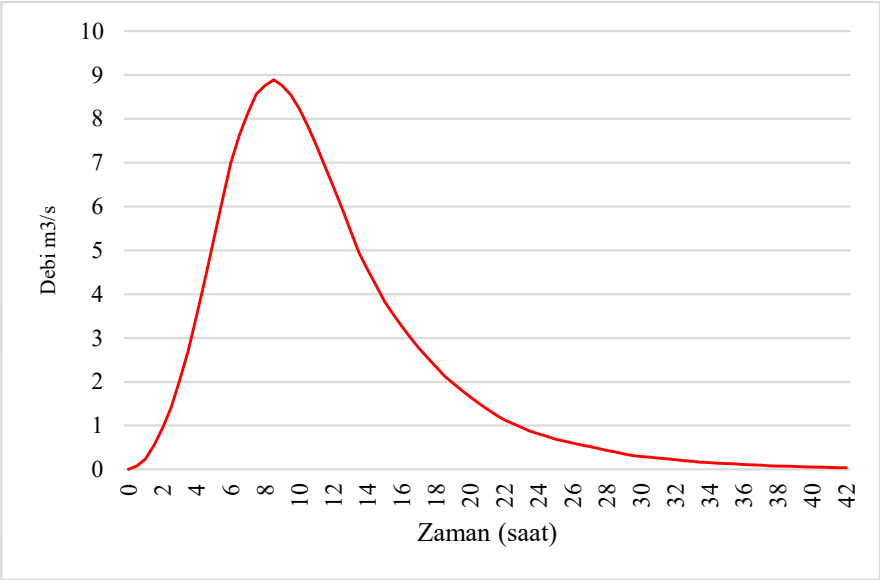
$$Q_p=A\,q_p 10^{-3}=371.47*23.94*10^{-3}=8.89 \text{ m}^3\text{/s/mm}$$

$V_b = A\,h_a\,10^3 = 371470\ \text{m}^3$ (h_a=1mm)

$T = 3.65(V_b / Q_p) = 3.65*371470/8.89 = 42$ saat

$Tp = T/5 = 8.4$ saat

DSİ sentetik yöntemi birim hidrografı 1mm'lik birim akış için Şekil 6.2'de verilmektedir.



Şekil 6.2. DSİ sentetik yöntemi ile bulunan birim hidrograf

Hesaplanan taşkın debileri Çizelge 6.16'da verilmiştir.

Çizelge 6.16. DSİ sentetik yöntemi sonuçları

Taşkın debileri (m^3/s)							
Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
115.34	204.4	282.39	403.65	510.78	634.25	877.73	982.59

6.3.3. Snyder yöntemi sonuçları

Snyder yöntemi için yapılan hesaplar aşağıda verilmektedir. Hesaplarda Anonim (2012b)'ye göre C_t= 1.35, C_p= 0.69 alınmıştır.

$t_p = 0.75\,Ct\,(L\,L_c)^{0.3} = 0.75*1.35\,(57.45*30.12)^{0.3} = 9.48$ saat

$t_r = t_p / 5.5 = 1.72$ saat (2 saat)

$q_p = 2760\,C_p / t_p = 200.88$ l/s/km^2/cm

$$Q_p = q_p \, A 10^{-4} = 200.88 * 371.47 * 10^{-4} = 7.46 \, \mathrm{m^3/s/mm}$$

Snyder yöntemi ile bulunan taşkın debileri Çizelge 6.17'de verilmiştir.

Çizelge 6.17. Snyder yöntemi sonuçları

Taşkın debileri (m^3/s)							
Q_2	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{25}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
99.83	181.44	253.06	368.02	461.63	578.62	803.25	900.92

Noktasal taşkın frekansı ve sentetik metotların sonuçları Çizelge 6.18'te karşılaştırılmıştır.

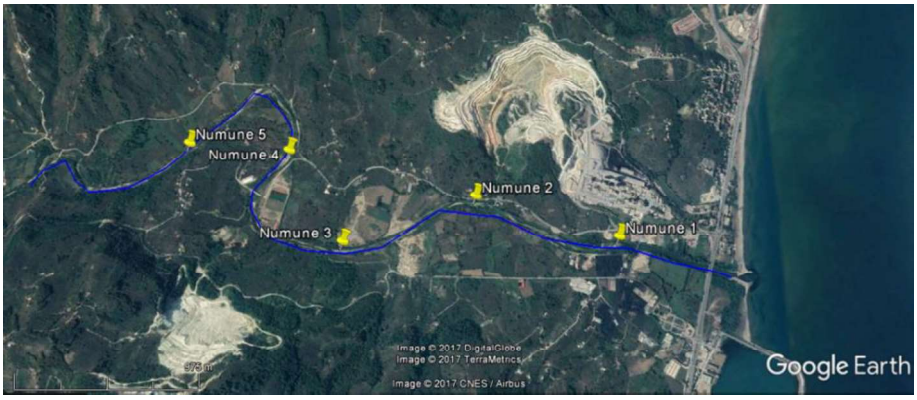
Çizelge 6.18. Hesaplanan taşkın debilerinin kıyaslanması

Tekerrür Debileri	**NTFA**	**Mockus**	**DSİ Sentetik**	**Snyder**
Q_2	202.41	94.41	115.34	99.83
Q_5	359.03	185.64	204.4	181.44
Q_{10}	462.73	265.71	282.39	253.06
Q_{25}	593.75	394.23	403.65	368.02
Q_{50}	690.95	502.23	510.78	461.63
Q_{100}	787.44	629.67	634.25	578.62
Q_{500}	1010.39	880.67	877.73	803.25
Q_{1000}	1108.88	990.00	982.59	900.02

Çizelge 6.22'ye göre en düşük debiler Snyder Yöntemi ile en yüksek debiler ise NTFA ile hesaplanmıştır. Hidrolik modelleme aşamasında DSİ Sentetik yöntemi ile elde edilen sonuçların kullanılmasına karar verilmiştir. DSİ Sentetik yöntemi daha önce pek çok araştırmacı tarafından taşkın debilerinin hesabında kullanılan kabul görmüş bir yöntemdir (Öztürk vd, 2003; Denizolgun vd, 2018; Kumanlıoğlu ve Ersoy, 2018). DSİ Sentetik yöntemi ile elde edilen çeşitli tekerrür debilerinin taşkın hidrografları EK 3'te verilmiştir.

6.4. Cowan Metodu Sonuçları

Cowan metodunda kullanmak üzere nehir güzergahında model alanı boyunca beş ayrı noktadan numune alınmıştır. Şekil 6.3'te numune alınan noktalar, Çizelge 6.19'da ise seçilen noktaların koordinatları yer almaktadır.



Şekil 6.3. Google Earth haritası üzerinde numune alınan noktalar

Çizelge 6.19. Numune alınan noktaların yerleri

	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4	Numune 5
Enlem (Kuzey)	41° 6'27.14"	41° 5'56.94"	41° 5'28.98"	41° 5'16.96"	41° 4'55.66"
Boylam (Doğu)	37°19'42.74"	37°19'31.36"	37°19'44.17"	37°19'18.00"	37°19'16.09"

Denklem 5.55'de yer alan n_0; değerinin elde edilebilmesi için alınan numunelerin elek analizleri Samsun Üniversitesi Kavak MYO Beton ve Zemin Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analiz ile Çizelge 6.20'de verilen D_{50} çapları elde edilmiş, bu değerlere göre de EK 4'te verilen tablodan n_0 değerleri seçilmiştir.

Çizelge 6.20. Elek analizi sonucunda elde edilen D_{50} çapları (mm)

Numune No	1	2	3	4	5
D_{50}	0.23	11.0	10.0	20.0	25.0

n_1, n_2, n_3, n_4 ve m değerleri ise Ek 5'te verilen tablodan seçilerek denklemde yerine konarak Manning pürüzlülük katsayıları sayıları elde edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.21'de görülmektedir.

Çizelge 6.21. Cowan yöntemi için seçilen parametreler ve hesaplanan n katsayıları

No	**KM**	**m**	**n_0**	**n_1**	**n_2**	**n_3**	**n_4**	**n**
1	0+000 - 1+200	1	0.013	0.006	0.000	0.010	0.017	0.046
2	1+200 - 2+400	1	0.025	0.006	0.000	0.010	0.018	0.059
3	2+400 - 3+600	1	0.028	0.006	0.000	0.005	0.018	0.057
4	3+600 - 4+800	1	0.028	0.006	0.000	0.000	0.020	0.054
5	4+800 - 6+000	1	0.028	0.006	0.000	0.000	0.020	0.054

Arazinin nehir yatağı dışında kalan kısımlarında ise Chaudhry (2008)'e göre doğal yataklarda temiz ve düz arazide Manning pürüzlülük değerinin 0.030, bitki yoğun bir arazi söz konusu ise 0.035, çakıl ve iri kayalardan oluşan bir arazi için ise

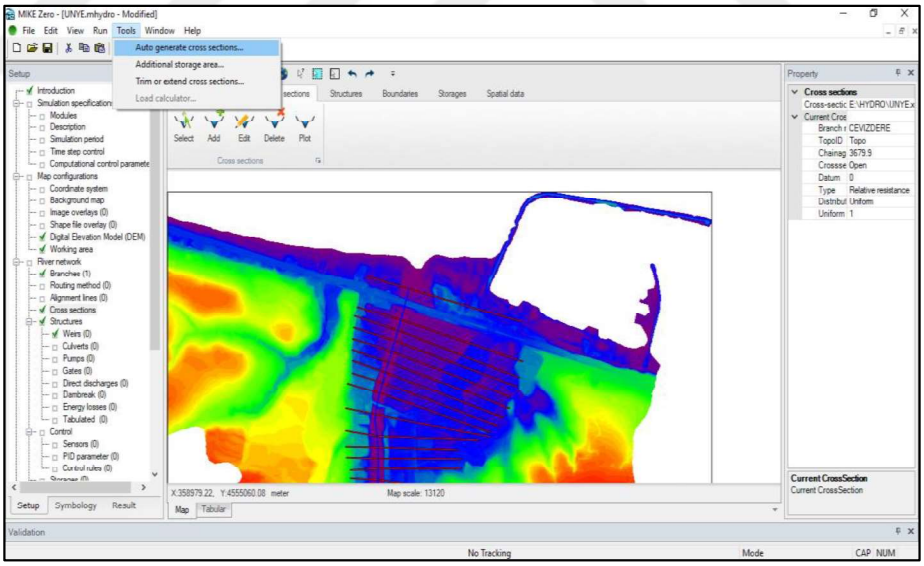
0.040 alınması önerilmektedir. Cevizdere yatak dışında Manning pürüzlülük değerleri 0.033-0.036 arasında seçilmiştir.

6.5. Hidrolik Modelleme Sonuçları

6.5.1. Model altyapılarının hazırlanması

MIKE 11 altyapısı

Çalışma alanının modellenmesinde DSİ'den arazide yerinde yapılmış alımlar ile zenginleştirilmiş 1/1000'lik topoğrafya haritalarından üretilmiş sayısal yükseklik verileri kullanılmıştır. Akarsu enkesitlerinin oluşturulması MIKE yazılımının ara modülü olan MIKE HYDRO ile gerçekleştirilmiştir. Enkesitlerin oluşturulması için öncelikle arazi verisi programa aktarılır ve nehir güzergahı çizilir. Nehir güzergahı membadan mansaba doğru olacak şekilde 0+000'dan başlayarak 3+679.87 km 'ye kadar çizilmiştir. Şekil 6.4'te gösterilen araç menüsü yardımıyla enkesitler oluşturulmuştur.



Şekil 6.4. MIKE HYDRO'da enkesitlerin hazırlanması

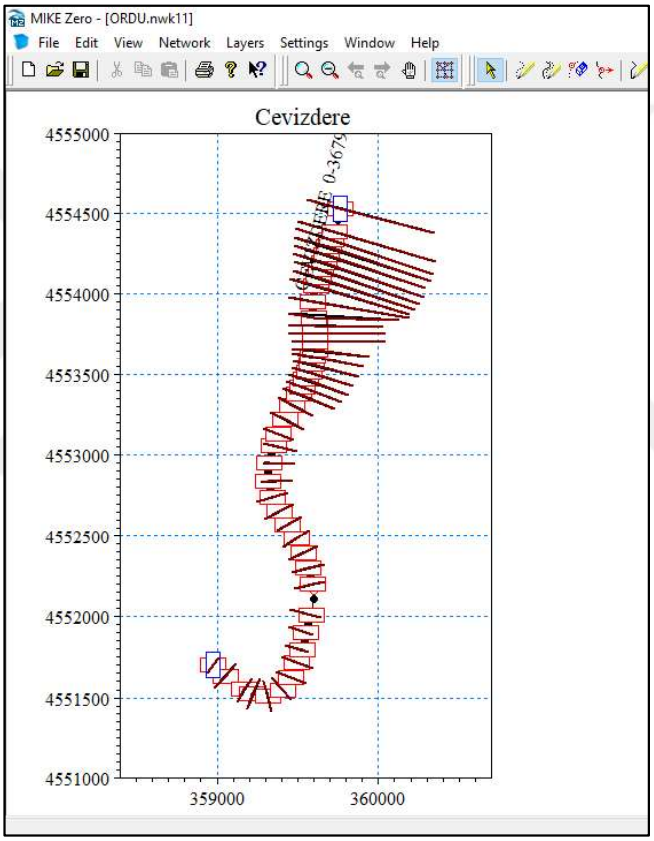
Oluşturulan enkesitlerin nehir güzergahına dik olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada membadan itibaren nehrin durumu ve hidrolik yapıların konumları göz önüne alınarak 0-2400 m mesafeleri arasında kalan her 100 m'de bir, 2400-3656 m mesafeleri arasında kalan her 50 m'de bir enkesit tanımlanmıştır. Bunlardan 45 tanesi arazi şartlarına göre düzenlenerek kullanılmıştır. Oluşturulan enkesitler ve akarsu

güzergahı Şekil 6.5'da gösterilmektedir. Çizelge 6.22'de gösterildiği üzere kesit dosyasında köprülerin yerleri, memba ve mansap kesitleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.22. Çizilen nehir güzergahına göre köprü yerleri

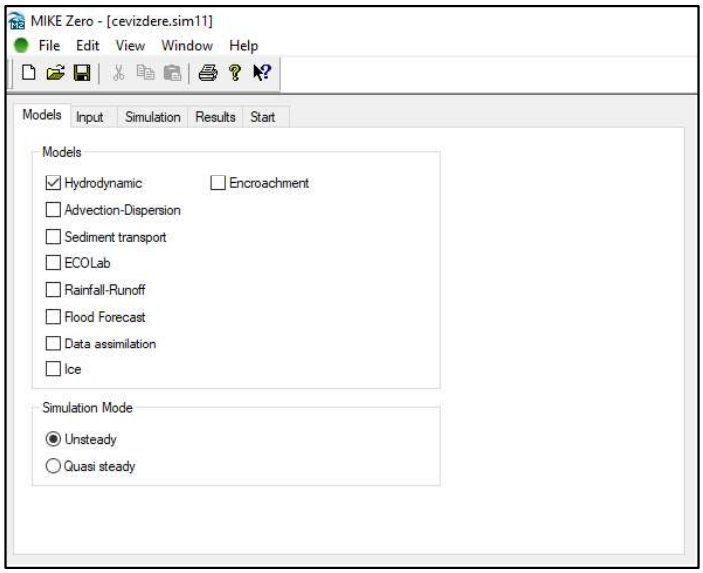
Köprüler	Yer (km)	Memba kesiti (km)	Mansap kesiti (km)
K1	3+609.77	3+530.00	3+979.87
K2	3+059.01	3+080.00	3+180.00
K3	0+283.43	0+244.16	0+300.00

MIKE HYDRO modülünde enkesitler hazırlandıktan sonra MIKE 11'de kullanılacak tüm dosyalar enkesit dosyasına ilintili olacak biçimde üretilir.

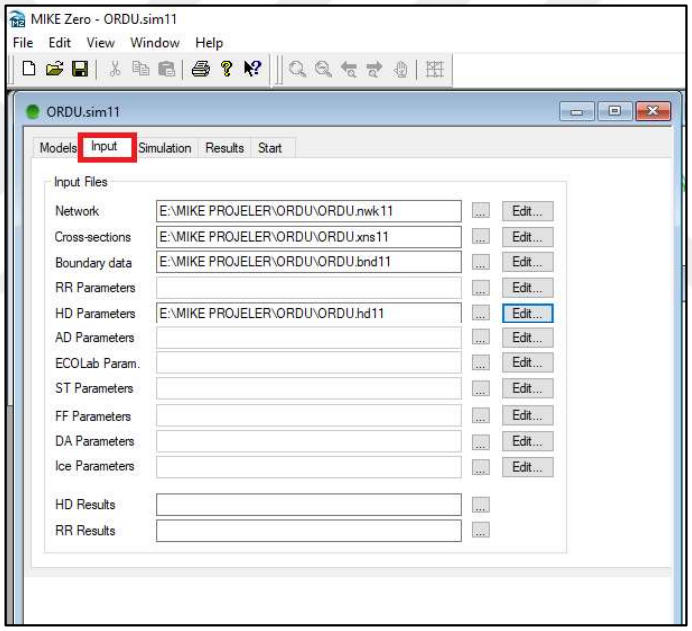


Şekil 6.5. Akarsu güzergahı ve enkesitler

Model oluşturulmasına öncelikle model tipi ve benzeşim modu seçilerek başlanır (Şekil 6.6). Çalışmada MIKE 11 hidrodinamik modeli, kararsız akım koşularında çalıştırılmıştır. Ardından Şekil 6.7'de görüldüğü gibi daha önce hazırlanmış olan arayüz dosyaları sırayla eklenmiştir.

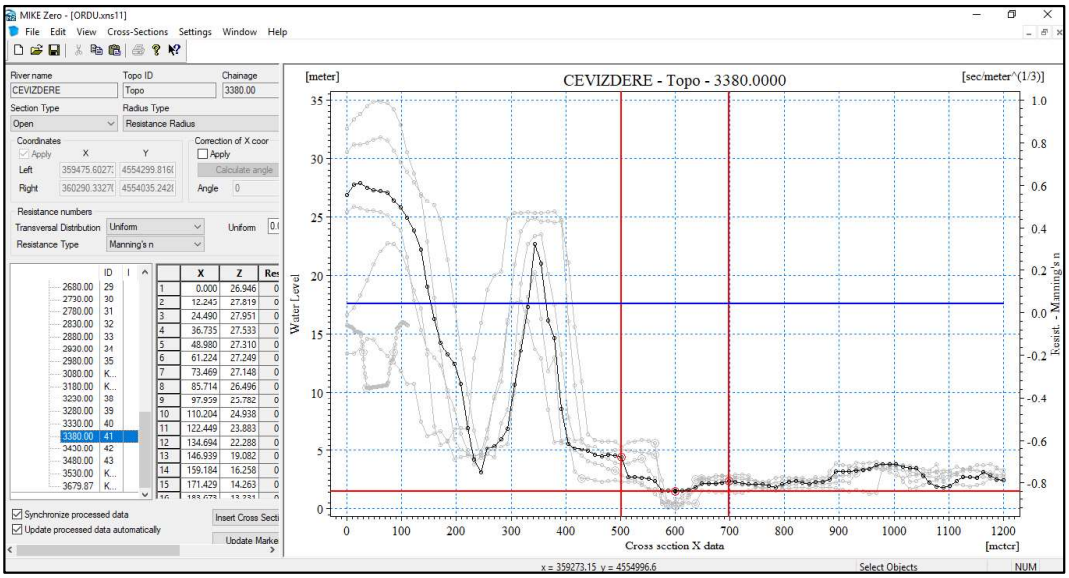


Şekil 6.6. MIKE 11 model kurulumu



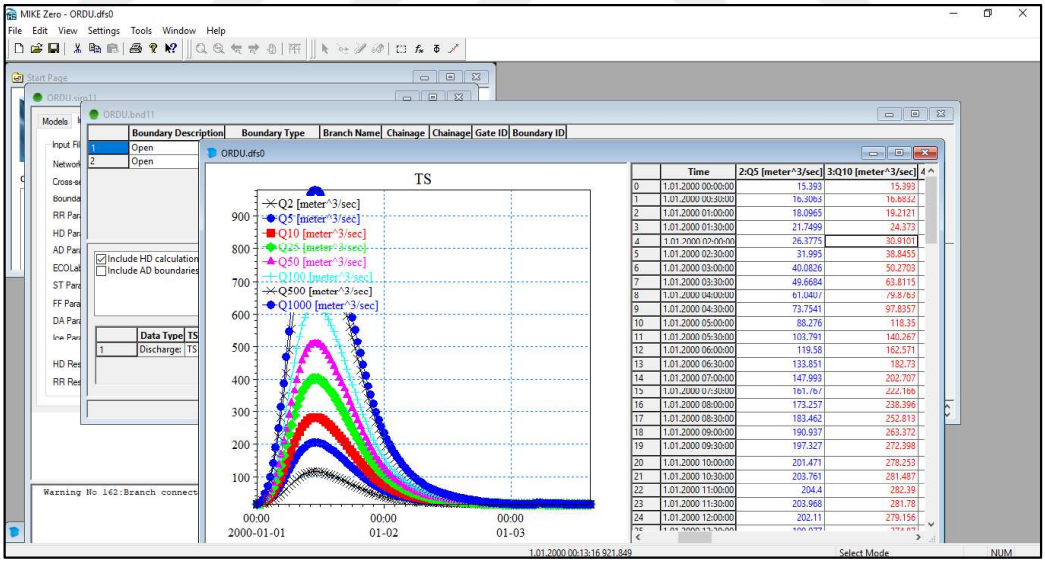
Şekil 6.7. MIKE 11 arayüz dosyalarının girilmesi

Eklenen dosyalarda çalışma alanına özgü düzenlemeler yapılır. Tüm arayüz dosyaları "sim.11" benzeşim dosyası altında çalışmaktadır, bu nedenle hepsinin benzeşim ana dosyası ile ilintili olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 6.8'de enkesitlerin işlendiği arayüz görülmektedir. Sınır koşullarının belirlendiği dosyaya, modelde akarsu başlangıç ve bitiş noktası olarak tanımlanan sınırlarda hidrograf, debi, su seviyesi gibi değişken ya da sabit nitelikli veriler girilir (Şekil 6.9).



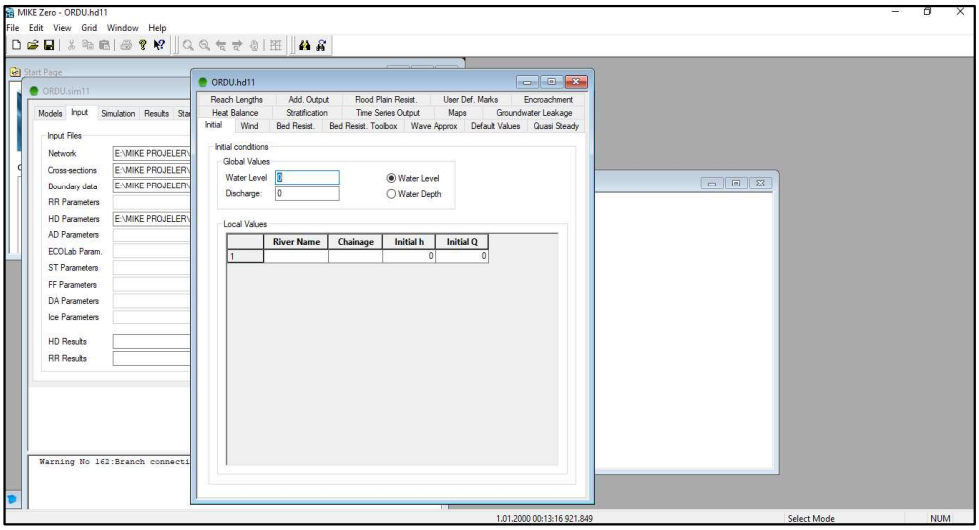
Şekil 6.8. MIKE 11 enkesit arayüzü

Çalışmada memba sınır koşulu olarak Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debilerine ait DSİ Sentetik Yöntemi ile üretilmiş hidrograflar kullanılmıştır. Mansap sınır koşulu olarak ise MIKE programında otomatik üretilen Debi-Seviye (Q-h) değerleri kullanılmıştır (Şekil 6.10).



Şekil 6.9. MIKE 11 sınır koşulları arayüzü

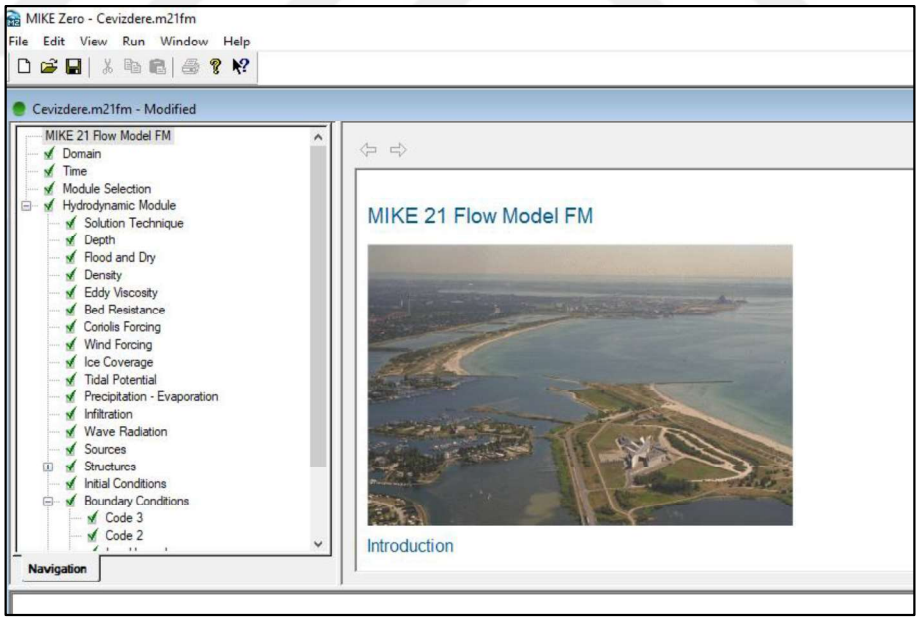
Hidrodinamik parametre arayüzünde ise Şekil 6.10'da görüleceği üzere taşkın yayılımını gösterir haritanın özellikleri, başlangıç koşulları, dalga yaklaşımı, yeraltı suyu gibi parametreler düzenlenir.



Şekil 6.10. MIKE 11 hidrodinamik parametre arayüzü

MIKE 21 altyapısı

MIKE 21 ile modellemeye başlanırken öncelikle esnek sayısal ağın üretilmesi gerekir. MIKE Zero üzerinden arazi için esnek sayısal ağ yapısı oluşturulur. Şekil 6.11'de MIKE 21 çalışma ekranı gözükmektedir.

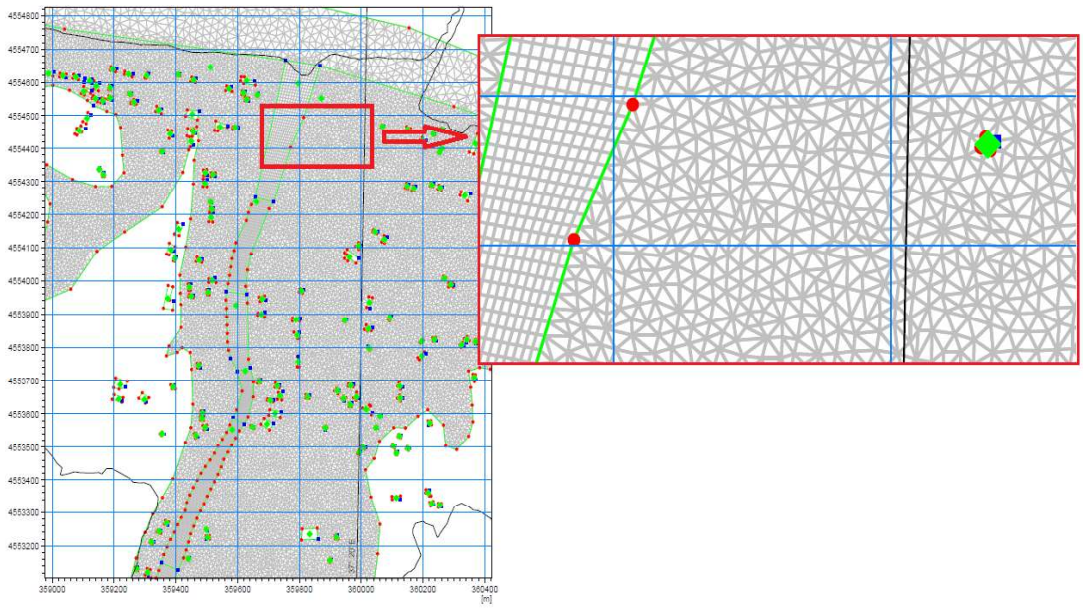


Şekil 6.11. MIKE 21 çalışma ekranı

SYM'nin yükseklik değerleri, MIKE Zero'da her bir noktanın yükseklik değerleri olarak kullanılır ve değerler ile modelin esnek örgüsü oluşturulur. Esnek örgünün avantajlarından biri, haritaların farklı bölümleri için farklı boyutlarda öğeler

yaratmaktır. Elemanların bu farklı boyutları modelleme için avantajlar sağlar. Nehir yatağı, kalan parçalara kıyasla küçük alanlı elemanlardan oluşturulmuştur (Şekil 6.12). Bu, nehir yatağının ayrıntılarının kalan kısımlardan daha iyi temsil edilebileceği anlamına gelir. Eğer oluşturulacak taşkın modelinde arazi yayılımı çok önemli değilse; haritaların taşkın yayılım kısmı çok fazla ayrıntı gerektirmeyebilir çünkü çalışmalar bu kısımlara odaklanmamaktadır. Eleman boyutlarının farklı tanımlanabilmesi modelin bilgisayarda çözüm süresi için avantaj sağlar. Model hesaplama süresi doğrudan modeldeki hesaplama düğümlerinin sayısıyla ilgilidir. Her sayısal ağ elemanı bir hesap düğümünü temsil eder. Hesap düğümlerinin sayısı bazı bölümlerde daha büyük boyutlu elemanlar seçimi ile azaltılabildiğinden, modelin hesaplama süresi de azalır.

Çalışma alanında küçük boyutta sayısal ağ elemanları kullanılarak arazi yapısı olabildiğince gerçekçi temsil edilmeye çalışılmıştır. Şekil 6.12'de görüldüğü gibi dere içi dörtgen, arazi ise üçgen yapıda sayısal ağ elemanları ile temsil edilmiştir. Dörtgen sayısal ağ elemanları akım yönünün belirgin olduğu alanlarda (akarsu güzergahı boyunca) üçgen sayısal ağ elemanları ise akım yönünün belirsiz olduğu (arazi gibi) alanlarda kullanılır. Maksimum sayısal ağ elemanı alanı olarak 100 m^2 seçilmiştir. Sınır koşullarında ise memba koşulu olarak bir boyutlu modelde kullanılan hidrograflar, mansap koşulu olarak ise modelin Karadeniz'e bağlanması sebebiyle bölgede yapılan taşkın çalışmalarında kullanılan 0.5 m su yüksekliği verilmiştir.



Şekil 6.12. Esnek sayısal ağ yapısı

Kalibrasyon

Modelleme için gerekli olan altyapı tamamlandıktan sonra kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon parametreleri yüzey pürüzlülüğü, rüzgar etkisi gibi parametrelerdir. Kalibrasyonun amacı modelin çalışma dosyasını, arazinin doğal şartlarına göre sonuç verecek hale getirmektir. Kalibrasyonun doğru yapılabilmesi için akarsu kesitlerinde bir taşkın esnasında ölçülmüş su seviyelerine ve taşkının yayıldığı alana dair verilere ihtiyaç vardır. Ülkemizde hidrometrik ölçüm ağı yetersizdir. Pek çok taşkın için akarsu içinde ölçülmüş veriler elde edilememektedir. Özellikle AGİ bulunmayan ya da taşkın anında ölçüm yapılamamış alanlarda taşkına dair bilgiler taşkın izleri, uzaktan algılama, yöre halkı ve kurumlardan sözlü ya da görsel bilgi alma gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Cevizdere için 2018 Ağustos ayında yaşanan, görsel ve yazılı basında büyük yer edinen taşkın felaketine kadar, yeterli doğrulukta kalibrasyon verisi elde edilememiştir. Ancak taşkın esnasından AGİ'nin su altında kalması sebebiyle taşkın debileri anlık olarak ölçülememiş, taşkından sonra DSİ tarafından yapılan arazi çalışmasında kesitlerdeki su izleri ile Manning formülü kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma alanı membasında yer alan Ünye Binicilik Tesisleri mevkiinde, Cevizdere ana yatak kesitinde taşkın sonrası arazide yapılan ölçümler sonucu, taşkın debisi 688.53 m^3/s olarak hesap edilmiştir. Bu değer 150 yıllık taşkın debisine tekabül etmektedir. Modelin kalibrasyonunda bu debi kullanılmış, taşkın anında ve sonrasında arazide yapılan teknik incelemede çekilmiş fotoğraflar ile kıyaslanarak model kalibre edilmiştir (Şekil 6.13-6.16).

Şekil 6.13. 2018 taşkını sırasında TCK Samsun-Ordu ana karayolu köprüsü

Şekil 6.14. 2018 taşkını sırasında eski Samsun-Ordu karayolu köprüsü

Şekil 6.15. 2018 taşkını sırasında Binicilik Tesisleri yakınında bulunan köprü

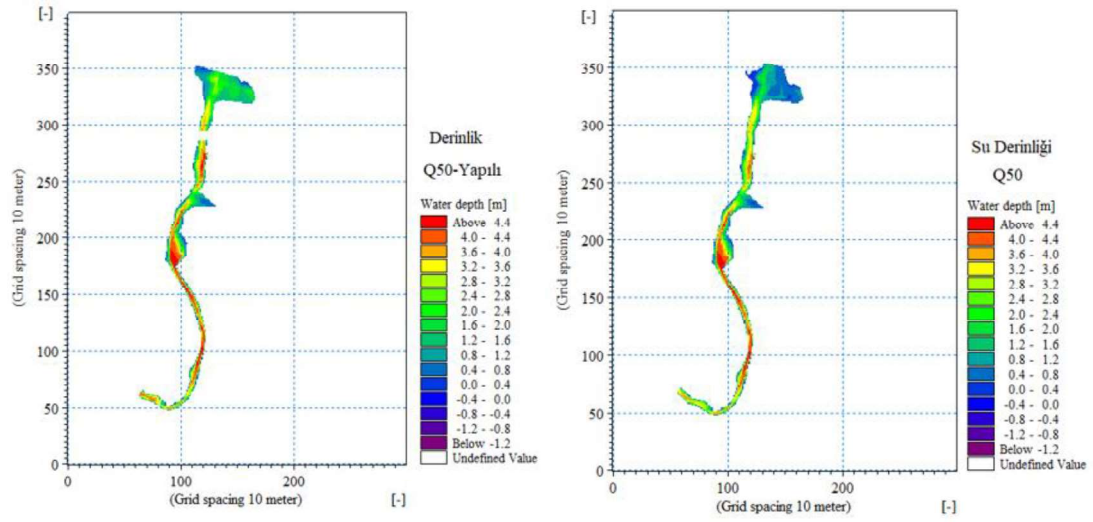
Taşkında gelen 688.53 m^3/s 'lik debinin oluşturduğu taşkın alanı ve su derinlikleri ile modelin aynı debide verdiği sonuçlar kıyaslanmıştır. Sonuçlar birbiri ile uyum göstermiştir. Kalibrasyonun el ile yapıldığı bu gibi durumlarda taşkın sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilene kadar pürüzlülük katsayıları değiştirilir. Bu çalışmada modelin taşkın debisinde verdiği sonuçların taşkın verileri ile uyumu kontrol edilmiş ve model dosyası araziyi temsil edecek şekilde kalibre edilmiştir.

Şekil 6.16. Model sonuçları ile 2018 taşkını sonuçlarının kıyaslanması

6.5.2. MIKE 11 modelleme sonuçları

Model altyapısı hazırlanarak gereken tüm parametreler girildikten sonra model çalıştırılmış ve Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için kesitlerin durumu gözlenmiştir. Çalışmada bir boyutlu modeller akarsu kesitlerinin ve köprülerin durumunu görmek amacıyla kullanılmıştır. Öncelikle Cevizdere üzerinde bulunan köprülerin mevcut olduğu yapılı durum, sonrasında ise köprülerin kaldırıldığı yapısız durum incelenmiştir. Bu amaçla ağ editörü ile yapılı ve yapısız olmak üzere iki adet nehir ağı dosyası hazırlanmıştır. Böylece tüm debilerde yapılı ve yapısız olacak biçimde 4 debi için 8 adet farklı senaryo çalışılmıştır. Şekil 6.17-20'de tüm debiler için sonuçlar yan yana verilmiştir.

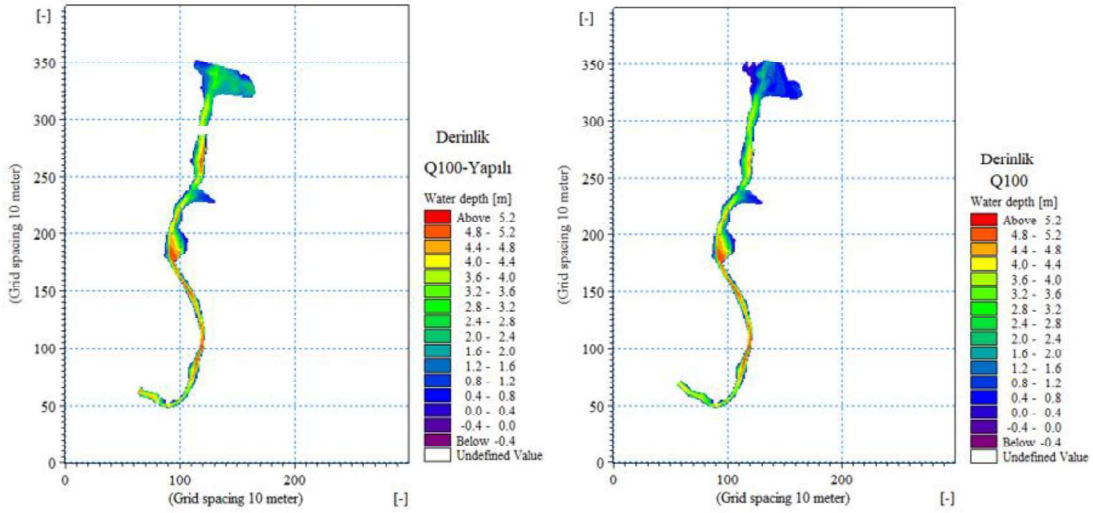
MIKE 11'in harita olarak tanımlayarak verdiği sonuçlarda köprülerin bulunduğu bölgeler, programın özelliğinden dolayı yapılı sonuçlarda kesikli olarak görülmektedir.



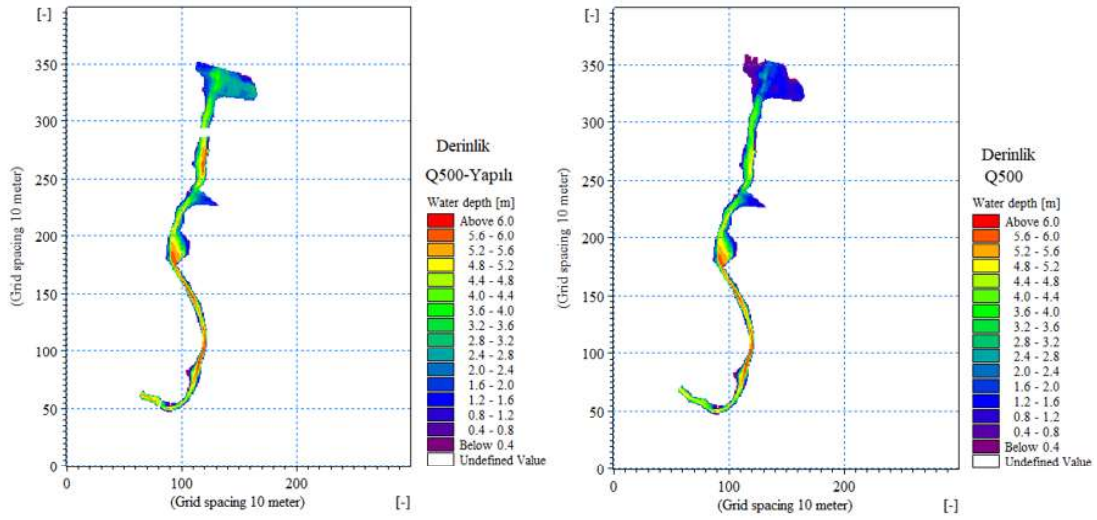
Şekil 6.17. Q_{50} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları

Şekil 6.17 incelendiğinde Q_{50} 'de mevcut durumu gösteren yapılı sonuçlarda su derinliğinin yapısız sonuçlara oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapılı durumda en yüksek su derinliği 4.78m, ortalama su derinliği ise 2.32m'dir. Yapısız durumda ise en yüksek su derinliği 4.77m, ortalama su derinliği ise 2.06m'dir.

Şekil 6.18'de ise Q_{100} için yapılı ve yapısız sonuçları görülmektedir. Q_{100} yapılı durumunda en yüksek su derinliği 5.23m, ortalama su derinliği ise 2.63m'dir. Yapısız durumda ise en yüksek su derinliği 5.21, ortalama su derinliği ise 2.26m'dir.



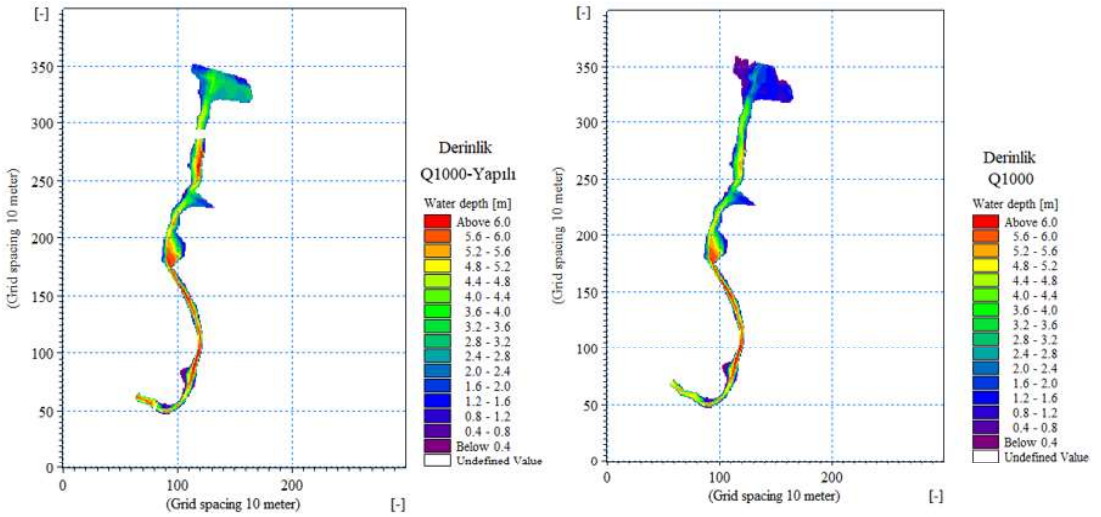
Şekil 6.18. Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları



Şekil 6.19. Q_{500} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları

Şekil 6.19'a göre yapılı durumda Q_{500} için en yüksek su derinliği 6.07m, ortalama su derinliği ise 3.20m'dir. Yapısız durumda ise en yüksek su derinliği 6.06m, ortalama su derinliği ise 2.63m'dir.

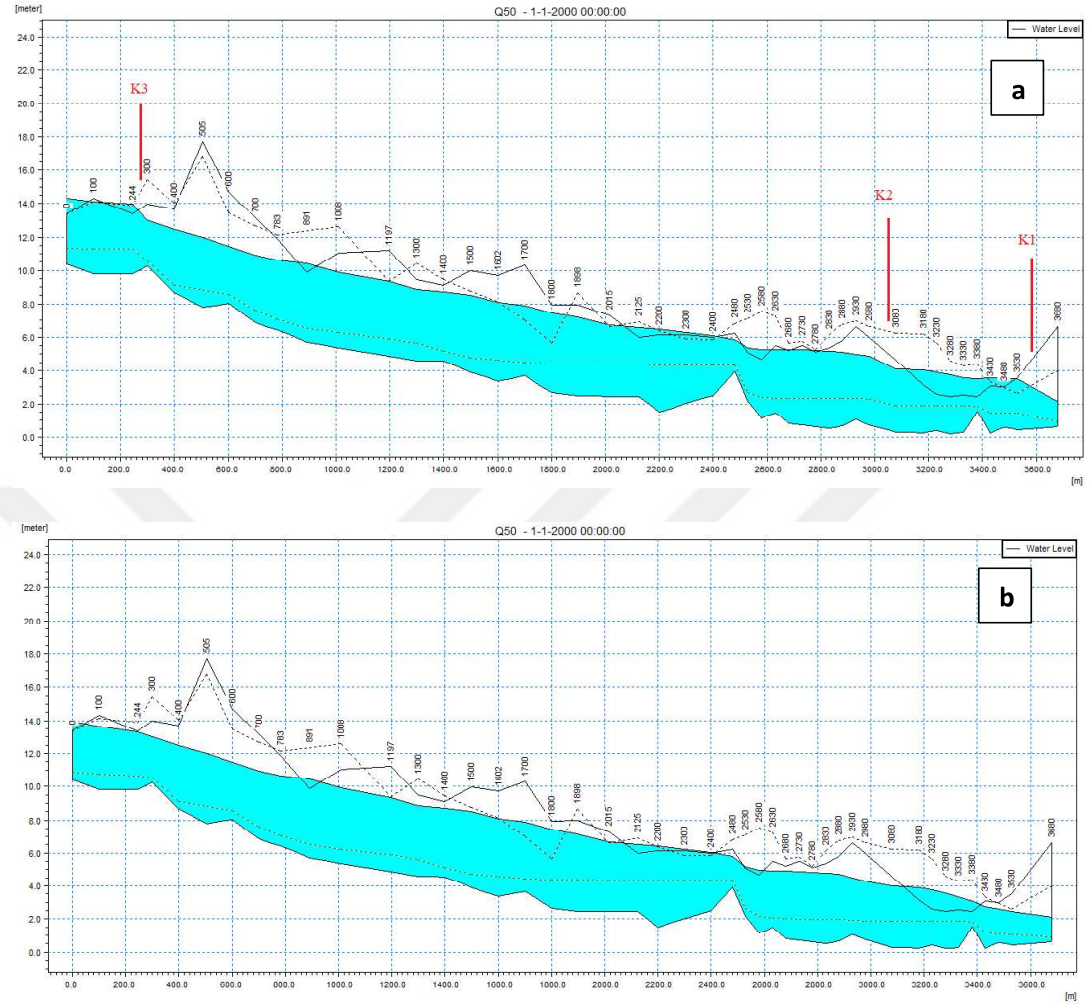
Şekil 6.20'de ise Q_{1000} için yapılı ve yapısız sonuçları görülmektedir. Yapılı duruma göre en yüksek su derinliği 6.39m, ortalama su derinliği ise 3.42m'dir. Yapısız durumda ise en yüksek su derinliği 6.38, ortalama su derinliği ise 2.77m'dir.



Şekil 6.20. Q_{1000} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları

Yapıların ihmal edildiği senaryolar incelendiğinde mevcut duruma göre su derinliklerinin ve araziye taşma eğilimlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılı ve yapısız durumun etkilerini daha iyi görmek için akarsu boykesiti ile köprülerin memba

kesitleri incelenmiştir. Şekil 6.21'de örnek olarak Q50 için (a)'da yapılı durum, (b)'de ise yapısız durum görülmektedir.



Şekil 6.21. MIKE 11'de Q_{50} için yapılı (a) ve yapısız (b) boykesit durumu

Şekil 6.21'de mavi renk ile talveg üzerinde meydana gelen maksimum su yüzeyi kotu, kesikli çizgi ile sağ şev üst kotu, düz çizgi ile sol şev üst kotu ve bunların üzerinde kesitlerin başlangıç noktasına olan mesafeleri verilmiştir. Yine Şekil 6.21 (a)'da ayrıca köprülerin yerleri kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Üç köprününde membalarında akımı kabarttığı gözlenmiştir. Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için hem yapılı hem yapısız sonuçlar EK 6-8'de verilmiştir.

Tüm senaryolarda kesitler incelenerek maksimum su yüzeyi kotları Çizelge 6.26'da verilmiştir. Taşkın debisini geçiren kesitler renkli olarak işaretlenmiştir. Çizelge 6.26'ya göre yapılı ve yapısız senaryolar göz önüne alındığında köprülerin tamamen kaldırılması durumu ile bulunması durumu arasında kesit yeterliliği açısından sonuçlar aynıdır. Köprülerin varlığı köprü memba kesitlerinde suyun

kabarmasına neden olmaktadır. Ancak, köprülerin mevcudiyeti ile ihmal edilmesi arasında kesit yeterliliği açısından bir değişim gözlenmemiştir. Şöyle ki köprüler mevcut iken yetersiz olan kesitler; köprüler kaldırılmış iken de yetersiz, köprüler mevcut iken yeterli olan kesitler köprüler kaldırılmış iken de yeterlidir. Yapılı ve yapısız durumun sonuçları, kesit yeterliliği açısından aynı olduğundan bundan sonraki yorumlarda ”yapılı-yapısız” ayrımı yapılmamıştır.

Özel olarak her bir debi için Çizelge 6.23 kesit numaralarına göre irdelenirse; 1-10 kesitleri arası, 12-16 kesitleri arası, 19, 25, 27, 28 kesitlerinde ve 30-36 kesitleri arasında Q_{50} geçmektedir. Q_{100}'ü geçiren kesitler 1, 2 kesitleri, 4-9 kesitleri arası, 12-14 kesitleri arası, 19 kesiti, 32-36 arası kesitlerdir. Q_{500}, 5-8 kesitleri arasından ve 12 no'lu kesitten geçebilmektedir. Q_{1000} ise 6-8 kesitleri arasından ve 12 no'lu kesitten geçebilmektedir.

K3 köprüsü membasında bulunan 3 no'lu 244.16 m kesitinden sadece Q_{50} geçebilmektedir. K2 köprüsü 36 no'lu 3080.00 m memba kesitinden Q_{50} ve Q_{100} debileri geçebilmektedir. K1 köprüsü membasında bulunan kesitler ise çalışılan hiçbir debiyi geçirememiştir. K2 köprüsünün K1 membasına yakın oluşu K1 memba kısmını olumsuz etkilemektedir.

Sonuç olarak 1B modelde tüm tekerrür debilerinde çalışma alanının mansap bölgesinde, taşkın sularının Cevizdere şevlerini aştığı ve araziye yayılma eğilimi gösterdiği görülmüştür. Bu durumda 1B model ile çalışmak yeterli olmamaktadır. Arazide taşkın yayılımının gerçekçi biçimde ve kesintisiz olarak elde edilebilmesi için 2B model kullanılması gerekmektedir. Taşkın yayılımının 1B model ile elde edilebilmesi için enkesit genişlikleri yeterince artırılmalı ve araziyi temsil edebilmek için daha sık enkesitler alınmalıdır. Yine de arazide oluşacak taşkın yayılım hareketini tek yönde çözmeye çalışmak 2B modele göre daha az gerçekçi sonuçlar verecektir. Tez çalışmasında 1B modelin amacı taşkın yayılımını görmek değil; 2B model için bir ön çalışma yaparak enkesitlerdeki köprü etkilerini incelemek ve taşkın sularının şevleri aşıp aşmadığını anlamaktır. Böylece çalışma alanında 2B bir modele ihtiyaç olduğu fikri doğrulanmıştır.

Çizelge 6.23. MIKE 11 su yüzü kotları (m)

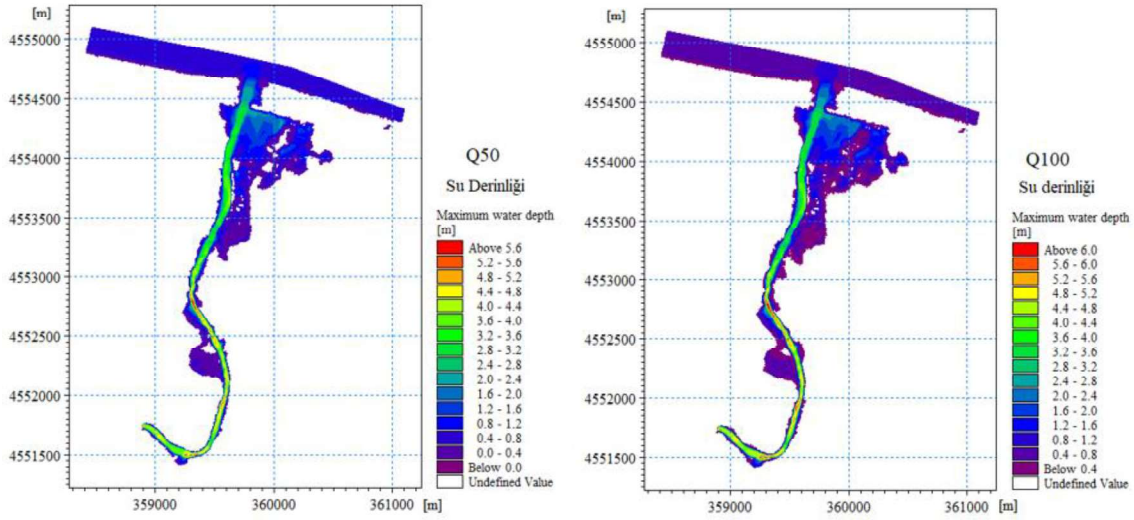
Kesit Bilgileri				Tüm debiler için kesitlerin maksimum su yüzü kotları (m)							
				Q_{50}		Q_{100}		Q_{500}		Q_{1000}	
KesitNo	Başlangıca mesafesi (m)	Sol şev (m)	Sağ şev (m)	Yapılı	Yapısız	Yapılı	Yapısız	Yapılı	Yapısız	Yapılı	Yapısız
1	00.00 giriş	15.2	15.4	14.29	13.94	14.75	14.40	15.60	15.20	15.97	15.50
2	100.00	15.7	15.8	14.10	13.65	14.55	14.13	15.38	15.93	15.77	15.23
3	244.16 K3 Memba	15.0	14.0	13.97	13.31	14.43	13.84	15.33	14.70	15.72	15.02
4	300.00 K3 Mansap	15.4	14.0	13.00	12.99	13.55	13.50	14.37	14.36	14.72	14.71
5	400.00	14.0	14.0	12.50	12.48	12.97	12.96	13.83	13.82	14.20	14.19
6	504.66	16.7	17.6	12.00	12.03	12.48	12.48	13.34	13.32	13.64	13.63
7	600.00	13.5	14.7	11.40	11.44	11.92	11.90	12.69	12.68	13.04	13.03
8	700.00	12.7	13.2	10.90	10.88	11.42	11.42	12.32	12.31	12.62	12.61
9	782.82	12.1	11.9	10.64	10.67	11.15	11.17	12.04	12.03	12.38	12.37
10	890.82	12.4	9.8	10.42	10.42	10.95	10.94	11.79	11.78	12.12	12.10
11	1008.08	12.6	9.8	10.40	9.88	10.34	10.33	11.18	11.16	11.50	11.49
12	1196.96	12.6	11.0	9.90	9.33	9.83	9.80	10.61	10.57	10.88	10.88
13	1300.00	10.4	9.5	8.85	8.86	9.32	9.31	10.12	10.11	10.45	10.41
14	1400.00	9.4	9.2	8.68	8.65	9.20	9.20	10.07	10.05	10.35	10.34
15	1500.00	8.8	10.0	8.60	8.54	8.99	8.99	9.79	9.78	10.10	10.08
16	1601.61	8.2	9.6	8.08	8.05	8.55	8.54	9.31	9.30	9.62	9.58
17	1700.00	7.0	11.0	7.90	7.87	8.37	8.35	9.10	9.09	9.39	9.36
18	1800.00	5.6	7.8	7.44	7.44	7.85	7.82	8.53	8.50	8.77	8.74
19	1898.17	8.6	8.0	7.18	7.19	7.60	7.57	8.25	8.19	8.67	8.45
20	2015.36	6.6	7.3	6.69	6.68	7.07	7.04	7.68	7.58	7.88	7.80
21	2124.54	6.85	6.0	6.56	6.51	6.89	6.83	7.43	7.34	7.67	7.53
22	2200.00	6.5	6.3	6.45	6.46	6.78	6.73	7.31	7.31	7.59	7.41
23	2300.00	6.0	6.15	6.28	6.25	6.58	6.53	7.10	6.94	7.35	7.10
24	2400.00	6.0	6.0	6.10	6.04	6.40	6.29	7.92	6.69	7.18	6.83
25	2480.00	6.85	6.0	5.45	5.78	6.20	6.05	6.95	6.55	7.23	6.76
26	2530.00	7.0	5.2	5.40	5.17	5.79	5.51	6.53	6.10	6.83	6.33
27	2580.00	7.40	5.5	5.40	4.98	5.69	5.34	6.43	5.91	6.77	6.10
28	2630.00	7.30	5.5	5.26	4.95	5.72	5.33	6.56	5.90	6.85	6.15
29	2680.00	5.6	5.2	5.27	4.93	5.75	5.30	6.56	5.94	6.92	6.14
30	2730.00	5.7	5.5	5.24	4.78	5.72	5.27	6.57	5.91	6.92	6.14
31	2780.00	5.2	5.2	5.20	4.76	5.64	5.19	6.50	5.79	6.87	6.04
32	2830.00	6.2	5.3	5.17	4.74	5.63	5.18	6.46	5.77	6.80	6.00
33	2880.00	6.8	5.8	5.13	4.53	5.59	5.09	6.45	5.69	6.60	5.93
34	2930.00	7.0	6.6	4.97	4.55	5.43	4.83	6.24	5.42	6.53	5.63
35	2980.00	6.6	6.0	4.85	4.30	5.33	4.62	6.21	5.17	5.20	5.38
36	3080.00 K2 Memba	6.2	4.6	4.08	4.00	4.41	4.26	4.97	4.74	5.19	5.40
37	3180.00 K2 Mansap	6.2	3.2	4.15	3.91	4.35	4.19	4.94	4.66	4.97	4.83
38	3230.00	5.6	2.6	3.90	3.00	4.19	4.01	4.74	4.43	4.97	4.56
39	3280.00	4.6	2.5	3.74	3.76	4.04	3.79	4.58	4.15	4.81	4.30
40	3330.00	4.2	2.6	3.56	3.60	3.85	3.54	4.35	3.84	4.60	3.94
41	3380.00	4.4	2.45	3.51	3.36	3.85	3.26	4.40	3.52	4.71	3.62
42	3430.00	3.3	3.1	3.53	3.13	3.88	2.92	4.53	3.21	4.79	3.30
43	3480.00	3.0	3.0	3.52	2.77	3.90	2.74	4.51	3.09	4.78	3.20
44	3530.00 K1 Memba	2.6	3.54	3.52	2.49	3.88	2.62	4.48	3.04	4.76	3.12
45	3679.87 K1 Mansap	4.0	6.6	2.14	2.13	2.32	2.32	2.72	2.71	2.83	2.81

6.5.3. MIKE 21 ile modelleme sonuçları

MIKE 21 modellemesinde de yine Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debileri kullanılmıştır. Şekil 6.22'de Q_{50} ve Q_{100} debilerinin su derinliği sonuçları, Şekil 6.23'te ise Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin sonuçları verilmektedir. Şekil 6.24'te Q_{50} ve Q_{100} debileri için akım hızı sonuçları, Şekil 6.25'te ise Q_{500} ve Q_{1000} debileri için akım hızı sonuçları verilmektedir.

Şekil 6.22'de verilen Q_{50}'de en yüksek su derinliği 5.75m, ortalama su derinliği ise 1.07m'dir. Q_{100}'de ise en yüksek su derinliği 6.32m, ortalama su derinliği ise 1.19m'dir.

Şekil 6.23'e göre Q_{500}'de en yüksek su derinliği 7.14m, ortalama su derinliği ise 1.35m'dir. Q_{1000}'de ise en yüksek su derinliği 7.51m, ortalama su derinliği ise 1.40m'dir.

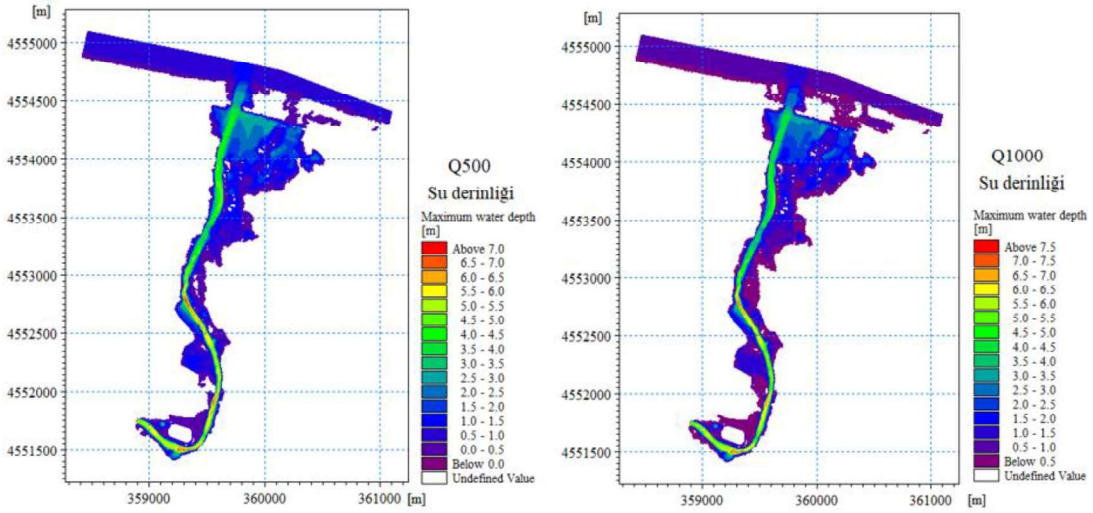


Şekil 6.22. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları

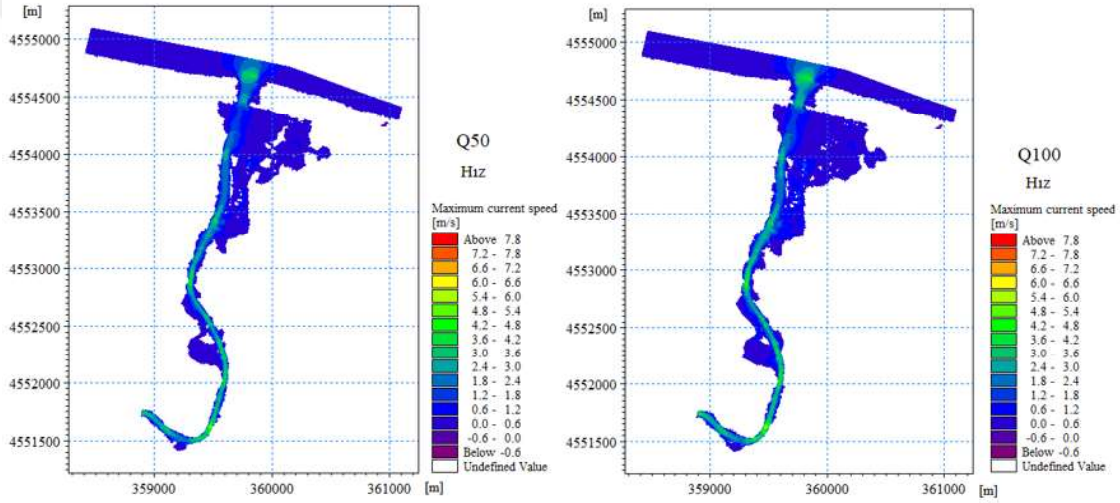
Şekil 6.24'e göre Q_{50}'de en yüksek hız 5.98m/s, ortalama hız ise 0.74m/s'dir. Q_{100}'de ise en yüksek hız 6.20m/s, ortalama hız ise 0.82m/s'dir.

Şekil 6.25'de göre Q_{500}'de en yüksek hız 6.77m/s, ortalama hız ise 0.93m/s'dir. Q_{1000}'de ise en yüksek hız 7.51m/s, ortalama hız ise 1.41m/s'dir.

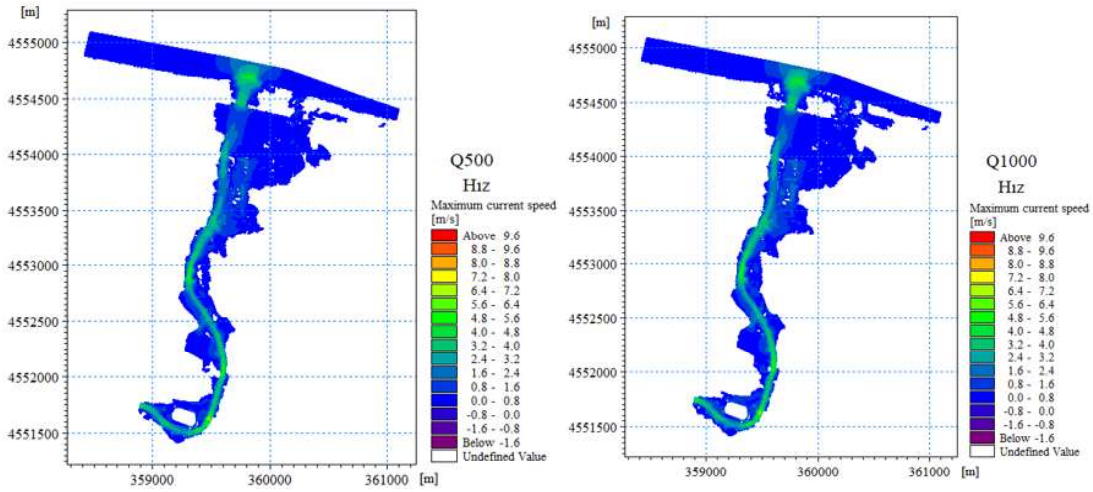
Taşkın tekerrür süresindeki artış; hem su derinliklerini hem de akım hızını artırmaktadır. Su derinliği ve akım hızı sonuçları taşkın haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 6.23. Q_{500} ve Q_{1000} için MIKE 11'den elde edilen su derinliği sonuçları



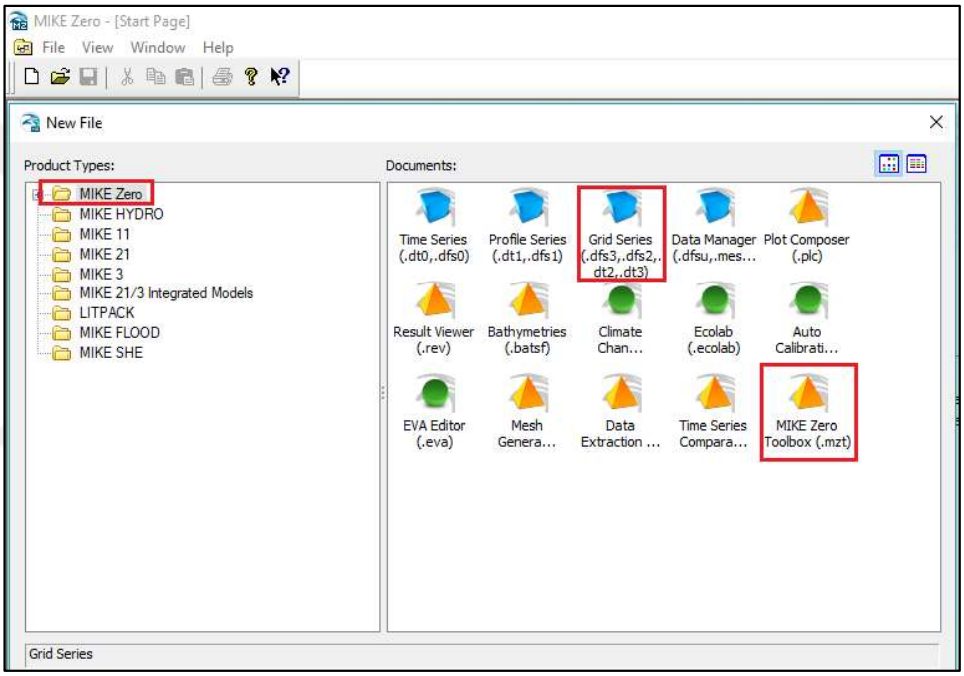
Şekil 6.24. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen akım hızı sonuçları



Şekil 6.25. Q_{50} ve Q_{100} için MIKE 11'den elde edilen akım hızı sonuçları

6.6. Taşkın Haritaları

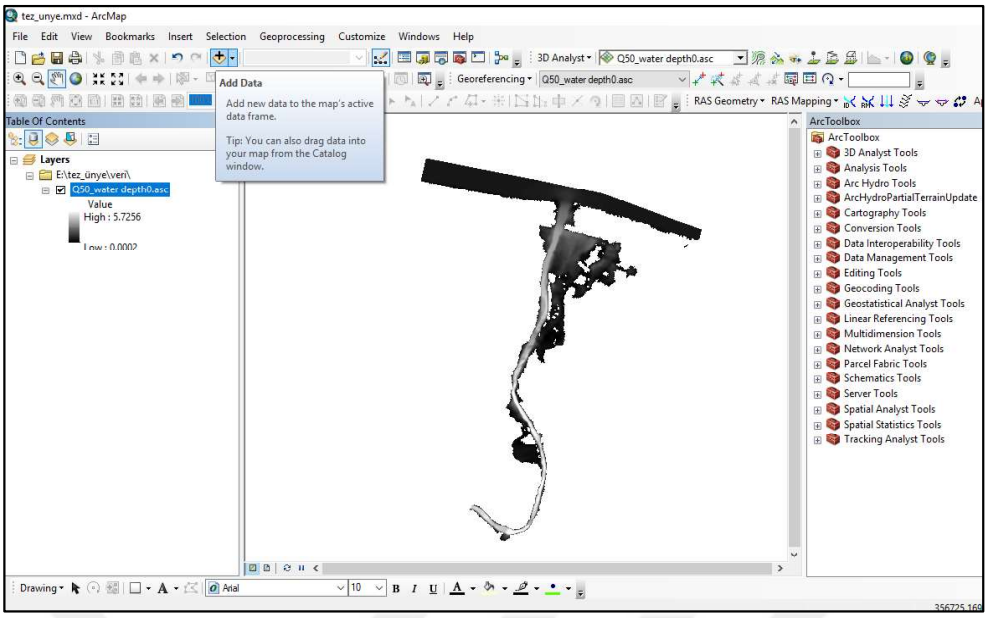
Taşkın haritaları ArcGIS yazılımında hazırlanmıştır. ArcGIS ile çalışabilmek için MIKE 21'in ". dfsu" uzantılı sonuç dosyalarının ArcGIS dosya tipi olan ".asc." ye dönüştürülmesi gerekmiştir. MIKE Zero temel modülüne Şekil 6.26' da gösterilen "MIKE Zero-Grid series "adımları izlenerek ".dfsu" uzantılı dosya 1m*1m hücre yapısına sahip ".dfsu2" dosya tipine, buradan da "MIKE Zero-MIKE Zero Toolbox-GIS-MIKE2Grid" adımları izlenerek ArcGIS' de açılabilen ".asc" dosya formatına dönüştürülmüştür. Bu işlem 2B tüm sonuç dosyaları için ayrı ayrı yapılmıştır.



Şekil 6.26. MIKE Zero arayüzü

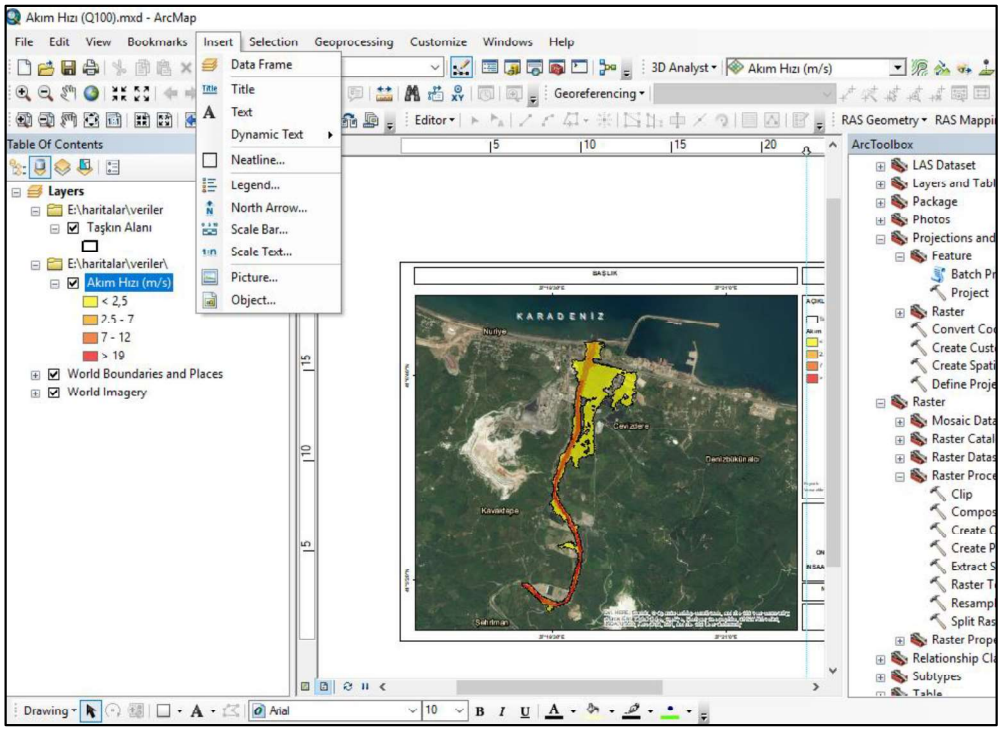
Taşkın haritalarında altlık olarak Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır. Düzenlenen MIKE sonuç dosyaları ve kullanılacak diğer veriler ArcGIS ortamına aktarılmıştır (Şekil 6.27).

Ham halde bulunan verilere koordinat sistemi tanımlanması gerektiğinden ArcGIS ortamında MIKE modelinde kullanılan sayısal yükseklik modelinin projeksiyon sistemi olaran TUREF 39 tanımlanmıştır.



Şekil 6.27. ArcGIS çalışma alanı

ArcGIS ortamında haritalara başlık, açıklama, ölçek, lejant gibi bilgiler eklenmiştir (Şekil 6.28). Haritaların lejantında akarsu çizgi ile, sanayi bölgesi, taşkın yayılım alanları, su derinlikleri, akım hızları, tehlike sınıfları, risk sınıfları, yapılar, liman bölgesi alan tipi veri ile, arıtma tesisi, ibadethane, nüfus bilgileri ise nokta tipi veri ile gösterilmiştir.



Şekil 6.28. ArcGIS'de harita bilgilerinin girilmesi

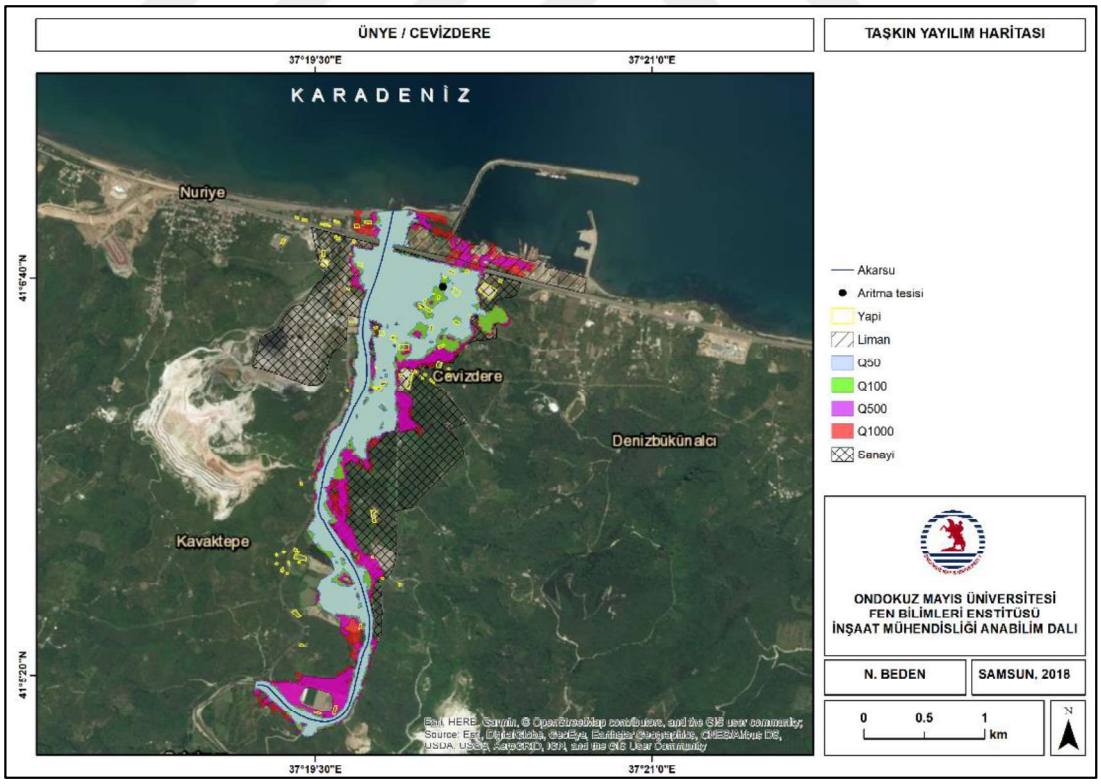
6.6.1. Taşkın yayılım haritası

Şekil 6.29'de Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin yayıldığı alanları gösteren taşkın yayılım haritası, Çizelge 6.28'de ise taşkın yayılımlarının çalışma alanına etkisi verilmiştir.

Şekil 6.29'da verilen taşkın yayılım haritasına ve Çizelge 6.24'e göre model alanında Q_{50} debisinde 79 ha (%19.75) önemli bir alan taşkından etkilenmektedir. Bu değer Q_{500}'de 120 ha (%30) çıkmaktadır.

Çizelge 6.24. Taşkın yayılımlarından etkilenen alanlar

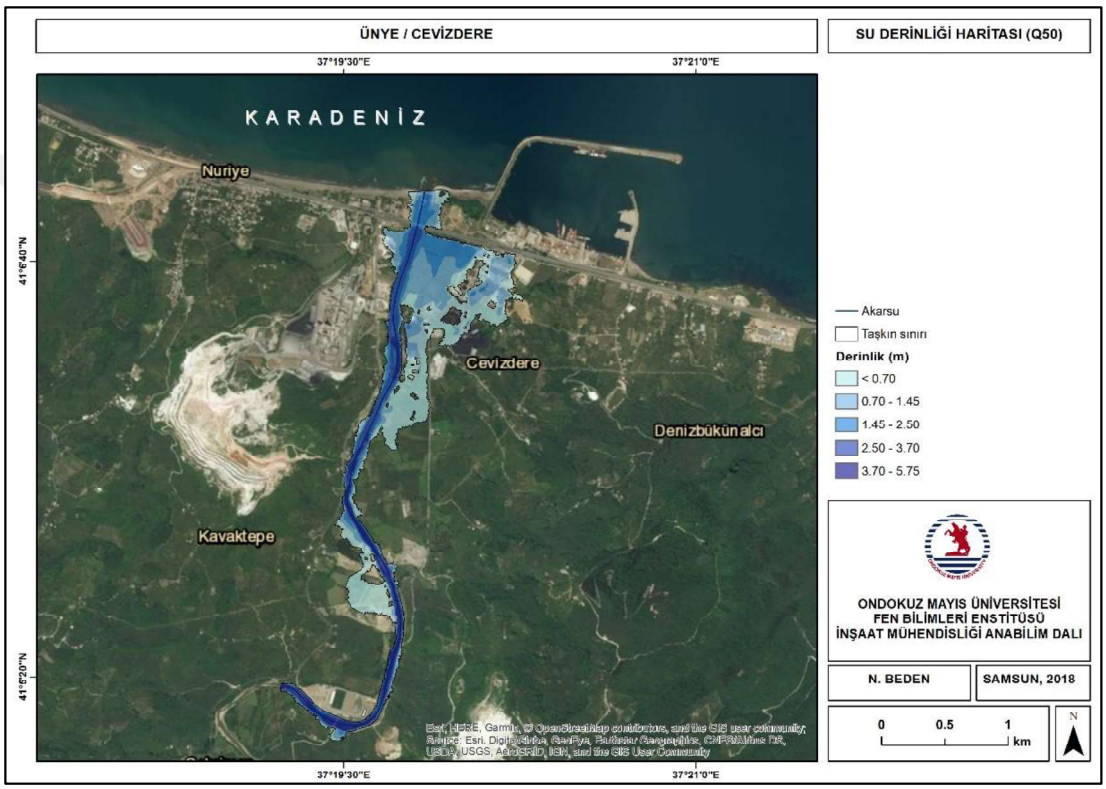
Debiler	**Model Alanında**	
	400 ha	%
Q_{50}	79 ha	19.75
Q_{100}	92 ha	23.00
Q_{500}	120 ha	30.00
Q_{1000}	130 ha	32.25



Şekil 6.29. Taşkın yayılım haritası

6.6.2. Taşkın derinlik haritaları

Taşkın derinliği diğer bir değişle su derinliği haritaları, tehlike seviyesi ve risk haritalarının üretilmesinde ve taşkın zararlarının tahmin edilmesinde sıkça kullanılmaktadır. Derinlik dağılımının daha net görülmesi için 5 derinlik sınıfı seçilerek her bir derinlik sınıfında ne kadarlık bir alanın etkilendiği gösterilmiştir. Şekil 6.30'de Q_{50} için derinlik sınıflarına göre haritada su altında kalan alanlar ve Çizelge 6.28'de ise bu alanların sayısal bilgileri verilmiştir.



Şekil 6.30. Q_{50} için taşkın derinlik haritası

Çizelge 6.25. Q_{50} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha)

Su derinliği (m)	Alan (ha)
< 0.7	29.31
0.7-1.45	25.96
1.45-2.50	9.70
2.50-3.70	8.67
3.70-5.75	4.92
Toplam: 78.56 ha	

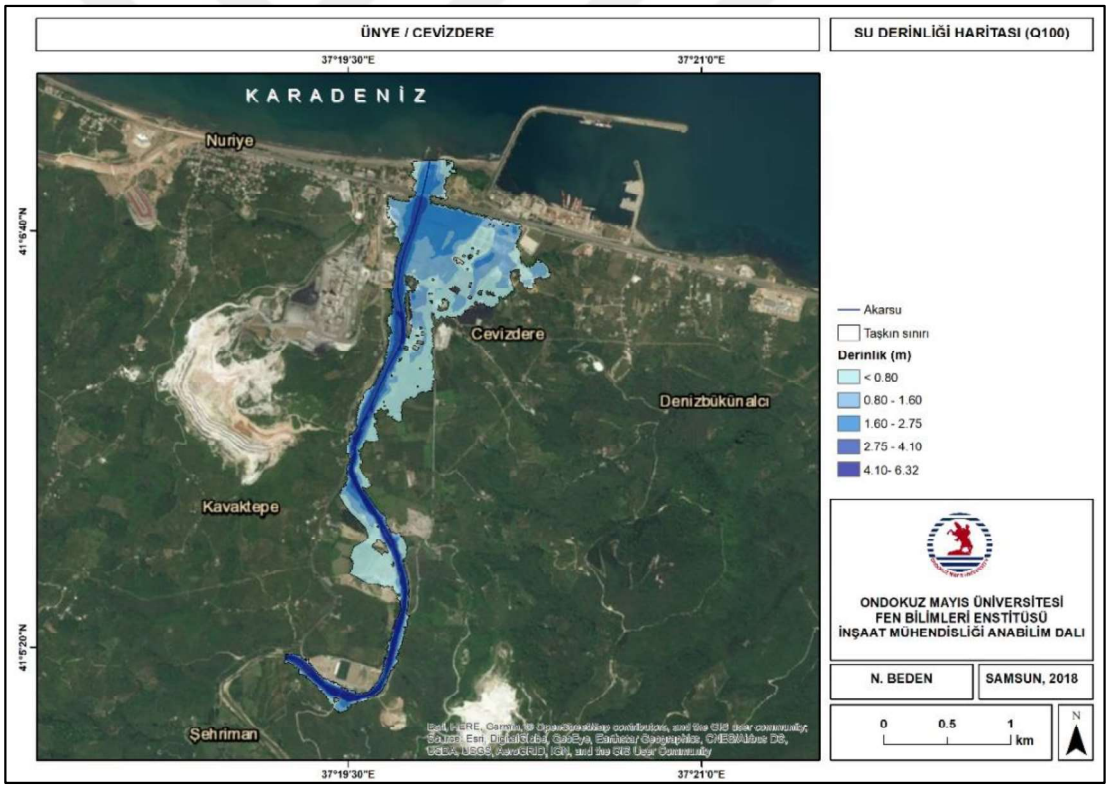
Şekil 6.30 ve Çizelge 6.25'e göre 78.56 ha alan Q_{50} 'de su altında kalmaktadır. Bu alanın %52'lik kısmı 0-0.8m arasında su yüksekliğine sahiptir.

Şekil 6.31'de Q_{100} için derinlik sınıflarına göre su altında kalan alanlar gösterilmiş, Çizelge 6.26'da ise bu alanlara dair sayısal bilgiler verilmiştir.

Çizelge 6.26. Q_{100} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha)

Su derinliği (m)	**Alan (ha)**
< 0.8	35.75
0.8-1.60	20.58
1.60-2.75	14.8
2.75-4.10	12.78
4.10-6.32	4.66
Toplam: 88.95 ha	

Şekil 6.31 ve Çizelge 6.30'a göre 88.95 ha alan Q_{100}'de su altında kalmaktadır. Bu alanın %52'lik kısmı 0-1.0m arasında su yüksekliğine sahiptir. Şekil 6.32'de derinlik sınıflarına göre Q_{500}'de su altında kalan alanlar gösterilmiş, Çizelge 6.27'de ise bu alanların sayısal bilgileri verilmiştir.



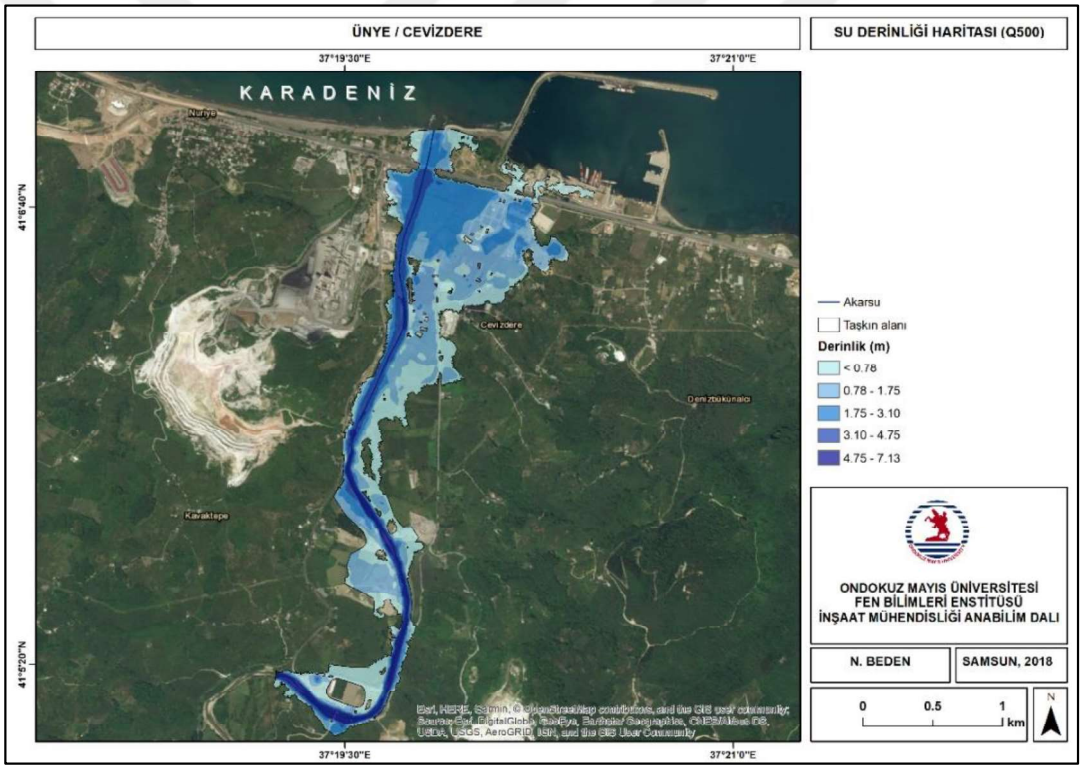
Şekil 6.31. Q_{100} için taşkın derinlik haritası

Çizelge 6.27. Q_{500} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha)

Su derinliği (m)	Alan (ha)
< 0.78	37.66
0.78-1.75	36.23
1.75-3.10	26.84
3.10-4.75	11.11
4.75-7.13	9.99
Toplam: 121.83 ha	

Şekil 6.32 ve Çizelge 6.30'a göre 121.83 ha alan Q_{500}'de su altında kalmaktadır. Bu alanın %50'lik kısmı 0-1.25m arasında su yüksekliğine sahiptir.

Şekil 6.33'de Q_{1000} için derinlik sınıflarına göre su altında kalan alanlar gösterilmiş, Çizelge 6.28'de ise taşkın yayılımı görülen alanlara dair sayısal bilgiler verilmiştir.

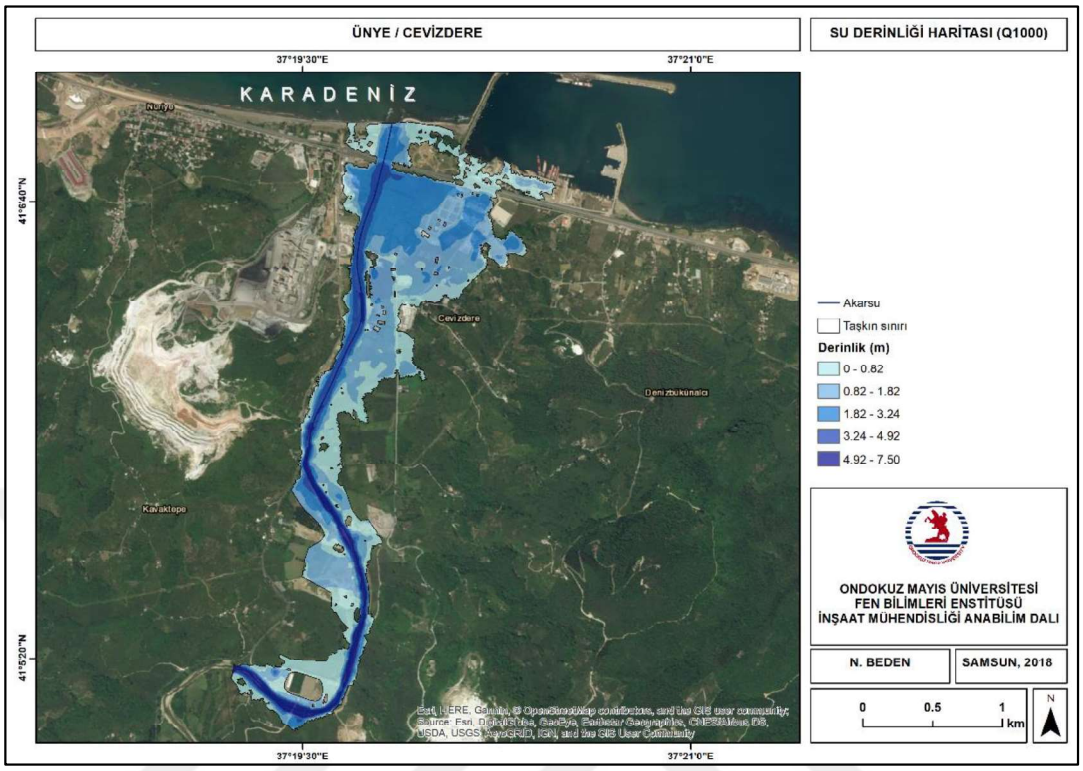


Şekil 6.32. Q_{500} için taşkın derinlik haritası

Çizelge 6.28. Q_{1000} için derinlik sınıfları ve su altında kalan alanlar (ha)

Su derinliği (m)	Alan (ha)
< 0.82	44.73
0.82-1.82	38.41
1.82-3.24	28.98
3.24-4.92	10.53
4.92-7.50	7.47
Toplam: 130.12 ha	

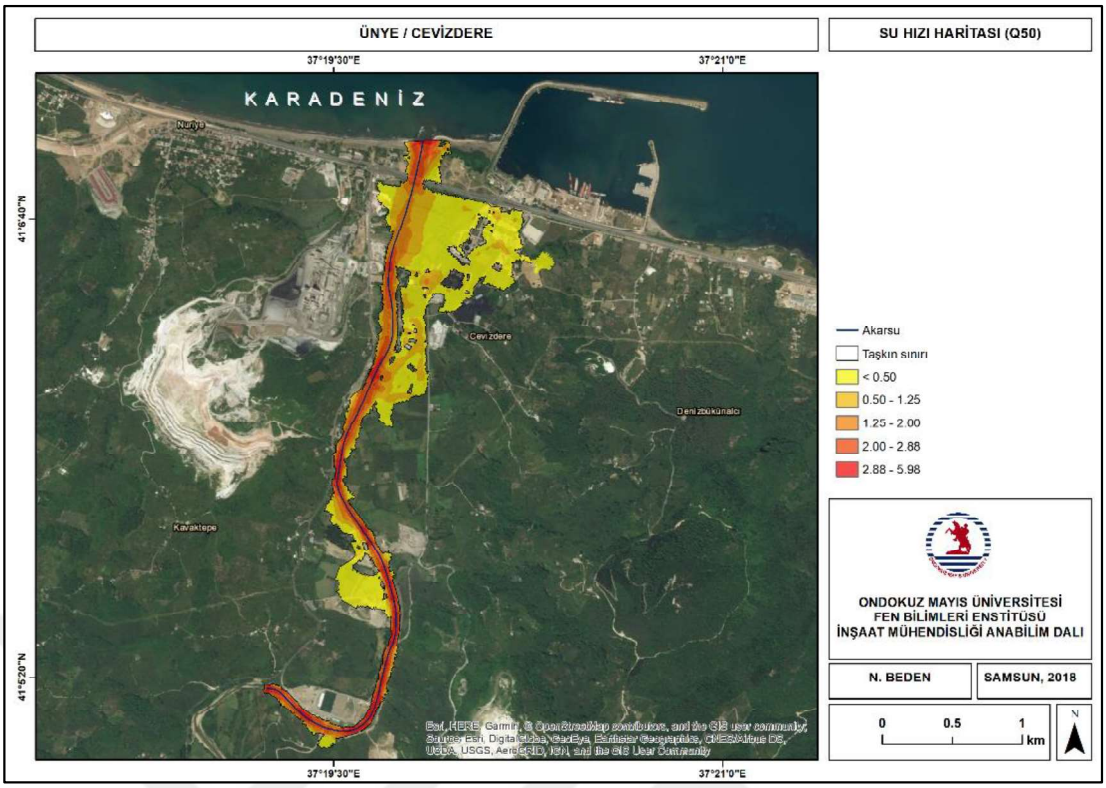
Şekil 6.33 ve Çizelge 6.28'e göre 130.12 ha alan Q_{1000}'de su altında kalmaktadır. Bu alanın %53'lük kısmı 0-1.35m arasında su yüksekliğine sahiptir.



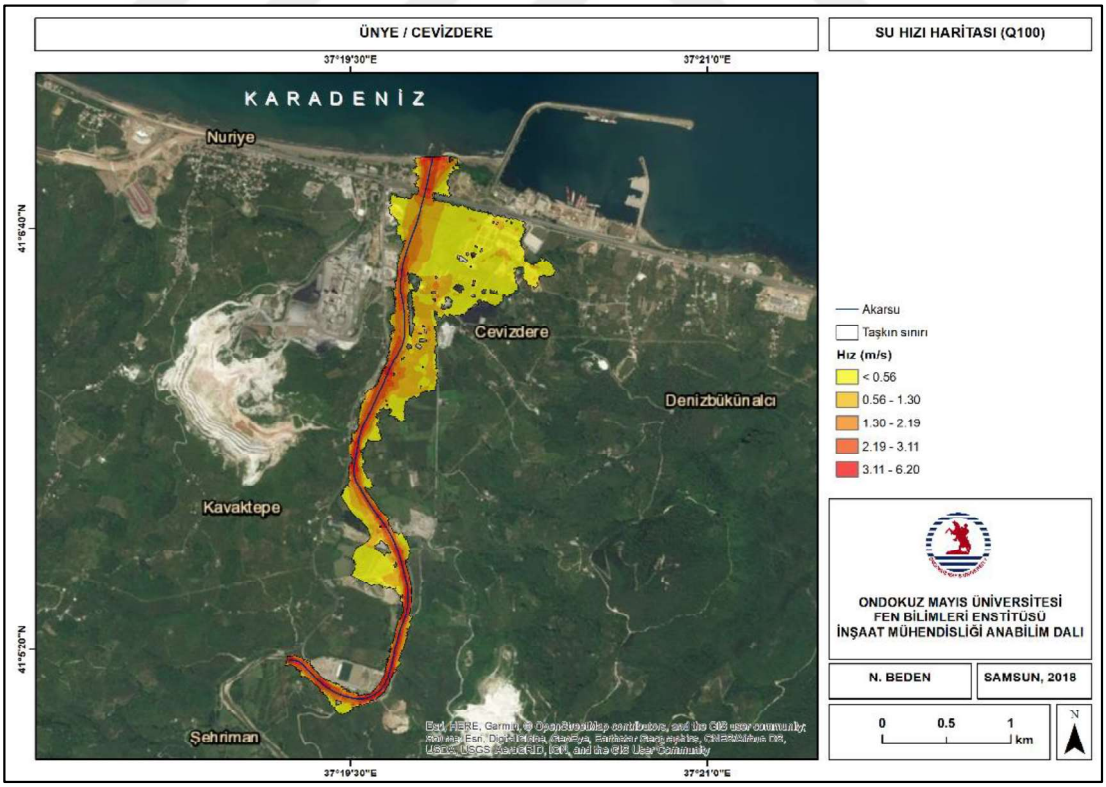
Şekil 6.33. Q_{1000} için taşkın derinlik haritası

6.6.3. Su hızı haritaları

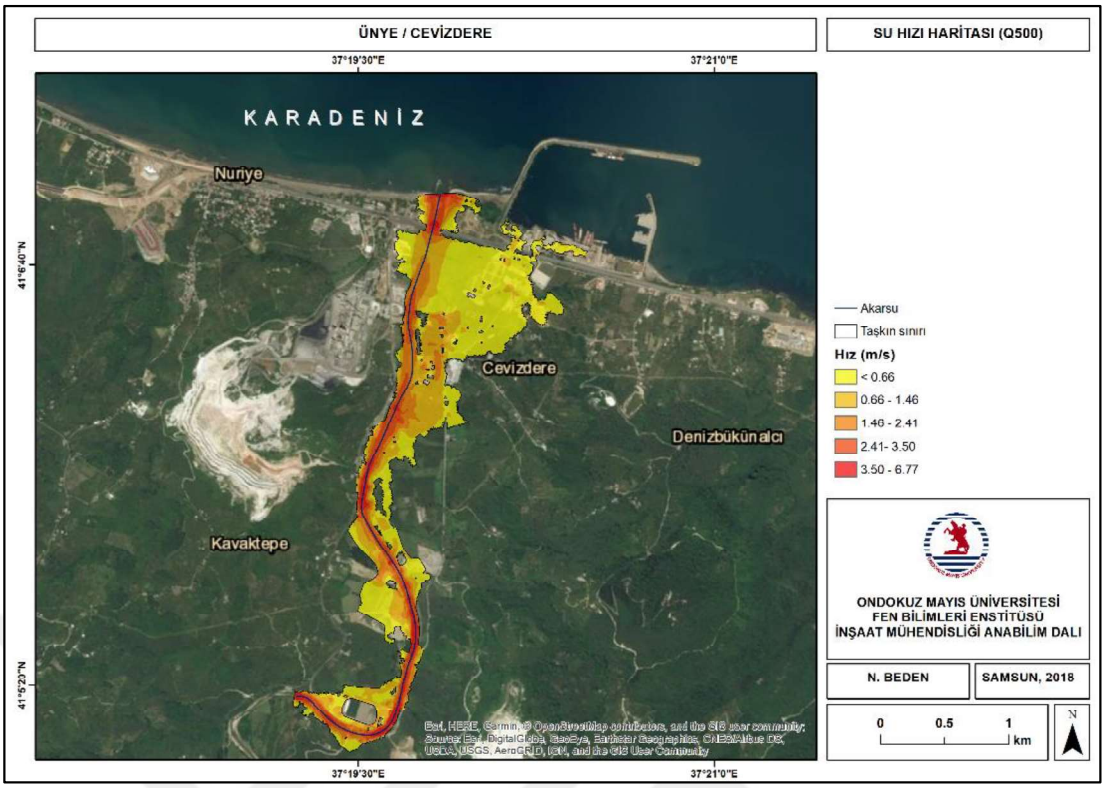
Su hızı haritaları; su derinliği haritaları ile birlikte tehlike ve risk haritalarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Tüm tekerrür debileri için hız haritaları Şekil 6.34-37 arasında verilmiştir. Şekiller incelendiğinde Q_{50}'de maksimum su hızı 5.98m/s, Q_{100}'de maksimum su hızı 6.20m/s, Q_{500}'de maksimum su hızı 6.77m/s ve Q_{1000}'de de maksimum su hızı 7.51m/s olduğu görülmektedir.



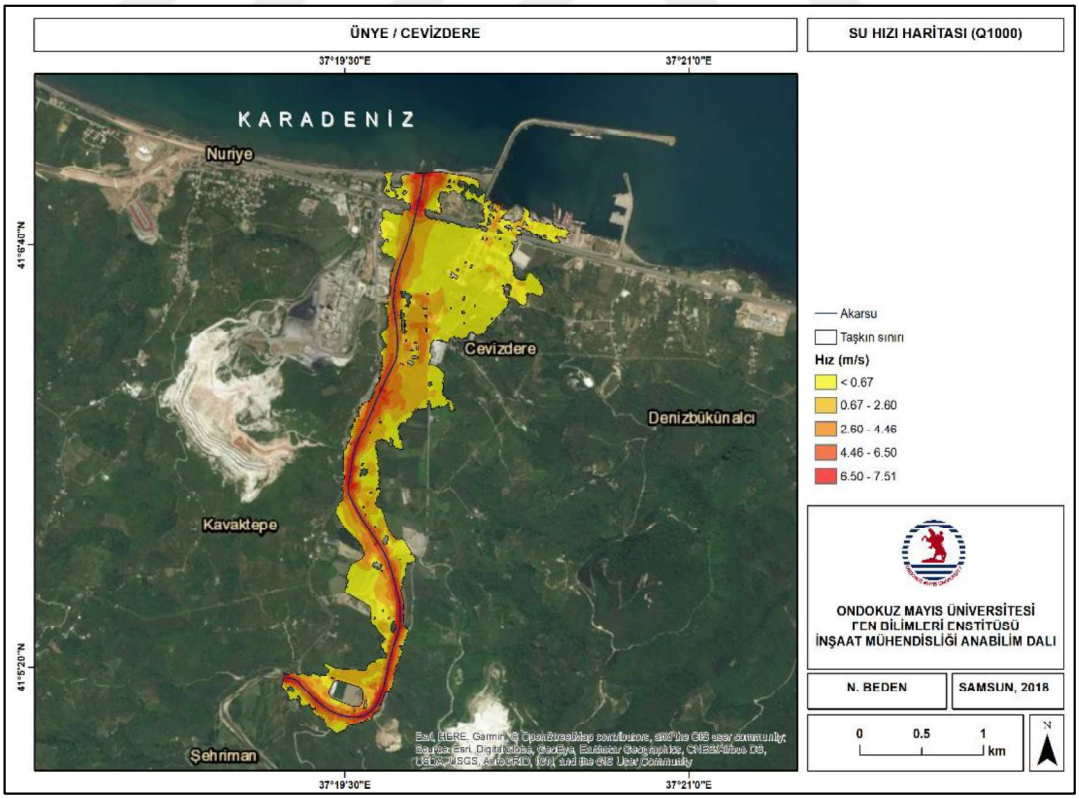
Şekil 6.34. Q_{50} için su hızı haritası



Şekil 6.35. Q_{100} için su hızı haritası



Şekil 6.36. Q_{500} için su hızı haritası



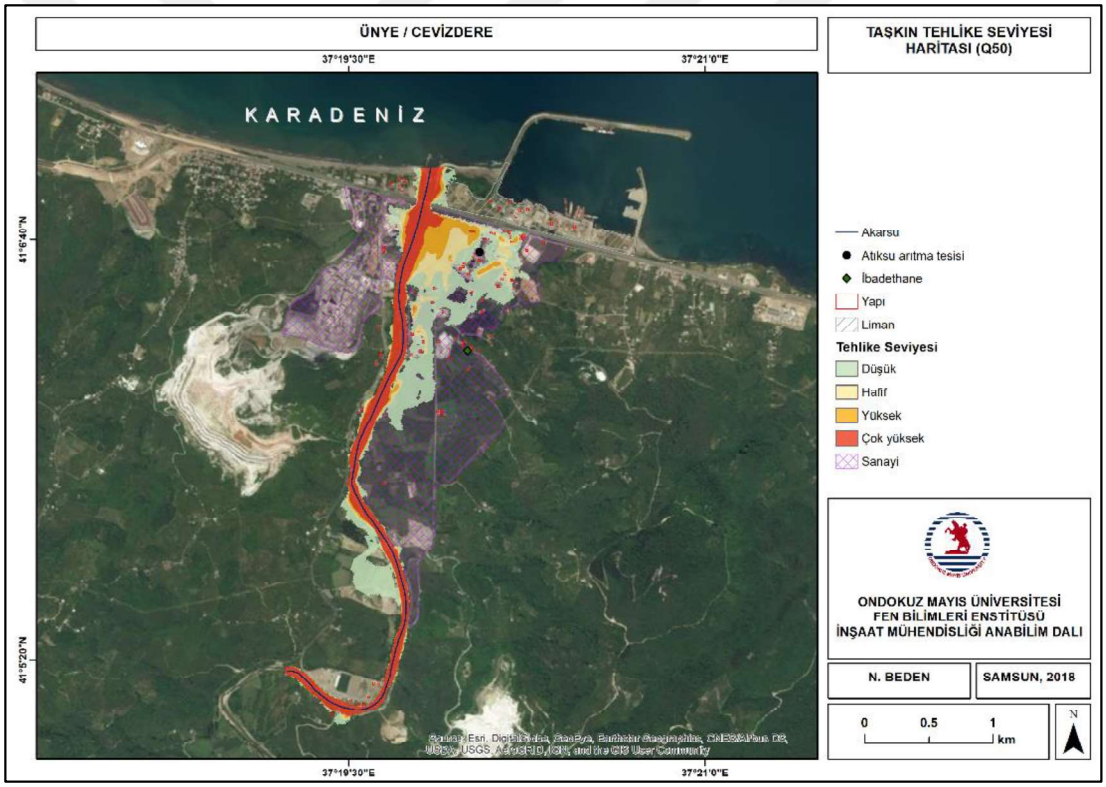
Şekil 6.37. Q_{1000} için su hızı haritası

Şekil 6.34-37'den de görüldüğü üzere tüm debilerde akarsu güzergahında hız, arazideki hıza göre oldukça yüksektir.

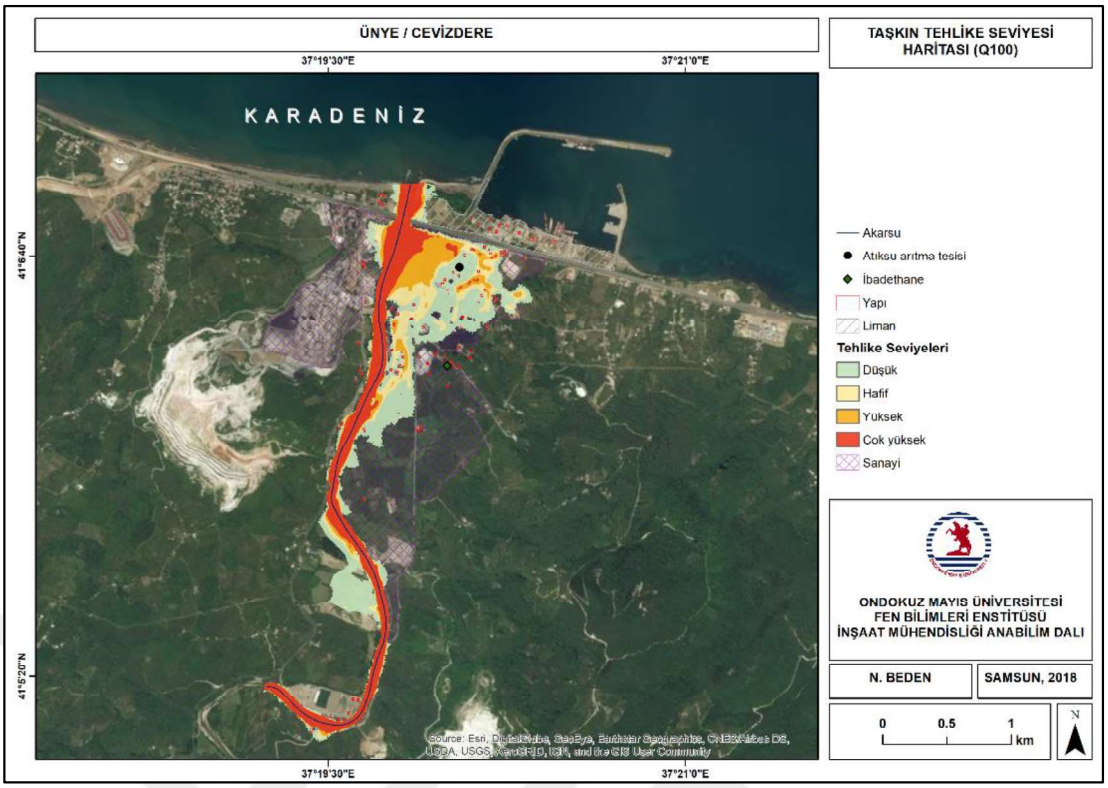
6.6.4. Taşkın tehlike seviyesi haritaları

Taşkın tehlike seviyesi haritalarının üretilmesinde Bölüm 5.6.4'te anlatılan DEFRA Yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde bahsi geçen moloz faktörlerinin seçiminde Çizelge 5.1'den sanayi ve liman bölgesi kentsel alan, harici kısımlar ekilebilir alan olarak kabul edilmiştir.

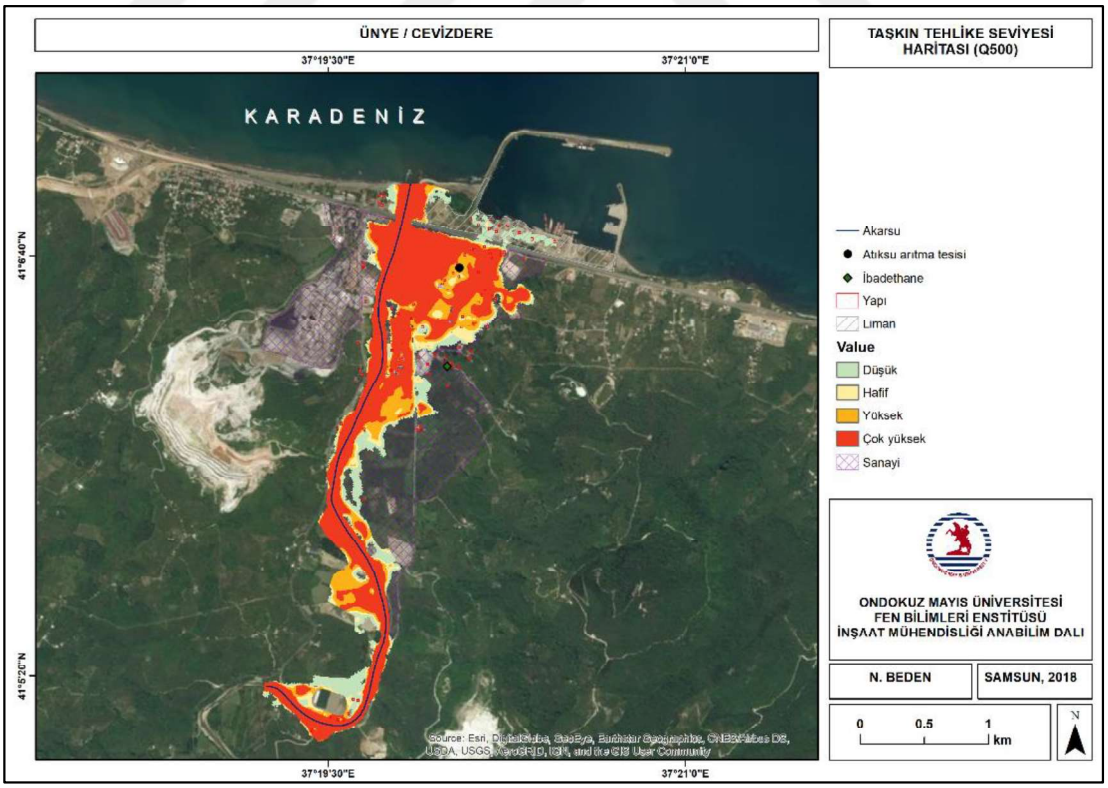
Sanayi ve liman bölgesinin sınırlarının çizilmesinde Ünye 1/100000 Çevre Düzeni Planı'ndan yararlanılmıştır. Taşkın tehlike seviyesi haritaları tüm debiler için Şekil 6.38-41 arasında verilmiştir.



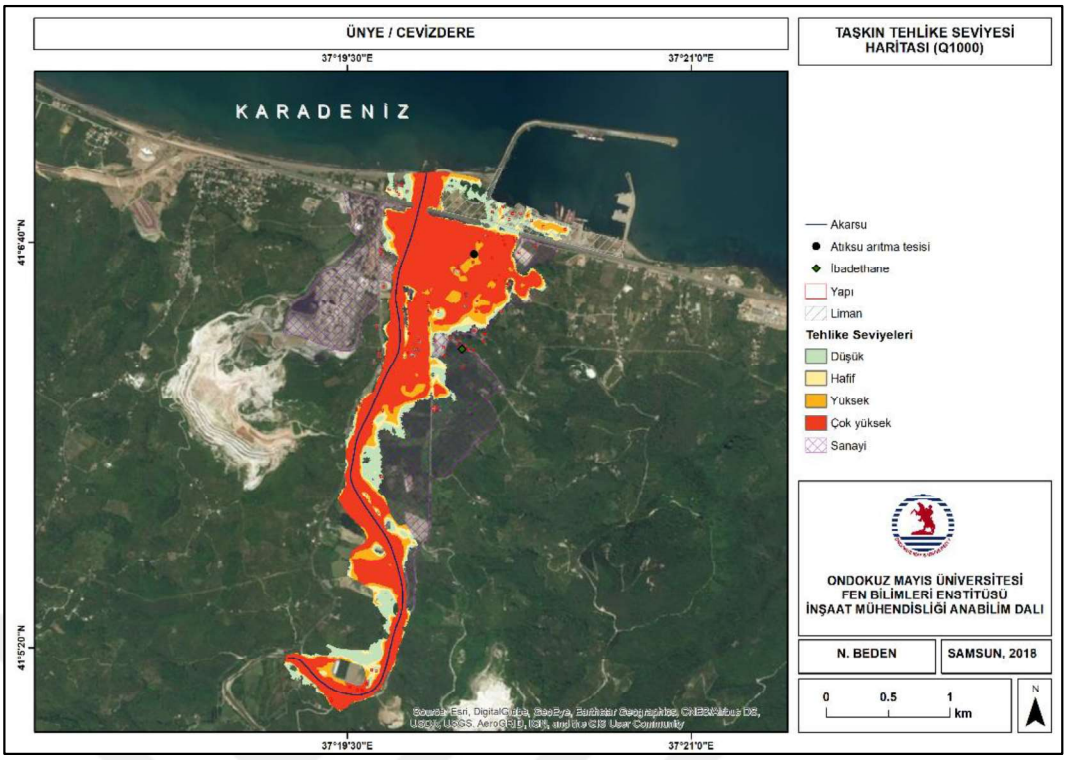
Şekil 6.38. Q_{50} için taşkın tehlike seviyesi haritası



Şekil 6.39. Q_{100} için taşkın tehlike seviyesi haritası



Şekil 6.40. Q_{500} için taşkın tehlike seviyesi haritası



Şekil 6.41. Q_{1000} için taşkın tehlike seviyesi haritası

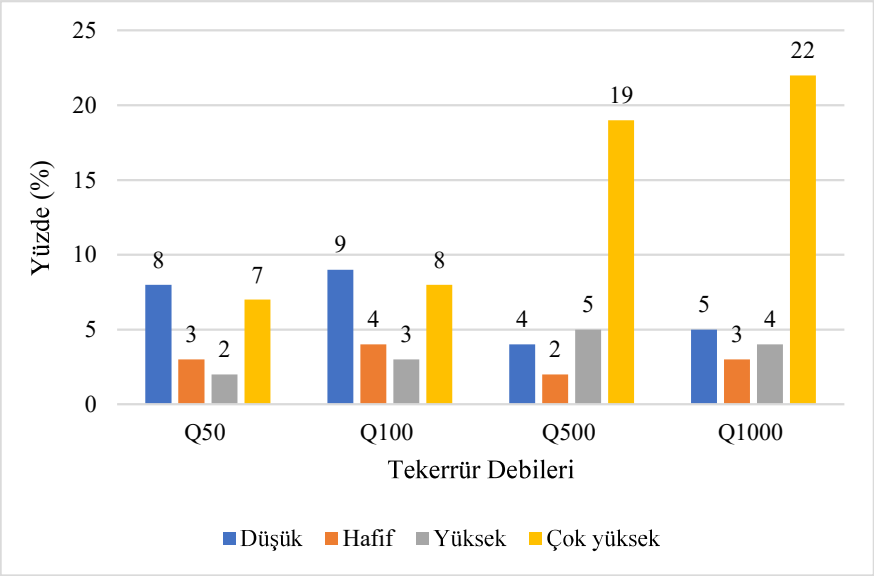
Taşkın seviyelerinin büyüklükleri Çizelge 6.29'da özetlenmiştir.

Çizelge 6.29. Tüm debiler için DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike alanları (ha)

Taşkın riski	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
Düşük	34.36	34.59	17.17	18.19
Hafif	10.12	13.96	9.36	9.85
Yüksek	7.14	11.60	18.72	15.96
Çok yüksek	26.97	31.38	74.04	86.13
Toplam	**78.59**	**91.53**	**119.29**	**130.13**

Çizelge 6.29'a göre Şekil 6.42'de taşkın tehlike alanlarının tekerrür debilerine göre dağılımları verilmiştir.

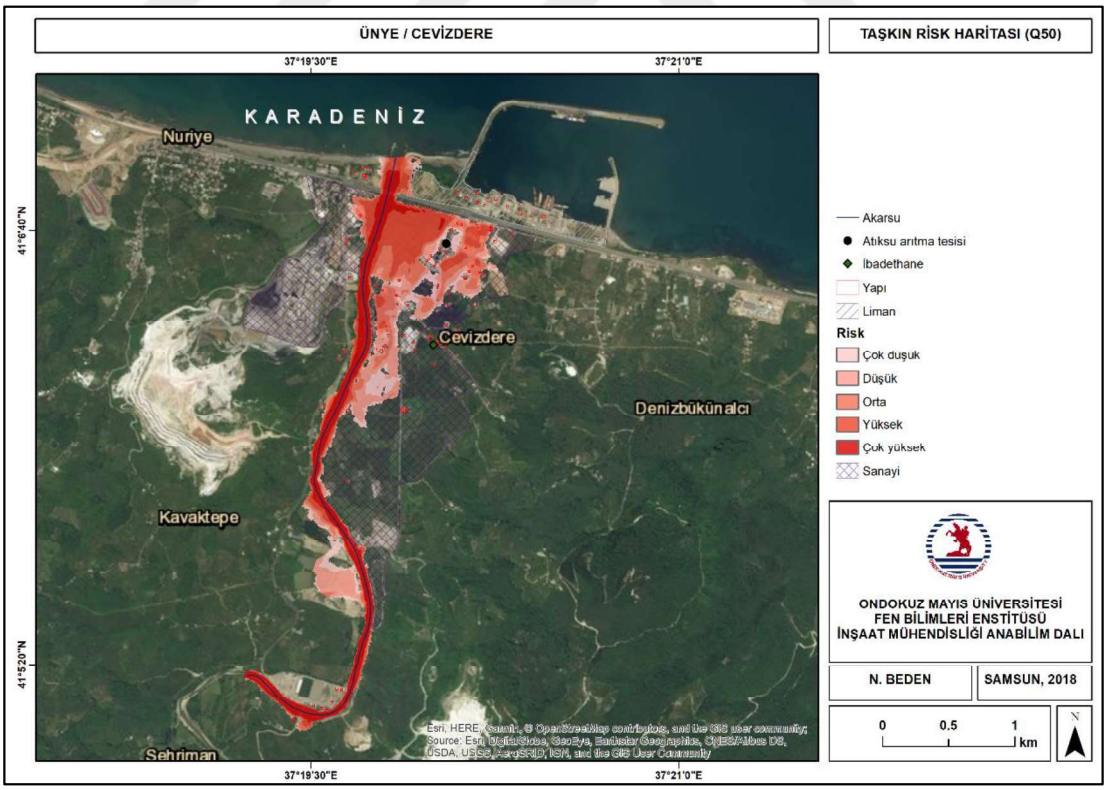
Şekil 6.42 incelendiğinde çok yüksek tehlike alanları tekerrür süresi arttıkça artma eğilimi göstermiştir. Düşük tehlike alanları tekerrür süresinin artmasıyla beraber daha yüksek tehlike içeren alanlara dönüşmüştür. Q_{50} ve Q_{100}'dan Q_{500} ve Q_{1000}'e geçişte çok yükse tehlike alanları iki kattan fazla artmıştır (%19, %22).



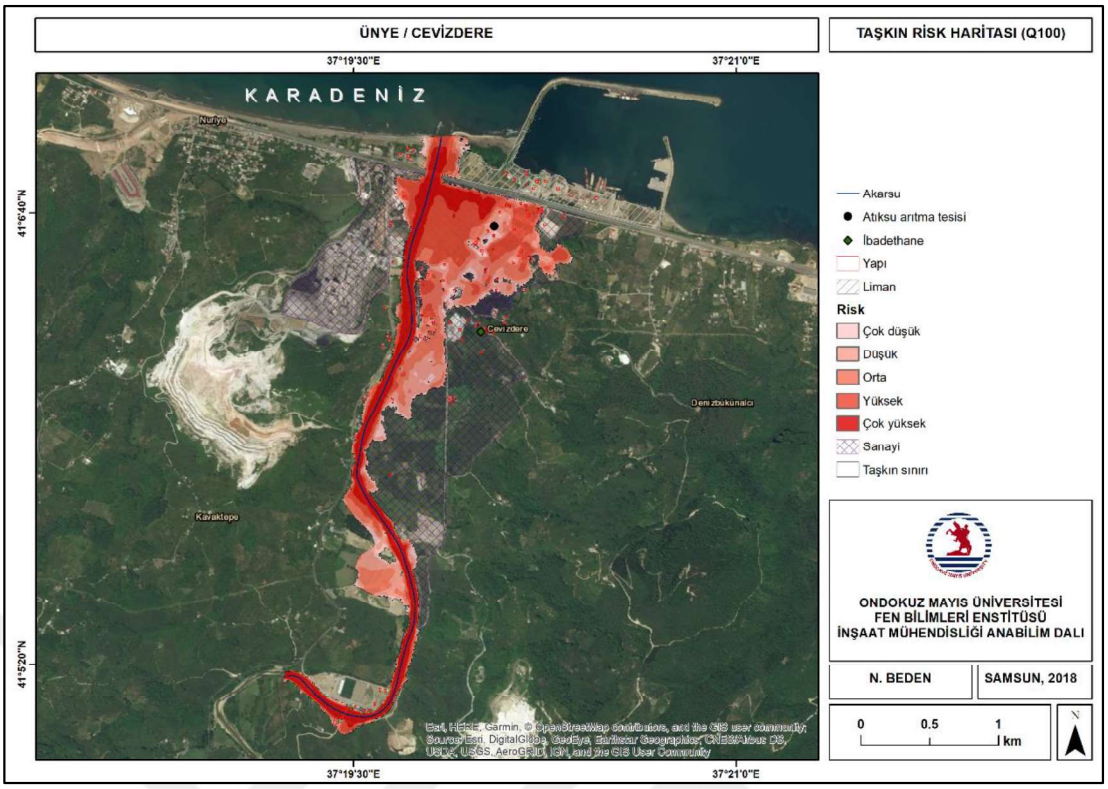
Şekil 6.42. DEFRA Yöntemi'ne göre taşkın tehlike alanlarının dağılımı (%)

6.6.5. Taşkın risk haritaları

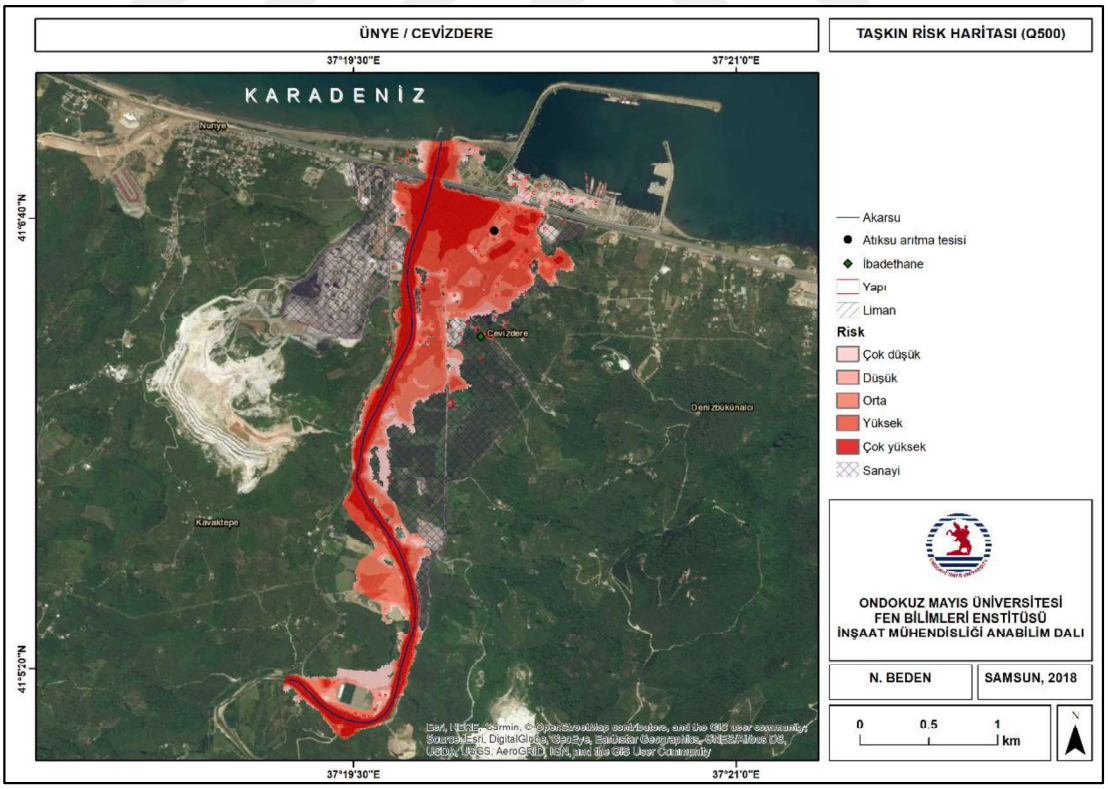
Dinh vd (2012)'e göre hazırlanan taşkın risk haritaları Şekil 6.43-46 'da verilmiştir.



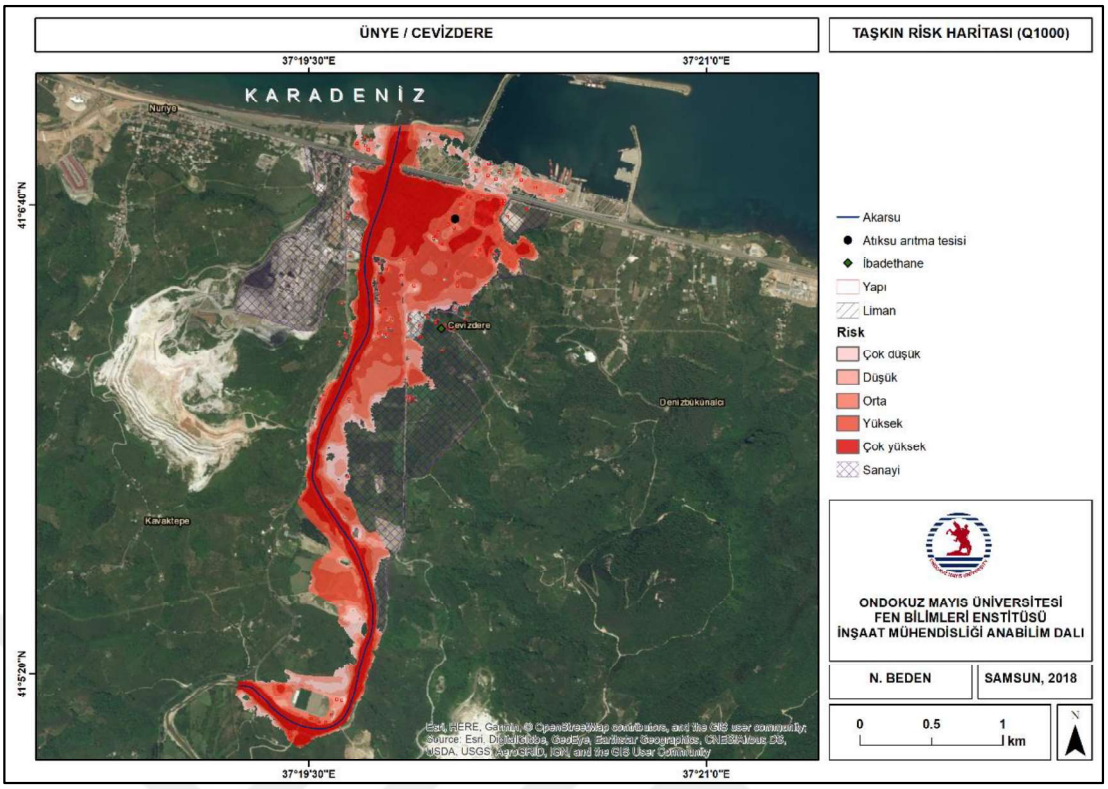
Şekil 6.43. Q_{50} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası



Şekil 6.44. Q_{100} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası



Şekil 6.45. Q_{500} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası



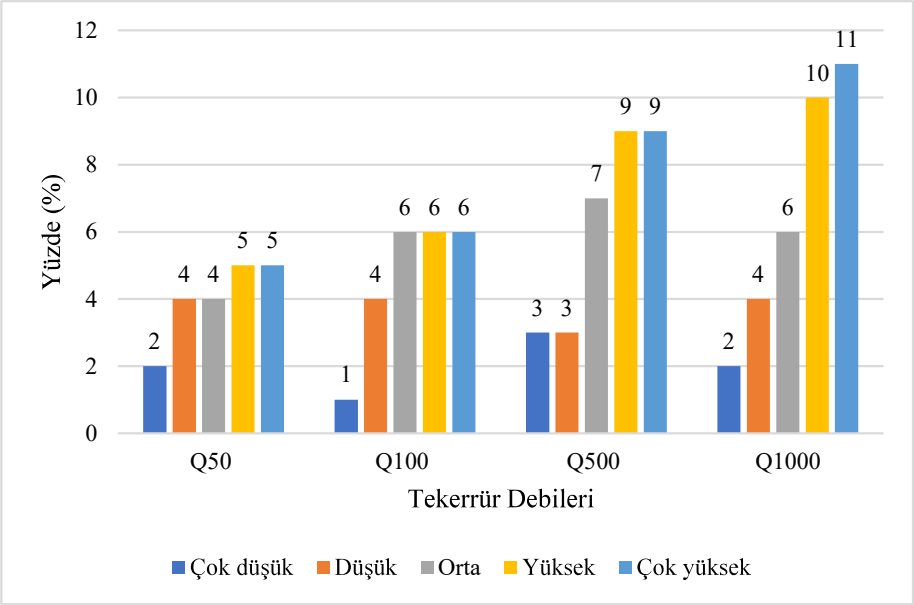
Şekil 6.46. Q_{1000} için Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk haritası

Dinh vd (2012)'ye göre hesaplanan taşkın risk alanları Çizelge 6.30'da verilmiştir. Şekil 6.47'de ise Çizelge 6.30'a göre oluşturulan taşkın tehlike alanlarının dağılımı verilmiştir.

Çizelge 6.30. Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk alanları (ha)

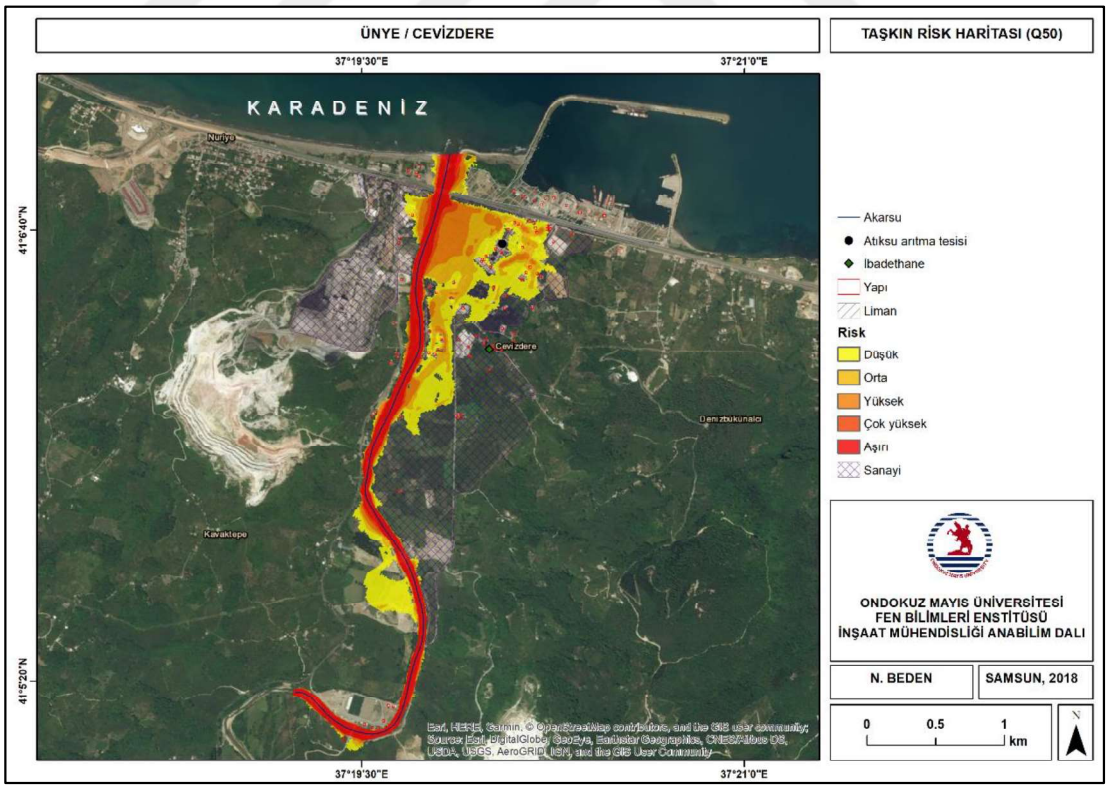
Taşkın riski	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
Çok düşük	8.63	4.93	10.06	9.26
Düşük	16.39	16.84	12.20	15.00
Orta	14.82	21.42	26.84	25.07
Yüksek	18.18	23.42	33.95	39.48
Çok yüksek	20.57	24.90	36.25	42.32
Toplam	**78.59**	**91.51**	**119.30**	**130.13**

Şekil 6.47'ye göre tekerrür süresindeki artış taşkın riskini özellikle Q_{50}'den Q_{1000}'e geçişte yüksek ve çok yüksek taşkın riskini iki kat artışmıştır. Tekerrür debisi arttıkça taşkına maruz kalan alanlar arttığından hem düşük hemde yüksek risk içeren alanlar artmaktadır.

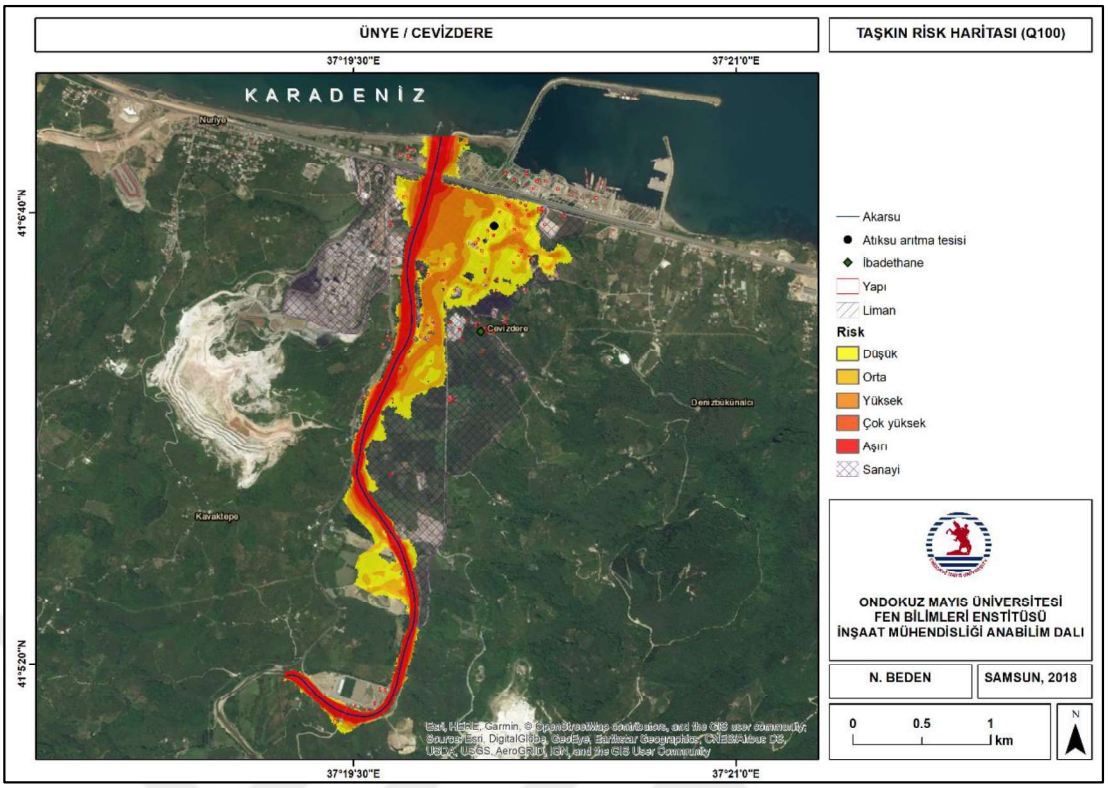


Şekil 6.47. Dinh vd (2012)'e göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%)

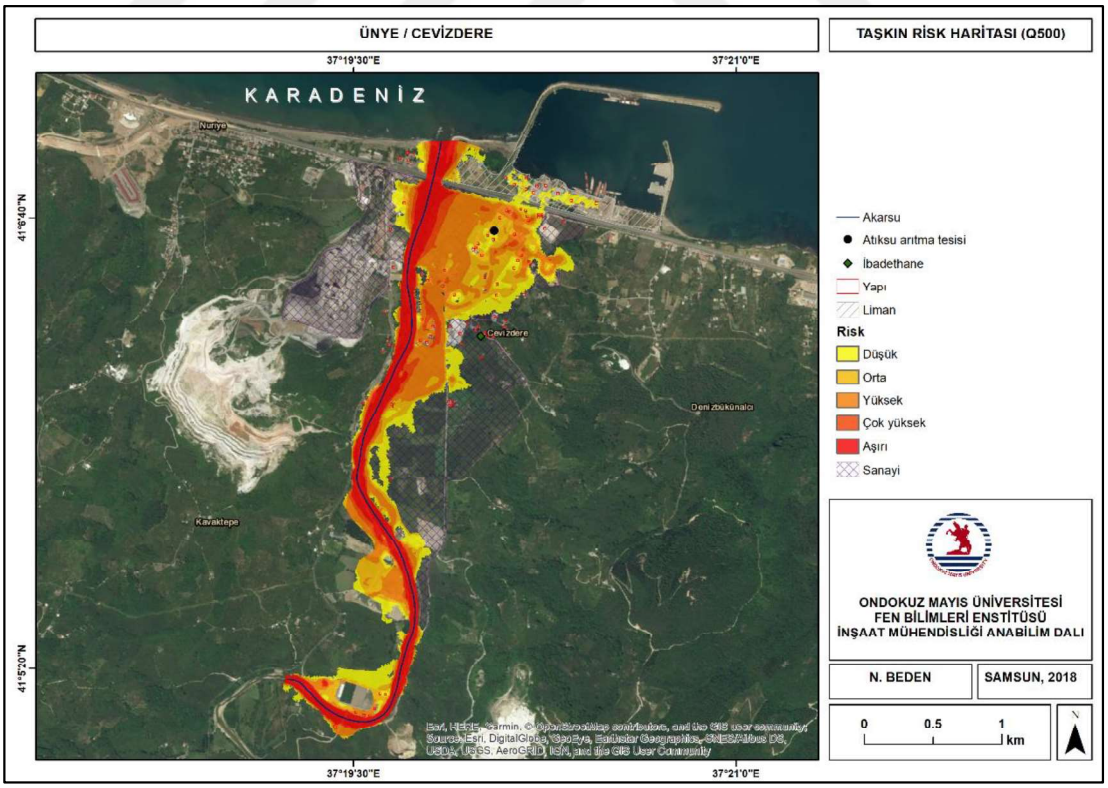
Dinh vd (2012)'in ardından FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk alanları olışturulmuştur. FEMA Yöntemi'ne göre hazırlanan risk haritaları ise Şekil 6.48-51'da verilmiştir.



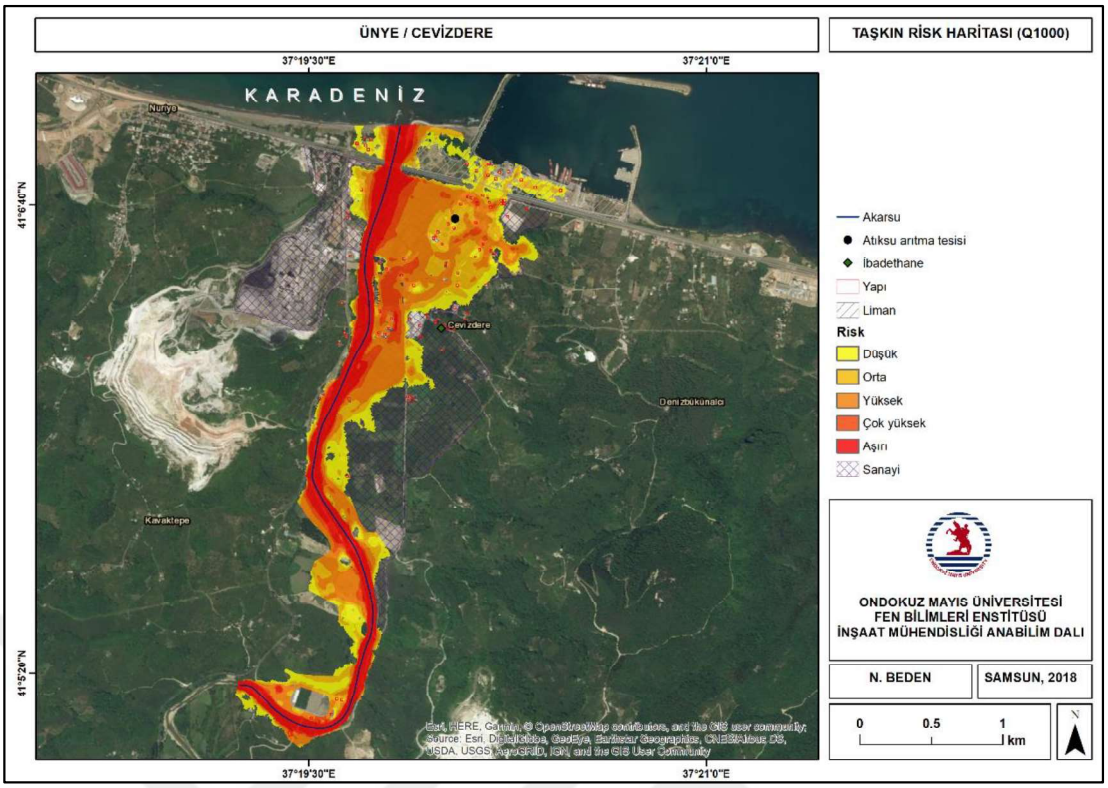
Şekil 6.48. Q_{50} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



Şekil 6.49. Q_{100} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



Şekil 6.50. Q_{500} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



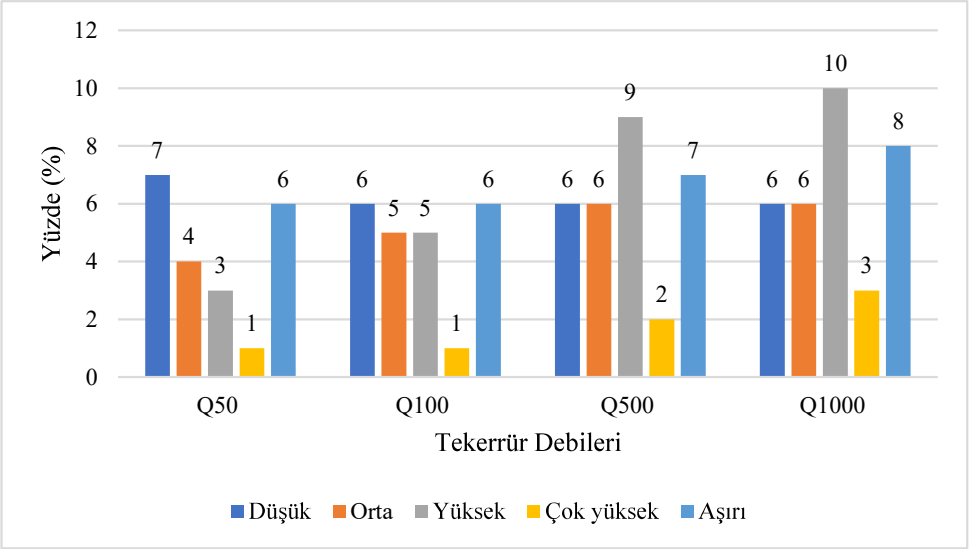
Şekil 6.51. Q_{1000} için FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası

FEMA Yöntemi'ne göre hesaplanan taşkın risk alanları Çizelge 6.31 ve Şekil 6.52'de verilmiştir.

Çizelge 6.31. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk alanları (ha)

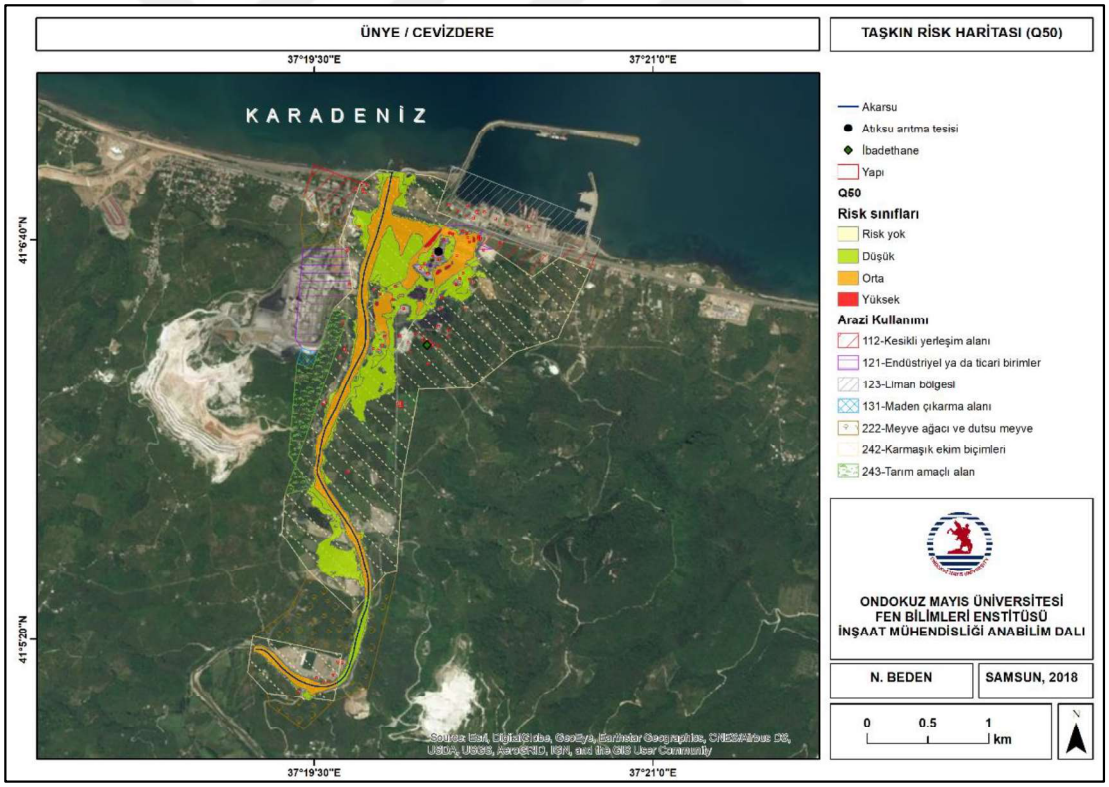
Taşkın riski	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
Düşük	26.85	24.68	24.22	24.01
Orta	14.36	18.36	21.99	23.18
Yüksek	11.27	18.91	34.94	38.90
Çok yüksek	3.49	4.62	7.85	11.52
Aşırı	22.62	24.95	30.28	32.52
Toplam	**78.59**	**91.52**	**119.28**	**130.13**

Çizelge 6.31 ve Şekil 6.52 incelendiğinde tüm debilerde tekerrür süresindeki artış orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı risk içeren alanlarda artışa neden olurken sadece düşük risk içeren alanlarda azalma meydana gelmiştir. Q_{50} debisinde 26.85 ha alan düşük riske maruzken, Q_{1000} debisinde 24.01 ha alan düşük riske maruzdur. Bunun nedeni FEMA Yöntemi'nin hem hız hemde derinliği hesaba katmasıdır. Tekerrür süresi arttıkça düşük riske maruz kalan alanlar, orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı risk içeren alanlara dönüşmüş hemde toplamda taşkına maruz kalan alanlar artmıştır.

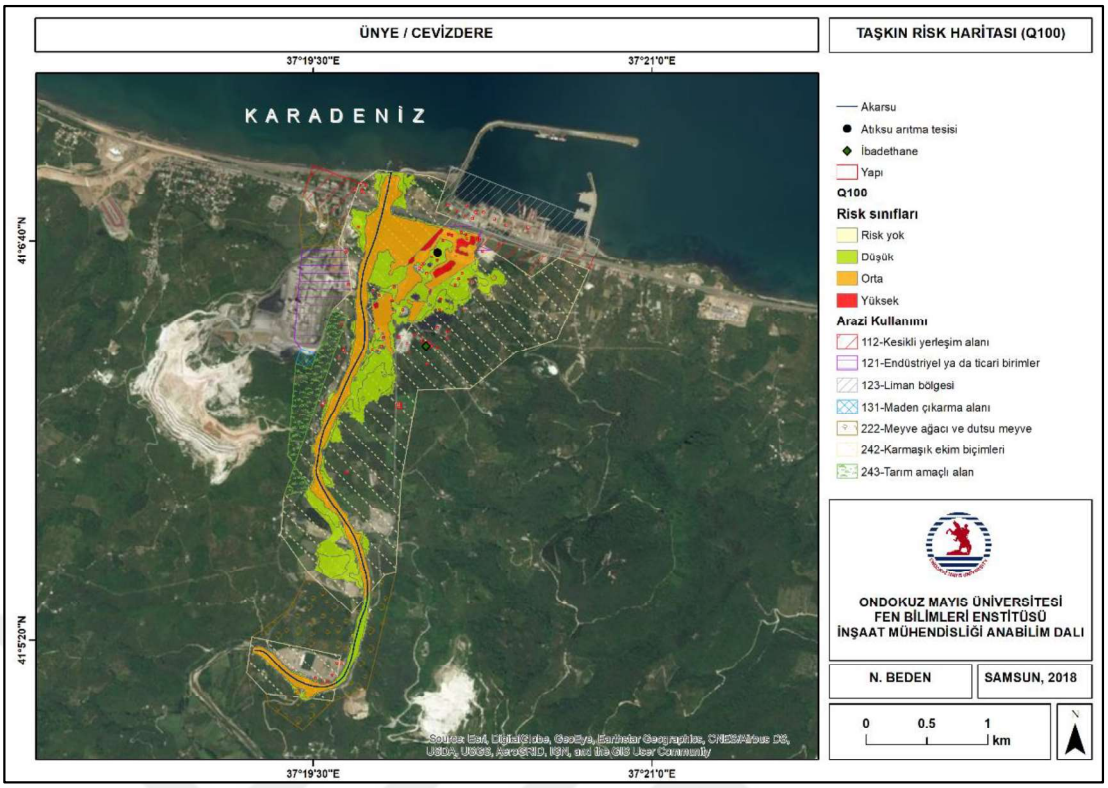


Şekil 6.52. FEMA Yöntemi'ne göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%)

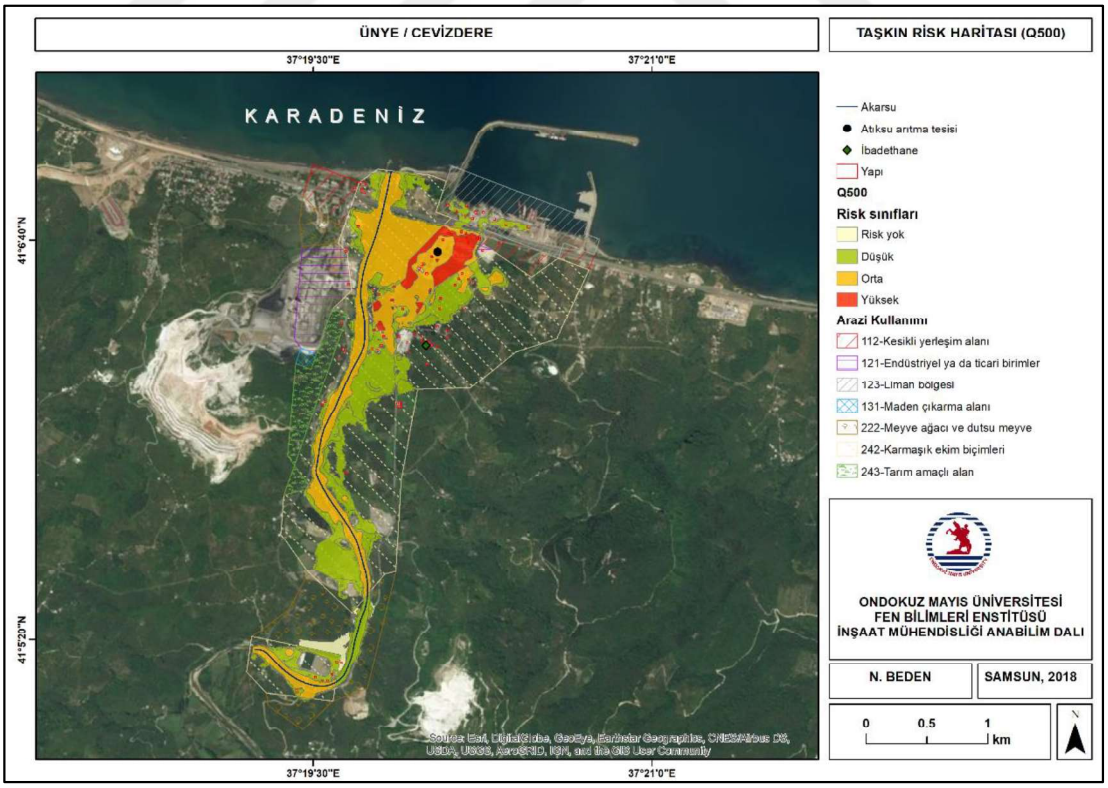
Kılavuz Yöntemi'ne göre hesaplanan taşkın risk haritaları Şekil 6.53-56'te verilmiştir.



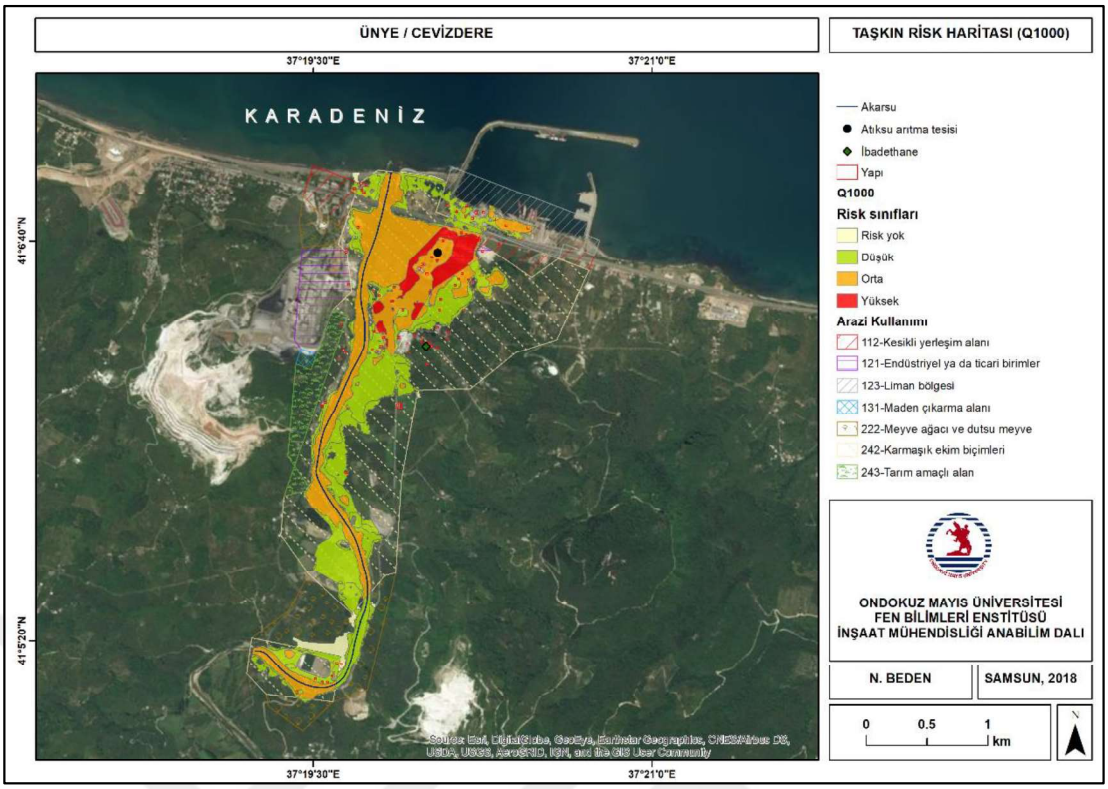
Şekil 6.53. Q_{50} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



Şekil 6.54. Q_{100} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



Şekil 6.55. Q_{500} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası



Şekil 6.56. Q_{1000} için Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk haritası

Kılavuz Yöntemi'ne göre hesaplanan taşkın risk alanları Çizelge 6.32'dee ve Şekil 6.57'de verilmiştir.

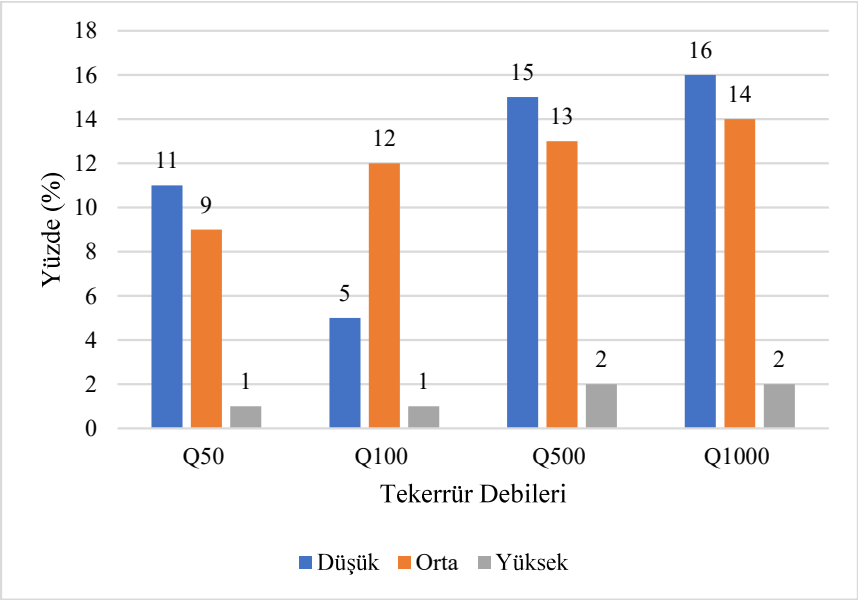
Çizelge 6.32. Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk alanları (ha)

Taşkın riski	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
Risk yok	0.22	0.39	1.48	3.69
Düşük	43.69	48.36	58.60	61.91
Orta	34.22	40.84	52.61	56.24
Yüksek	0.46	1.93	6.59	8.29
Toplam	**78.59**	**91.52**	**119.28**	**130.13**

Çizelge 6.32 ve Şekil 6.57'ye göre Kılavuz Yöntemi göre yüksek risk bölgeleri düşük ve orta risk bölgelerine göre oldukça düşük çıkmıştır. Düşük ve orta risk içeren alanlar ile toplam risk alanları tekerrür süresi arttıkça artış göstermiştir.

Çizelge 6.36'da tüm yöntemler düşük, orta ve yüksek risk seviyelerinde bir arada ele alınmıştır. Çizelge 6.36'da düşük orta ve yüksek olmak üzere üç risk sınıfında yöntemlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Farklı risk sınıfları olan yöntemlerin sonuçlarının sınıflandırılmasında; Dinh vd (2012)'in çok düşük ve düşük risk sınıfları "düşük", yüksek ve çok yüksek risk sınıfları "yüksek", FEMA Yöntemi'nin yüksek,

çok yüksek ve aşırı risk sınıfları "yüksek" olacak şekilde, Kılavuz Yöntemi'nin risk yok ve düşük risk sınıfları ise "düşük" risk sınıfında olacak şekilde değerlendirilmiştir.



Şekil 6.57. Kılavuz Yöntemi'ne göre taşkın risk alanlarının dağılımı (%)

Çizelge 6.33'e göre tüm yöntemlerde tekerrür süresindeki artış taşkın riskini de artırmaktadır. Tüm debilerde düşük ve orta risk sınıflarında en büyük riskleri Kılavuz Yöntemi verirken, yüksek risk sınıfında en büyük riskleri Dinh yöntemi vermektedir. Bunun en büyük nedeni Cevizdere Havzasının Kılavuz yönteminde kullanılan CORINE arazi sınıflarına göre büyük ölçüde ekilebilir tarım arazisi olarak gözükmesi ve bu arazi sınıfının risk değerinin ise düşük olmasıdır. Oysa 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planında göre Cevizdere bölgesi mansap kesimi sanayi bölgesi olacak biçimde planlanmıştır ve bu yönde gelişmektedir.

Çizelge 6.33. Tüm yöntemler için taşkın risk alanları (%)

Debiler	Düşük Risk (%)			Orta Risk (%)			Yüksek Risk (%)		
	Dinh	FEMA	Kılavuz	Dinh	FEMA	Kılavuz	Dinh	FEMA	Kılavuz
Q_{50}	31.83	34.16	55.87	18.87	18.27	43.54	49.30	47.57	0.59
Q_{100}	23.78	26.96	53,26	23.40	20.07	44.62	52.82	52.97	2.12
Q_{500}	18.66	20.31	50.36	22.49	18.44	44.10	58.85	61.26	5.54
Q_{1000}	18.64	18.45	50.41	19.15	17.81	43.21	62.21	63.74	6.38

6.7. Taşkın Zararlarının Tahmini

Çalışma alanı taşkın zararlarının hesabında yapılar göz önüne alınmıştır. Taşkın zararları hesaplanırken mansap bölgesinde yer alan yapılar sanayi bölgesi, arıtma tesisi bölgesi ve liman bölgesi olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Sanayi bölgesinde bulunan yapılar II Sınıf C Grubu'nda "Sanayi yapıları (tek katlı bodrum ve asma katı olabilen prefabrik beton, betonarme ve çelik yapılar"; liman bölgesinde yer alan yapılar IV. Sınıf A Grubu'nda "liman binaları", sanayi bölgesinde yer alan atıksu arıtma tesisi ise III. Sınıf A Grubu'nda yer almaktadır. Çalışma alanının memba bölgesinde Ünye Belediyesi Binicilik Tesisleri yer almaktadır. Tesis yapısı III. Sınıf B Grubu'nda "büyük çiftlik yapıları" olarak tanımlanmıştır. Binaların toplam maliyet hesabının yapılmasında "2018 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyet Cetveli" kullanılmıştır (Anonim, 2018g). Buna göre yapı birim maliyetleri m^2 bazında II Sınıf C Grubu için 578,00 ₺/m^2, IV. Sınıf A Grubu için 1.016,00 ₺/m^2, III. Sınıf A Grubu için 800,00 ₺/m^2 ve III Sınıf B Grubu için 966,00 ₺/m^2'dır.

Bölüm 6.6.2'de sunulan taşkın derinlik haritalarından faydalanılarak tüm debiler için belirlenen dört bölgede (sanayi, arıtma tesisi, liman, binicilik tesisleri) toplam yapı taban alanları ve yapılara etki eden maksimum ortalama su derinlikleri çıkarılmıştır. Binalar tek tek değil bölgesel olarak incelenmiştir.

Q_{50} sanayi bölgesinde 14845.665 m^2'lik yapı alanını taşkından etkilenmektedir. Liman bölgesinde etkilenme yoktur. Atıksu arıtma tesisi 46956.00 m^2'lik bir alan üzerine kuruludur, bu alanın 10913.00 m^2'si yapılaşmış alandır. Arıtma tesisi toplam alanının 25344.95m^2'si taşkından etkilenmektedir ve bunun 8219.0m^2'lik kısmı yapılaşmış alandır. Binicilik tesislerinde etkilenme yoktur. Yapılar çevresinde meydana gelen maksimum ortalama su yüksekliği sanayi bölgesinde 0.65 m, arıtma tesisinde ise 0.35 m'dir.

Q_{100}'de 21805.765 m^2'lik yapı alanı taşkından etkilenmektedir. Liman bölgesinde etkilenme yoktur. Atıksu arıtma tesisinde 10913.00 m^2 yapı alanının tamamı etkilenmektedir. Binicilik tesisinde taşkından etkilenme yoktur. Yapılar çevresinde meydana gelen maksimum ortalama su yüksekliği sanayi bölgesinde 0.90 m. arıtma tesislerinde ise 0.60 m'dir.

Q_{500}'de de, Q_{100}'de olduğu gibi 21805.765 m^2'lik yapı alanı taşkından etkilenmektedir. Liman bölgesinde 41934.08 m^2 alan taşkından etkilenmektedir, bunun 1529.58 m^2'si yapı alanıdır. Atıksu arıtma tesisinde 10913.00 m^2 yapı alanının tamamı etkilenmektedir. Binicilik tesisinde 1745m^2 yapılaşmış alanın tamamı taşkından etkilenmektedir. Yapılar çevresinde meydana gelen maksimum ortalama su yüksekliği sanayi bölgesinde 1.50 m, arıtma tesisinde 1.20 m, liman bölgesinde 0.45 m, binicilik tesislerinde ise 0.80 m'dir.

Q_{1000}'de 20870.58 m^2'lik yapı alanı taşkından etkilenmektedir. Liman bölgesinde ise 78896.0 m^2 alan taşkından etkilenmektedir ve bunun 8212.58 m^2'si yapı alanıdır. Atıksu arıtma tesisinde 10913.0 m^2 yapı alanının tamamı etkilenirken, binicilik tesislerinde 1745.0 m^2 yapılaşmış alanın tamamı taşkından etkilenmektedir. Yapılar çevresinde meydana gelen maksimum ortalama su yüksekliği sanayi yapılarında 1.90 m arıtma tesisinde 1.60 m, liman yapılarında 0.75 m, binicilik tesislerinde ise 1.00 m'dir. Tüm debiler için etki altında kalan yapıların toplam değerleri %20 yıpranma payları düşülerek Çizelge 6.34'de verilmiştir.

Her bir debinin çalışma alanında meydana getireceği zararları tahmin etmek için Huizinga (2007), van Eck ve Kok (2001), ICBR Yöntemi ile Pistrika ve Jonkman (2010)'ın zarar belirleme yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

Çizelge 6.34. Taşkın etkisinde kalan yapıların maliyetleri

	Etki alanındaki toplam yapı alanı (m^2)				**Etki alanındaki toplam maliyet (₺)**			
Bölge	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
Sanayi Bölgesi	14845.66	21805.76	21805.76	21805.76	6,864,632.0	10,082,983.0	10,082,983.0	10,082,983.0
Arıtma Tesisi	8219.00	10913.00	10913.00	10913.00	5,260,160.0	6,984,320.0	6,984,320.0	6,984,320.0
Liman Bölgesi	0	0	1529.58	8212.58	0	0	1,243,242.0	6,675,184.0
Binicilik Tesisleri	0	0	1745.00	1745.00	0	0	1,348,536.0	1,348,536.0

Huizinga (2007)'nin derinlik-hasar eğrileri tarımsal ve kentsel alan olmak üzere iki adettir, bu yöntemin kullanılabilmesi için tüm bölgeler "kentsel alan" olarak seçilmiştir. Buna göre çalışma alanında meydana gelen zararlar Çizelge 6.35'de verilmiştir.

Çizelge 6.35'e göre çalışma alanında Q_{50}'de toplam zarar yaklaşık 1.57 milyon ₺, Q_{100}'de 3.91 milyon ₺, Q_{500}'de 6.19 milyon ₺ ve son olarak Q_{1000}'de 9.73 milyon ₺'dır.

Çizelge 6.35. Huizinga (2007)'ya göre toplam taşkın zarar tahmini

		Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	Derinlik (m)	0.65	0.90	1.50	1.90
	Hasar (%)	19	27	35	51
	Maliyet (₺)	6,864,632.0	10,082,983.0	10,082,983.0	10,082,983.0
	Toplam zarar (₺)	**1,304,280.0**	**2,722,405.0**	**3,529,044.0**	**5,142,321.0**
Arıtma Tesisi	Derinlik (m)	0.35	0.60	1.20	1.60
	Hasar (%)	5	17	31	36
	Maliyet (₺)	5,260,160.0	6,984,320.0	6,984,320.0	6,984,320.0
	Toplam zarar (₺)	**263,008.0**	**1,187,334.0**	**2,165,139.0**	**2,514,355.0**
Liman Bölgesi	Derinlik (m)			0.45	0.80
	Hasar (%)			15	25
	Maliyet (₺)			1,243,242.0	6,675,184.0
	Toplam zarar (₺)			**186,486.0**	**1,668,796.0**
Binicilik Tesisleri	Derinlik (m)			0.75	1.10
	Hasar (%)			23	30
	Maliyet (₺)			1,348,536.0	1,348,536.0
	Toplam zarar (₺)			**310,163.0**	**404,560.0**
Çalışma alanı toplam zarar (₺)		**1,567,288.0**	**3,909,739.0**	**6,190,832.0**	**9,730,032.0**

Çizelge 6.36. Huizinga (2007) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi

	Artış Oranı (%)		
	Q_{50}-Q_{100}	Q_{100}-Q_{500}	Q_{500}-Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	109	29	46
Arıtma Tesisi	352	82	16
Liman Bölgesi	-	-	794
Binicilik Tesisleri	-	-	30
Tüm alan	149	58	57

Çizelge 6.36'da bölgeler için tekerrür süresindeki değişimin zarar artışına etkisi incelenmektedir. En büyük değişim Q_{500}-Q_{1000} geçisinde %794 artış ile liman bölgesinde meydana gelmektedir.

van Eck ve Kok (2001)'in derinlik-hasar eğrilerinin kullanımında tüm bölgeler "endüstri" olarak alınmıştır. Buna göre çalışma alanında meydana gelen zararlar Çizelge 6.37'de verilmektedir.

Çizelge 6.37'ye göre çalışma alanında Q_{50}'de toplam zarar 0.63 milyon ₺, Q_{100}'de 1.33 milyon ₺, Q_{500}'de 2.21 milyon ₺, son olarak Q_{1000}'de ise 3.72 milyon ₺'dır. Bölgeler için tekerrür süresindeki değişimin zararlara olan etkisinin verildiği Çizelge 6.38'e göre tüm alanda en büyük artış oranı Q_{50}-Q_{100} geçişinde %111 ile

görülürken, bölgesel anlamda en büyük artış %854 ile liman bölgesinde meydana gelmektedir.

Çizelge 6.37. van Eck ve Kok (2001)'a göre toplam taşkın zarar tahmini

		Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	Derinlik (m)	0.65	0.90	1.50	1.90
	Hasar (oran)	0.065	0.09	0.15	0.19
	Maliyet (₺)	6,864,632.0	10,082,983.0	10,082,983.0	10,082,983.0
	Toplam zarar (₺)	**446,201.0**	**907,468.0**	**1,512,446.0**	**1,915,765.0**
Arıtma Tesisi	Derinlik (m)	0.35	0.60	1.20	1.60
	Hasar (oran)	0.035	0.06	0.12	0.16
	Maliyet (₺)	5,260,160.0	6,984,320.0	6,984,320.0	6,984,320.0
	Toplam zarar (₺)	**184,105.0**	**419,059.0**	**838,118.0**	**1,117,491.0**
Liman Bölgesi	Derinlik (m)			0.45	0.80
	Hasar (oran)			0.045	0.080
	Maliyet (₺)			1,243,242.0	6,675,184.0
	Toplam zarar (₺)			**55,945.0**	**534,014.0**
Binicilik Tesisleri	Derinlik (m)			0.75	1.10
	Hasar (oran)			0.075	0.11
	Maliyet (₺)			1,348,536.0	1,348,536.0
	Toplam zarar (₺)			**101,140.0**	**148,338.0**
Çalışma alanı toplam zarar (₺)		**630,306.0**	**1,326,527.0**	**2,207,649.0**	**3,715,608.0**

Çizelge 6.38. van Eck ve Kok (2001) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi

	Artış Oranı (%)		
	Q_{50}-Q_{100}	Q_{100}-Q_{500}	Q_{500}-Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	103	66	26
Arıtma Tesisi	127	33	123
Liman Bölgesi	-	-	854
Binicilik Tesisleri	-	-	47
Tüm alan	111	66	68

ICBR Yöntemi derinlik-hasar eğrilerinde de yine tüm bölgeler "endüstri alanı" olarak seçilmiştir, sonuçlar Çizelge 6.43'de verilmektedir. Çizelge 6.43'e göre çalışma alanında Q_{50}'de toplam zarar yaklaşık 0.43 milyon ₺, Q_{100}'de 1.28 milyon ₺, Q_{500}'de 2.97 milyon ₺, Q_{1000}'de ise 3.87 milyon ₺'dır.

Çizelge 6.40'da tekerrür süresindeki artışın zarar artışıa etkisi verilmektedir. Çizelge 6.40 incelendiğinde tüm alanda en yüksek artışlar Q_{50}-Q_{100} geçişinde gözlenmiştir. Bölgesel anlamda zarar artışları incelendiğinde en yüksek artış Q_{50}-Q_{100} geçişinde %235 ile sanayi bölgesinde, ardından %225 ile Q_{100}-Q_{500} geçişinde artıma tesisinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 6.39. ICBR Yöntemi'ne göre toplam taşkın zarar tahmini

		Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	Derinlik (m)	0.65	0.90	1.50	1.90
	Hasar (oran)	0.045	0.10	0.15	0.19
	Maliyet (₺)	6,864,632.0	10,082,983.0	10,082,983.0	10,082,983.0
	Toplam zarar (₺)	**300,808.0**	**1,008,298.0**	**1,512,447.0**	**1,915,766.0**
Arıtma Tesisi	Derinlik (m)	0.35	0.60	1.20	1.60
	Hasar (oran)	0.025	0.040	0.13	0.17
	Maliyet (₺)	5,260,160.0	6,984,320.0	6,984,320.0	6,984,320.0
	Toplam zarar (₺)	**131,504.0**	**279,372.0**	**907,961.0**	**1,187,334.0**
Liman Bölgesi	Derinlik (m)			0.45	0.80
	Hasar (oran)			0.035	0.09
	Maliyet (₺)			1,243,242.0	6,675,184.0
	Toplam zarar (₺)			**43,513.0**	**600,766.0**
Binicilik Tesisleri	Derinlik (m)			0.75	1.10
	Hasar (oran)			0.085	0.12
	Maliyet (₺)			1,348,536.0	1,348,536.0
	Toplam zarar (₺)			**114,625.0**	**161,824.0**
Çalışma alanı toplam zarar (₺)		**432,312.0**	**1,287,670.0**	**2,970,546.0**	**3,865,690.0**

Çizelge 6.40. ICBR Yöntemi sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi

	Artış Oranı (%)		
	Q_{50}-Q_{100}	Q_{100}-Q_{500}	Q_{500}-Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	235	50	2.7
Arıtma Tesisi	112	225	3.1
Liman Bölgesi	-	-	12
Binicilik Tesisleri	-	-	4.2
Tüm alan	198	131	3

Pistrika ve Jonkman (2010)'a göre sonuçlar Çizelge 6.41'de verilmektedir. Çizelge 6.41'e göre Q50'de hesaplanan tahmini zarar 5 milyon ₺ civarında iken bu değer Q1000 debisinde yaklaşık 14 milyon ₺'a çıkmaktadır. Q50'den Q1000'e geçişte zarar yakşalık 3 kat artmaktadır. En büyük zararlar sanayi bölgesinde görülmektedir.

Çizelge 6.42 incelendiğinde ise bölgesel anlamda en yüksek artış Q_{50}-Q_{100} geçişinde %57 ile sanayi bölgesinde, ardından yine Q_{50}-Q_{100} geçişinde %54 ile artıma tesisinde ve Q_{500}-Q_{1000} geçişinde %50 ile liman bölgesinde görülmektedir. Tüm alanda en büyük zarar artışı Q_{50}-Q_{100} geçişinde gözlenmiştir.

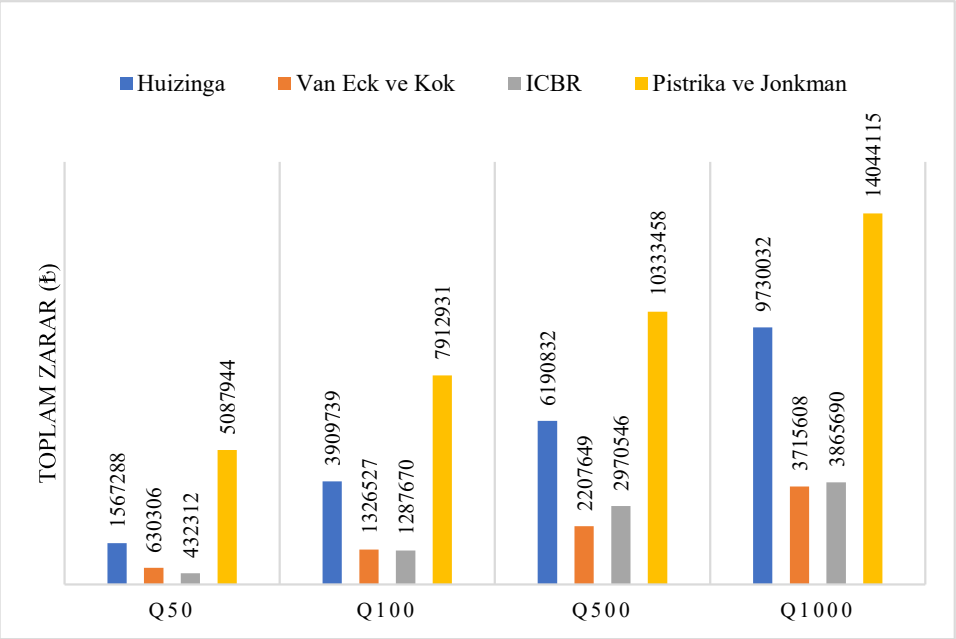
Çizelge 6.41. Pistrika ve Jonkman (2010)'a göre toplam taşkın zarar tahmini

		Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	Derinlik (m)	0.65	0.90	1.50	1.90
	D (oran)	0.45	0.48	0.55	0.62
	Maliyet (₺)	6,864,632.0	10,082,983.0	10,082,983.0	10,082,983.0
	Toplam zarar (₺)	**3,089,084.0**	**4,839,831.0**	**5,545,640.0**	**6,251,449.0**
Arıtma Tesisi	Derinlik (m)	0.35	0.60	1.20	1.60
	D (oran)	0.38	0.44	0.52	0.57
	Maliyet (₺)	5,260,160.0	6,984,320.0	6,984,320.0	6,984,320.0
	Toplam zarar (₺)	**1,998,860.0**	**3,073,100.0**	**3,631,846.0**	**3,981,062.0**
Liman Bölgesi	Derinlik (m)			0.45	0.80
	D (oran)			0.42	0.47
	Maliyet (₺)			1,243,242.0	6,675,184.0
	Toplam zarar (₺)			**522,161.0**	**3,137,336.0**
Binicilik Tesisleri	Derinlik (m)			0.75	1.10
	D (oran)			0.47	0.50
	Maliyet (₺)			1,348,536.0	1,348,536.0
	Toplam zarar (₺)			633,811.0	674,268.0
Çalışma alanı toplam zarar (₺)		**5,087,944.0**	**7,912,931.0**	**10,333,458.0**	**14,044,115.0**

Çizelge 6.42. Pistrika ve Jonkman (2010) sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi

	Artış Oranı (%)		
	Q_{50}-Q_{100}	Q_{100}-Q_{500}	Q_{500}-Q_{1000}
Sanayi Bölgesi	57	15	13
Arıtma Tesisi	54	19	10
Liman Bölgesi	-	-	50
Binicilik Tesisleri	-	-	6
Tüm alan	56	31	36

Çalışma alanında gerçekleştirilen taşkın zararı tahminleri kullanılan yöntemlere göre Şekil 6.58'de bulunan grafik kullanılarak kıyaslanmıştır. Şekil 6.58 incelendiğinde en büyük zarar maliyetleri Pistrika ve Jonkman (2010) yöntemi ile en düşük zarar maliyetleri ise ICBR Yöntemi ile hesaplanmıştır. Bunun nedeni Pistrika ve Jonkman (2010) yönteminde hesaplamalara hem hız hem de derinliğin etki ettirilmesi nedeniyle hasar faktörlerinin daha yüksek çıkmasıdır. Tüm yöntemlerde olayın tekerrür süresi arttıkça, zararlar da artmıştır.



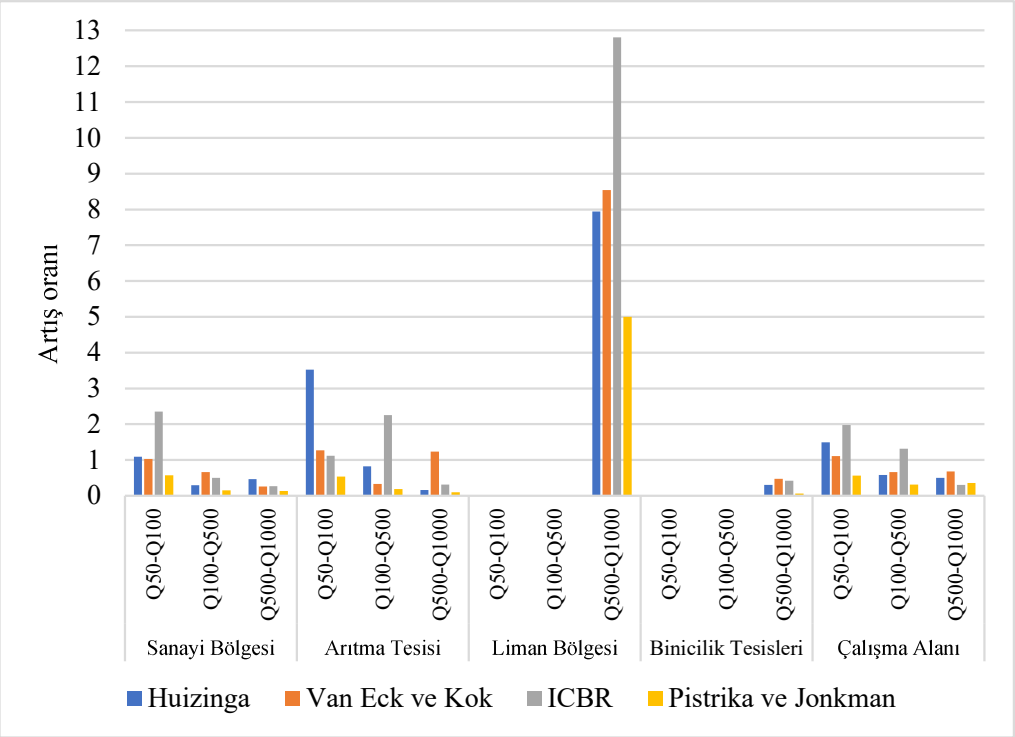
Şekil 6.58. Farklı yöntemlerin taşkın zarar sonuçlarının kıyaslanması

Tekerrür süresinin bölgesel olarak etkisi ile çalışma alanı tamamına olan etkisi ise Çizelge 6.43'te ve Şekil 6.59'da verilmiştir.

Çizelge 6.43. Çalışma alanı için tüm yöntem sonuçlarına tekerrür süresinin etkisi

		Huizinga	van Eck ve Kok	ICBR	Pistrika ve Jonkman
Sanayi Bölgesi	Q_{50}-Q_{100}	109	103	235	57
	Q_{100}-Q_{500}	29	66	50	15
	Q_{500}-Q_{1000}	46	26	27	13
Arıtma Tesisi	Q_{50}-Q_{100}	352	127	112	54
	Q_{100}-Q_{500}	82	33	225	19
	Q_{500}-Q_{1000}	16	123	31	10
Liman Bölgesi	Q_{50}-Q_{100}	-	-	-	-
	Q_{100}-Q_{500}	-	-	-	-
	Q_{500}-Q_{1000}	794	854	1281	50
Binicilik Tesisleri	Q_{50}-Q_{100}	-	-	-	-
	Q_{100}-Q_{500}	-	-	-	-
	Q_{500}-Q_{1000}	3	4.7	4.2	6
Çalışma Alanı	Q_{50}-Q_{100}	149	111	198	0.56
	Q_{100}-Q_{500}	0.58	0.66	131	0.31
	Q_{500}-Q_{1000}	0.50	0.68	0.30	0.36

Çizelge 6.43 ve Şekil 6.59 incelendiğinde bölgesel anlamda sanayi bölgesi ve arıtma tesisi tüm debilerden etkilenmektedir. Liman ve binicilik tesisleri ise Q_{500} ve Q_{1000} debilerinden etkilenmektedir. Tekerrür süresi arttıkça zarar artmaktadır; ancak Q_{50}-Q_{100}; Q_{100}-Q_{500}; Q_{500}-Q_{1000} şeklinde ifade edilen geçiş aralıklarında tekerrür süresinin zarar üzerindeki oransal etkisi her yöntem ve bölgede değişkenlik göstermektedir.



Şekil 6.59. Tekerrür süresinin bölgesel olarak ve tüm çalışma alanında etkisi

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Doğu Karadeniz havzasında yer alan Ordu İli, Ünye İlçesi, Cevizdere havzasında sayısal modelleme sistemlerine dayalı taşkın analizi yapılarak, taşkın zararları değerlendirilmiştir. Cevizdere Havzası drenaj alanının Thiessen Poligon Yöntemine göre Ünye, Akkuş ve Kumru DMİ'lerinden etkilendiği görülmüştür, bu nedenle Thiessen poligon sonuçlarına göre hesaplanan yağış değerleri dikkate alınmıştır. Arazi çalışmaları yapılarak dere yatağı pürüzlülük katsayıları Cowan yöntemi ile belirlenmiştir.

Sayısal modellemeye altlık teşkil eden tekerrür debileri hem sentetik yöntemlerle hem de noktasal taşkın frekans analizi ile üretilmiştir. Hidrolik modelleme aşamasında DSİ Sentetik Yöntemi ile elde edilen Q_{50}=510.78m^3/s, Q_{100}=634.25m^3/s, Q_{500}=877.73m^3/s ve Q_{1000}=982.59m^3/s debileri kullanılmıştır.

Sayısal modellemede MIKE 11 ve MIKE 21 yazılımları kullanılmıştır. Model parametreleri belirlendikten sonra 2018 taşkın verileri ile kalibrasyon yapılmıştır. Kalibrasyonu yapılmış olan çalışma dosyası ile hidrolik analizler gerçekleştirilmiştir. MIKE 11 ile 1B analiz yapılarak Cevizdere kesitleri ve köprülerinin durumu yapılı ve yapısız olacak şekilde dört farklı debi için sekiz senaryo şeklinde incelenmiştir. Köprülerin kaldırılmasının kesitlerin yeterliliği açısından sonuca etki etmediği görülmüştür. Köprü ayakları, yeterli olan bir kesiti yetersiz hale getirecek kadar kesitlere etki etmemektedir. MIKE 21 ile 2B taşkın analizi gerçekleştirilerek taşkın derinlik, yayılım ve hız parametreleri elde edilmiştir.

Sayısal modelleme sonucu elde edilen derinlik, yayılım ve hız parametreleri kullanılarak Cevizdere mansap bölgesi için taşkın yayılım, taşkın derinlik, su hızı, taşkın tehlike seviyesi ve risk haritalarının tamamı ArcGIS 10.x yazılımı ile üretilmiştir.

Taşkın yayılım haritasına göre model alanı Q_{50}'den %19.75, Q_{100}'den %23, Q_{500}'den %30, Q_{1000}'den ise %32.25 oranında etkilenmektedir.

Taşkın derinlik haritalarından Q_{50} için 78.56 ha alanın su altında kaldığı ve bu alanda meydana gelen su yüksekliklerinin %52'lik kısmı 0-0.8m mertebesinde olduğu belirlenmiştir. Q_{100}'de 88.95 ha alan su altında kalırken, bu alanın %52'lik kısmının 0-

1.0 m arasında su seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Durum Q_{500} için incelendiğinde 121.83 ha alanın su altında kaldığı ve bu alanın %50'lik kısmında su seviyesinin 0-1.25 m arasında olduğu anlaşılmıştır. Son olarak Q_{1000}'de ise 130.12 ha alan su altında kalırken bu alanın %53'lük kısmında su yüksekliğinin 0-1.35 m mertebesindedir. Taşkın tekerrür süreleri arttıkça taşkın yayılım alanları ve su yükseklikleri de artmaktadır.

Hız haritalarından Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} için meydana gelen maksimum su hızları sırasıyla; 5.98, 6.20, 6.77 ve 7.51m/s olarak belirlenmiştir. Tekerrür süresi arttıkça, taşkın yayılım alanında görülen maksimum hızlar da artmaktadır. Hız değerleri, su derinlikleri ile birlikte tehlike seviyesi ve risk haritalarının üretilmesinde kullanılan önemli bir parametredir.

DEFRA Yöntemi ile hesaplanan ve ArcGIS ortamında üretilen taşkın tehlike seviyesi haritaları her bir tekerrür debisi için incelenmiştir. Buna göre tekerrür süresi arttıkça su derinliği ve hızı artmakta ve insanlar için tehlike seviyeleri giderek yükselmektedir. DEFRA ile Q_{50}'de çalışma alanının, %7'si Q_{100}'de %8'i, Q_{500} 'de %19'u, Q_{1000}'de ise %22'si çok yüksek tehlike seviyesinde yer almaktadır.

Taşkın tekerrür süresindeki artış su derinliği ve hızını da artırdığından; risk altında kalan alanlar ve zarar gören yapılar, etkilenme oranı ve risk sınıfı değişmektedir. Taşkın risklerinin hesabında ve haritalarının üretilmesinde Dinh, FEMA ve Kılavuz yöntemleri uygulanmıştır.

- ✓ Dinh'e göre hazırlanan risk haritaları incelendiğinde Q_{50}'de çalışma alanının %5'i, Q_{100}'de, %6'sı, Q_{500}'de %9'u, Q_{1000}'de ise %11'i çok yüksek riske maruzdur.
- ✓ FEMA'ya göre Q_{50}'de model alanının %6'sı, Q_{100}'de %6'sı, Q_{500}'de %7'si Q_{1000}'de %8'i aşırı risk bandında yer almaktadır.
- ✓ Kılavuz yöntemine göre hazırlanan haritalara göre ise Q_{50}'de çalışma alanının %1'i, Q_{100}'de %1'i, Q_{500} %2'si ve Q_{1000}'de %2'si yüksek risk alanında yer almaktadır.

Tüm debilerde düşük ve orta risk sınıflarında en büyük risk yüzdelerini Kılavuz Yöntemi verirken, yüksek risk sınıfında en büyük risk yüzdelerini Dinh Yöntemi vermiştir. Bunun en büyük nedeni Cevizdere havzasının Kılavuz Yöntemi'nde kullanılan CORINE arazi sınıflarına göre büyük ölçüde ekilebilir tarım arazisi olarak

sınıflandırılmış olması ve bu arazi sınıfının risk değerinin ise düşük olmasıdır. Oysa 1/100000 ölçekli Çevre Düzeni Planında göre Cevizdere bölgesi mansap kesimi sanayi bölgesi olacak biçimde planlanmıştır ve bu yönde de gelişmektedir. Bu nedenle risk ve tehlike analizlerinde arazi kullanımının doğru biçimde analiz edilmesi sonuçların kalitesini doğrudan etkilediğinden, çok büyük önem arz etmektedir. Zarar tahmin yöntemleri seçilirken güncel arazi bilgisinin kullanımına olanak veren yöntemin seçilmesi uygun bir yaklaşım olacaktır.

Çalışma alanı taşkın zararları hesaplanırken mansap bölgesinde yer alan yapılar sanayi bölgesi, arıtma tesisi bölgesi, liman bölgesi ve binicilik tesisleri bölgesinde bulunan yapılar olmak üzere dört bölgede incelenmiştir. Her bir debinin çalışma alanında meydana getireceği zararları tahmin etmek için Huizinga, van Eck ve Kok, ICBR ile Pistrika ve Jonkman'ın zarar belirleme yöntemleri kullanılmıştır. Huizinga'da zarar miktarları 1.57 ile 9.73 milyon ₺, van Eck ve Kok'da 0.63 ile 3.72 milyon ₺, ICBR'de 0.43 ile 3.86 milyon ₺ ve Pistrika ve Jonkman'a göre ise 5.08 ile 14.04 milyon ₺ arasında çıkmıştır.

Tüm zarar tahmin yöntemlerinin sonuçları incelendiğinde en büyük zarar maliyetleri Pistrika ve Jonkman yöntemiyle; en düşük zarar maliyetleri ise ICBR yöntemiyle hesaplanmıştır. Bunun nedeni Pistrika ve Jonkman yönteminde hesaplamalara hem hız hem de derinliğin etki ettirilmesi nedeniyle hasar faktörlerinin daha yüksek çıkmasıdır. Akım hızındaki artış taşkın anında hem yapılara hem de insanların güvenliğine olumsuz yönde etki etmektedir. Bu nedenle hesaplamalara dahil edilmelidir. Hem hız hem de derinliği hesaba katan yöntemler zarar hesapları için daha uygundur.

Sonuç olarak Cevizdere havzasının mansap bölgesinde meydana gelebilecek Q_{50}, Q_{100}, Q_{500} ve Q_{1000} debilerinin yıkıcı etkileri olması beklenmektedir. 2018 taşkını bunun en büyük kanıtıdır. Cevizdere havzasında taşkınlara karşı alınabilecek önlemler aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Tez çalışması ile ortaya konan taşkın haritaları yerel yönetimler tarafından imar planlamalarında kullanılmalı ve taşkın riski ile taşkın tehlikelerinin yüksek olduğu bölgelerde yapılaşmadan kaçınarak, bu bölgelere imar izni verilmemelidir.

- ✓ Taşkın sırasında hidrolik yapılarda meydana gelebilecek hasarlar ve moloz hareketleri sayısal modellemede göz önüne alınmalıdır. 2018 Cevizdere taşkınında köprülerin yıkılması ve üst kotlardan sürüklenen moloz taşkın şiddetini daha da artırmıştır.
- ✓ Derenin Sanayi bölgesinden geçen 4 km'lik kısmında Q_{500} su derinliği haritasında (Şekil 6.32) verilen su derinlikleri dikkate alınarak ilgili kurumlar tarafından betonarme taşkın koruma duvarlarının inşa edilmesi önerilmektedir.
- ✓ 2018 taşkınında menbanın üst kotlarından mansaba taşınan molozların dere kesitini daraltarak taşkının şiddetini önemli derecede artırdığı görülmüştür. Bu etkiler göz önünde bulundurularak, mansaba gelen moloz akımını kısıtlamak, böylece taşkınların şiddetini azaltmak veya meydana gelmesini önlemek amacıyla ilgili kurumlar tarafından havzanın üst kotlarında moloz tutucu veya geçirimli tersip bentlerinin inşa edilmesi önerilmektedir.
- ✓ Çalışma alanı geçmişinde depremlere maruz kalmış bir bölgedir. Zeminin alüvyon özellikte olması dinamik kuvvetler etkisinde sıvılaşma olasılığında artışa neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut köprülerin yıkılma analizlerinin gerçekleştirilerek hem deprem hem de taşkın felaketlerine karşı gerekiyorsa güçlendirilmeleri uygun olacaktır.
- ✓ Mansap bölgesinde eğim ‰17'dir, eğimin düşük olması sebebiyle yüksek debilerde deşarj problemi söz konusudur. Arazide yapılan incelemelerde dere ağzı deniz birleşim bölgesinde kum birikmeleri ve dalga etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu kesimde ilgili kurumlar tarafından gereken önlemlerin alınması gerekmektedir.
- ✓ Cevizdere Havzası mansap bölgesi CORINE verilerine göre tarımsal alanlar da içermekte ve halihazırda bölgede tarım da yapılmaktadır. Ancak bu tez çalışmasının kapsamında tarımsal zararlara yer verilmemiştir. Tarımsal zararları dikkate alacak bir çalışma gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır.
- ✓ Son olarak havzada ikamet eden ve sanayi bölgesinde çalışan halkın, taşkınlar konusunda bilinçlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla eğitim seminerleri verilmesi uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

Abbott, M.B. and Ionescu, F. 1967. On the numerical computation of nearly-horizontal flows. *Journal of Hydraulic Research*, 5, 97-117.

Akkaya, U. 2016. Meriç ve Tunca nehirlerinin Edirne şehir merkezi kısmında 2 boyutlu taşkın modellemesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 160, Sakarya.

Alcrudo, F. 2004. Advanced mathematical modelling techniques for flood propagation in natural topographies. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain. http://www.impactproject.net/AnnexII_DetailedTechnicalReports/AnnexII_PartB_WP3/Modelling_techniques_flood_prop_natural_topographies.pdf (Erişim tarihi: 01.01.2017)

Anonim, 1990. Türkiye Maksimum Yağışları Frekans Atlası, DSİ, Ankara.

Anonim, 2001a. Atlas van het overstromingsgevaar en mogelijke schade bij extreem hoogwater van de Rijn. Koblenz, Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR).

Anonim, 2001b. Ordu-Ünye-Cevizdere, Kuşdoğan, Düzköy, Denizbükü Köyleri ve Arazilerinin Cevizdere Taşkın ve Kıyı Oyuntusundan Korunmasına Ait Ön İnceleme Raporu. DSİ 7. Şube Müdürlüğü, Samsun.

Anonim, 2006. Flood Risks To People. Department for Environment, Food&Rural Affairs.http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FD2321_3437_TRP.pdf (Erişim tarihi: 01.05.2018)

Anonim, 2007. EU Floods Directive. 2007/60/ES of the European Parliament and of the Council on the Assessment and Management of Flood Risks. https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&from=EN (Erişim tarihi: 25.01.2015)

Anonim, 2008. Urban Flood Risk Management-A Tool for Integrated Flood Management, World Meteorological Organization (WMO), APFM Technical Document No. 11, 2008. https://library.wmo.int/pmb_ged/ifmts_6.pdf (Erişim tarihi: 20.05.2016)

Anonim, 2012a. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, 582, Cambridge, U.K. and New York, U.S.A.

Anonim, 2012b. Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi, DSİ.

Anonim, 2014a. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 517, New York. https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2014.pdf (Erişim tarihi: 05.05.2018)

Anonim, 2014b. Taşkın Riski Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzları, Taşkın Direktifinin Uygulanması çin Kapasitenin Geliştirilmesi AB Eşleştirme Projesi. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 196, Ankara. http://taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr/taskin/Files/Outputs/TRYP_Kilavuzlar.pdf (Erişim tarihi: 01.05.2018)

Anonim, 2015a. World Population Prospects: The 2015 revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 66, New York. https://esa.un.org/unpd/ wpp/publications/ files/key_findings_wpp_2015.pdf (Erişim tarihi: 05.05.2018)

Anonim, 2015b. Türkiye İstatistik Kurumu Nüfus Verileri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047 (Erişim tarihi: 05.07.2018)

Anonim, 2016a. MIKE 11 A modelling system for rivers and channels, Reference Manual. Danish Hydraulic Institute (DHI), Denmark.

Anonim, 2016b. MIKE 21 Flow model FM, hydrodynamic module, Reference Manual. Danish Hydraulic Institute (DHI), Denmark.

Anonim, 2017. Taşkın Yönetimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2018a. https://watchers.news/2017/07/18/flash-flood-istanbul-july-18-2017/ (Erişim tarihi: 01.10.2018)

Anonim, 2018b. http://www.globalwaterforum.org/2015/05/04/the-failure-of-transboundary-water-management-in-the-maritsa-river-basin/ (Erişim tarihi: 01.10.2018)

Anonim, 2018c. http://t24.com.tr/haber/dev-dalgalar-karadeniz-sahil-yolunu-yuttu,271734 (Erişim tarihi: 01.10.2018)

Anonim, 2018ç. Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 44, USA.

Anonim, 2018d. Ünye-Ordu Revizyon ve İlave İmar Planı 1/1000 Araştırma ve Plan Açıklama Raporu. Ünye Belediyesi, 256, Ünye.

Anonim, 2018e. Ordu Büyükşehir Ünye, Perşembe, Fatsa, İkizce, Çaybaşı İlçelerinde 08-09-10 Ağustos 2018 Tarihlerinde Meydana Gelen Taşkın ve Taşkın Zararlarına İlişkin Rapor. DSİ 7. Bölge Müdürlüğü, Samsun.

Anonim, 2018f. CORINE Arazi Örtüsü Sınıfları. https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover (Erişim tarihi: 05.07.2018)

Anonim, 2018g. Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2018 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ. http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/04/20180426-8.htm (Erişim tarihi: 10.05.2018)

Apirumanekul, C. and Mark, O. 2001. Modelling of Urban Flooding in Dhaka City, Water Engineering & Management, 4th DHI Software Conference, Thailand. https://www.dhigroup.com/uploAd/publicAtions/mouse/ApirumAnekul_Modelling_of_UrbAn.pdf

Arcement, J.R.G.J. and Schneider, V.R. 1989. *Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains*. United States Geological Survey Water-supply Paper 2339, 44, USA.

Arenal, I. M., Parrado, R. P., García, I. S., Concepción, O. G., Pérez, M. B., Allen, Y. J., Padrón, P. B., Hernández, A. L. P. and Otero, C. R. 1998. *The Coastal Floods In The Cuban Territory, The Most Sensitive Areas And The Possible Impact Of The Climate Change*. Institute of Meteorology, Kuba.

Arpacıoğlu, A. 2007. Sel, Heyelan ve Yerel Yönetimlerin Sorumluluğu, Sel, Heyelan, Çığ Sempozyumu, 28-29 Mayıs, Bildiriler Kitabı, 198-200, Samsun.

Aslan, B. 1997. S.C.S. sentetik birim hidrograf yönteminin Türkiye şartlarında uygulanabilirliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 82, İstanbul.

Baga, İ., Usul, N. and Sorman, Ü. 1999. Application of MIKE 11 Model on Çayboğazı Basin in Turkey,1-3 October, DHI Third User Conferance, Denmark, 14.

Balabanova, S., Koshinchanov, G. and Dimitrov, D. 2008. GIS Tools and Hydraulic Modeling Usage in Flood Simulation Via DHI Mike 11 Platform (On the Example of Novi Iskar Area). Edirne UlusalTaşkın Konferansı, 19-20 Haziran, Bildiriler Kitabı, 143-152, Edirne, Türkiye.

Bayazıt, M. 1981. *Hidrolojide İstatistik Yöntemler*, İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası, 222 İstanbul.

Bayazıt, M. ve Önöz, B. 2008, *Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi*, Nobel Yayın Dağıtım, 259, İstanbul.

Bayazit, M. ve Yeğen Oğuz, E.B. 2013. *Mühendisler İçin İstatistik*. Birsen Yayınevi, 197, İstanbul.

Beden, N. and Ülke Keskin, A. 2018. Flood Inundation Assessment; A Case Study. 13th International Congress on Advances in Civil Engineering, 12-14 September 2018, Book of Manuscripts, 1-8, Izmir, Turkey.

Beden, N., Alrayess, H. and Ulke Keskin, A. 2018a. A Chronological Research of Samsun City Floods. *Journal of New Results In Science*, 2018, 7:2, 22-34.

Beden, N., Demir, V. and Ülke Keskin, A. 2018b. Flood Modeling of Samsun/Atakum Region by GIS Tools. *Journal of New Results in Science*, 7:3, 1-8.

Beden, N., Demir, V., Alrayess, H. and Ülke Keskin, A. 2018c. Comparison Of 2D Hydraulic Models For Flood Simulation On The Mert River Turkey, 27 October-1 November, 5th International Symposium on Dam Safety, İstanbul, Turkey.

Bellos, V. and Tsakiris G. 2015. Comparing Various Methods of Building Representation for 2D Flood Modelling in Built-Up Areas. *Water Resources Management*, 29:2, 379-397. doi: 10.1007/s11269-014-0702-3

Benjamin, J.R. and Cornell, C.A. 1970. *Probability Statistics and Decision for Civil Engineers*, McGraw-Hill, 684, New York.

Berz, G. 2000. Flood disasters: lessons from the past-worries for the future. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Water, Maritime and Energy*, 142:1, 3-8. doi:10.1680/wame.2000.142.1.3

Berz, G., Kron, W., Loster, T. Rauch, E., Schimetschek, J., Schmieder, J., Siebert, A., Smolka, A. and Wirtz, A. 2001. World map of natural hazards – a global view of the distribution and intensity of significant exposures. *Natural Hazards*, 23, 43-465. doi: 10.1023/A:1011193724026

Bozoğlu, B. 2015. 1-D and 2-D flood modeling studies and upstream structural measures for Samsun city Terme district. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, 140, Ankara.

Brush M.J., and L.A. Harris. 2010. Introduction to the special issue of ecological modelling: "advances in modeling estuarine and coastal ecosystems: approaches, validation, and applications". *Ecological Modeling*, 221:7. 965-968. doi:10.1016/j.ecolmodel.2010.01.001

Buchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth Systems Science*, 6, 485-503. doi:10.5194/nhess-6-485-2006

Chaudhry, M.H. 2008. *Open-Channel Flow*, Springer, 523, USA.

Chow, V. T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. 1988. *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 572, New York.

Chow, V.T. 1964. *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1495, New York.

Cowan, W.L. 1956. Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37, 473-475.

Cunge, J. A., Holly, F. M. and Verwey, A. 1980. *Practical aspects of computational river hydraulics*, Pitman Advanced Publishing Program, 420, Boston.

Cunge, J. and Wegner, M. 1964. Integration numerique des equations d'ecoulement de Barre de Saint-Venant par un schema implicite de differences finies. *La Houille Blanche*, 1, 33-39. doi: 10.1051/lhb/1964002

Çavdar, S.K. 1996. İstanbul dereleri için taşkın debilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

de Moel, H. and Aerts, J. C. J. H. 2011. Effect of uncertainty in land use, damage models and inundation depth on flood damage estimates. *Natural Hazards*, 58, 407-425. doi:10.1007/s11069-010-9675-6

de Moel, H., van Alphen, J. and Aerts, J.C.J.H. 2009. Flood maps in Europe-methods, availability and use. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 289-301. doi:10.5194/nhess-9-289-2009

Demir, F. 2014. Aşağı Sakarya nehri Adapazarı kesimi taşkın risk tayini. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 79, Sakarya.

Denizolgun, F. S., Güçlü, Y. S. ve Şen, Z. 2018. Kuzey Marmara Otoyolunda dere köprüsü tasarımı uygulaması: Alemdağ dere köprüsü örneği. *Journal of Balıkesir University Institute of Technology*, 20:2,72-88. doi:10.25092/baunfbed.476044

Dikici, M. 2016. Alibeyköy Havzası'nın hidrodinamik modeli ve kentleşme süreci çerçevesinde taşkın risk haritalarının çıkarılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, 181, İstanbul.

Dinh, Q., Balica, S. and Popescu, I. 2012. Climate change impact on flood hazard, vulnerability and risk of the Long Xuyen Quadrangle in the Mekong delta.

International Journal of River Basin Management, 10, 1, 103-120. doi:10.1080/15715124.2012.663383

Doğanoğlu, V.İ. 2000. Coupling of GIS with a hydraulic model for flood inundation mapping. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 109, Ankara.

Gamgam, H., 1998, *Parametrik Olmayan İstatistiksel Teknikler*, T.C. Gazi Üniversitesi Yayını, 289, Ankara.

Girayhan, T. F. 2015. Nicel taşkın risk değerlendirmesiyle zarar modellemesi ve metodolojinin geliştirilmesi. Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 189, Ankara.

Gumbel, E.J. 1958. *Statistics of Extremes*. Columbia University Press, 375, New York.

Günal, A.Y. and Güven, A. 2016. Synthetic Unit Hydrograph of Small Catchments by Using GIS. *Acta Physıca Polonıca A*, 130:1, 130-132.

Haktanır T. 2009. Statistical modelling of annual maximum flows in Turkish rivers. *Hydrological Sciences Journal*, 36:4, 367-389. doi:10.1080/02626669109492520

Hammond, M., Chen, A., Djordjevic, S., Butler, D., Khan, D., Mahbubur, S.M., Rahman Veerbeek, W., Schlitte, F., Birkholz, S. and Mark, O. 2012. The Corfu Project and its Work in Dhaka, IWM users'conference, 8 December, Dhaka, Bangladesh.

He, J., Anderson, A. and Valeo, C. 2015. Bias compensation in flood frequency analysis. *Hydrological Sciences Journa*l, 60:3, 381-401, doi:10.1080/02626667.2014.885651

Huizinga, H.J., 2007. Flood damage functions for EU member states. Technical Report, HKV Consultants. Implemented in the framework of the contract #382441-F1SC awarded by the European Commission-Joint Research Centre.

Isaacson, E., Stoker, J. J. and Troesch, A. 1958. Numerical solution of flow problems in rivers. *Journal of the Hydraulics Division*, 84, 1-18.

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J. C. J. H. and Ward P. J., 2012. Comparative Flood Damage Model Assessment: Towards a European Approach. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12, 3733-3752. doi: 10.5194/nhess-12-3733-2012

Jonkman, S. N. 2005. Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards*, 34, 151-175. doi: 10.1007/s11069-004-8891-3

Kadıoğlu, M. 2012. Türkiye'de iklim değişikliği risk yönetimi. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 172, Ankara. http://www.undp.org/content/dam/turkey/docs/projectdocuments/EnvSust/UNDP-TR-Iklim_Degisikligi_Risk_Yonetimi.pdf (Erişim tarihi: 10.08. 2016)

Kaleyci, H. 2004. Değirmendere Havzası'nda taşkın frekans analizi ve taşkın sularının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 49, Trabzon.

Kalken, T., Skotner, C. and Madsen, H., 2004. A new generation GIS based, open flood forecasting system, The institution of engineers, 8rd National conference on hydraulics in water engineering, 13-16 July, Australia.

Karim, F., Petheram, C., Marvanek, S., Ticehurst, C., Wallace, J. and Gouweleeuw, B. 2011. The use of hydrodynamic modelling and remote sensing to estimate floodplain inundation and flood discharge in a large tropical catchment, 19th International Congress on Modelling and Simulation. https://www.mssanz.org.au/modsim2011/I8/karim.pdf (Erişim tarihi: 01.09.2018)

Kartal, M. 1998. *Hipotez Testleri*, Şafak Yayınevi, 256, Erzurum.

Katopodes, N. D. and Strelkoff, T. 1978. Computing two-dimensional dambreak flood waves. *Journal of the Hydraulics Division*, 104:9, 1269-1288.

Koç, G. and Thieken, A.H. 2018. The relevance of flood hazards and impacts in Turkey: What can be learned from different disaster loss databases? *Natural Hazards*, 91, 375-408. doi: 10.1007/s11069-017-3134-6

Kourgıalas, N. N. and Karatzas G. P. 2011. Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas-a case study. *Hydrological Sciences Journal*, 56:2, 211-225. doi: 10.1080/02626667.2011.555836

Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwarz, J., Merz, B. and Thieken, A. H. 2009. Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling? *Natural Hazards and Earth System Science*, 9, 1679-1692. doi:10.5194/nhess-9-1679-2009

Kron, W. 2002. *Flood defence*. Science Press, 82-97, New York.

Kumanlıoğlu, A.A. ve Ersoy, S.S. 2018. Akım gözlemi olmayan havzalarda taşkın akımlarının belirlenmesi: Kızıldere Havzası. *Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 20:60, 890-904. doi: 10.21205/deufmd. 2018206070

Mahmood, K., Yevjevich, V. M. and Miller, W. A. (Editors) 1975. Unsteady flow in open channels, Water Resources Publications Fort Collins, Colorado, USA.

Marincek, M.B. 2010. MIKE FLOOD hydrological and hydraulic investigation in Slovenia, DHI international conference- modelling in a world of change, 6-8 September Copenhagen, Denmark.

Martin, C. S. and Defazio, F. G. 1969. Open-channel surge simulation by digital computer. *Journal of the Hydraulics Division*, 95, 2049-2070.

Martin, C. S. and Zovne, J. J. 1971. Finite-difference simulation of bore propagation. Journal of the Hydraulics Division, 97, 993-1010.

Merz, R. and Bloschl, G. 2005. Flood frequency regionalisation-spatial proximity vs. catchment attributes. *Journal of Hydrology*, 302, 283-306. doi:j.jhydrol.2004.07.018

Merz, R., Bloschl, G., and Humer, G. 2008. National flood discharge mapping in Austria. *Natural Hazards*, 46, 53-72. doi:10.1007/s11069-007-9181-7

Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S. and Van Der Veen, A. 2007. Evaluating Flood Damages: Guidance and Recommendations on Principles and Methods. Floodsite Project, HR Wallingford, UK.

http://www.floodsite.net/html/partner_area/project_docs/T09_06_01_Flood_damage_guidelines_d9_1_v2_2_p44.pdf (Erişim tarihi: 15.01.2017)

Mignot, E., Paquier, A. and Haider, S. 2006. Modeling floods in a dense urban area using 2D shallow water equations. *Journal of Hydrology*, 327, 186-199. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.11.026

Misik, M., Bajcan, J., Sklenar, P. and Kucera. M. 2013. Hydrodynamic simulation of Flooding Scenarios for Crisis Management in Prague. 13th International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, September 9-12, Bratislava, Slovakia.

Mockus, 1965. *National Engineering Handbook Hydrology Chapters (NRCS)*, *Chapter 21.* Natural Resources Conservation Service, 127, USA.

Mogollon, B., Frimpong, E. A., Hoegh, A. B. and Angermeier, P. L. 2016. An empirical assessment of which inland floods can be managed. *Journal of Environmental Management*, 167, 38-48. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.10.044

Muis, S., Guneralp, B., Jongman, B., Aerts, J. C. and Ward, P. J. 2015. Flood risk and adaptation strategies under climate change and urban expansion: A probabilistic analysis using global data. *Science of The Total Environment*, 538, 445-457. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.068

Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J. and Han, Z. 2013. The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5, 47-52. doi:10.1016/j.cosust.2013.02.002

Nicholas, A.P. and Mitchell, C.A. 2003. Numerical simulation of overbank processes in topographically complex floodplain environments. *Hydrological Process,* 17:4, 727-746. doi:10.1002/hyp.1162

Niguisse, T. A., 2017. Modelling flooding risk under urbanization and climate change in Istanbul, Turkey. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 134, İstanbul.

Nimaev, A. 2015. The use of simple inertial formulation of the shallow water equations in 2-D flood inundation modeling. Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, 145, Ankara.

Noman, N.S., Nelson, E.J. and Zundel A.K. 2001. Review of automated floodplain delineation from digital terrain models. *Journal of Water Resources Planning and Management,*127:6, 394-402. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2001)127:6(394)

Özcan, O. 2008. Sakarya nehri alt havzasının taşkın riski analizinin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Ana Bilim Dalı, 72, İstanbul.

Özdemir, H. 1978. *Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi*. DSİ Matbaası, 221, Ankara.

Öztürk, M., Kaya, N. ve Aşkan, A.H. 2003. Menfezlerin projelendirmesinde kullanılan taşkın hesap metotlarının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7:2, 167-171. http://oaji.net/articles/2014/1084-1417513505.pdf

Patro, S., Chatterjee, C., Mohanty, S., Singh, R. and Raghuwanshi, N.S. 2009. Flood inundation modeling using MIKE FLOOD and remote sensing data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing,* 37:1, 107-118. doi: 10.1007/s12524-009-0002-1

Perry, C.A. 2000. Significant floods in the United States during the 20th century-USGS measures a century of floods. *U.S. Geological Survey Fact Sheet 024-00*. doi: 10.3133/fs02400

Pistrika, A., K. and Jonkman, S., N. 2010. Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after Hurricane Katrina. *Natural Hazards*, 54, 413-434. doi: 10.1007/s11069-009-9476-y

Pistrika, A., Tsakiris, G. and Nalbantis, I. 2014. Flood depth-damage functions for built environment. *Environmental Process*, 1, 553-572. doi:10.1007/s40710-014-0038-2

Prettenthaler, F., Amrusch, P. and Habsburg-Lothringen, C. 2010. Estimation of an Absolute Food Damage Curve Based on an Austrian Case Study Under a Dam Breach Scenario. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 10, 881-894. doi:10.5194/nhess-10-881-2010

Salami, A.W., Bilewu, S.O., Ayanshola A.M. and Oritola, S.F. 2009. Evaluation of synthetic unit hydrograph methods for the development of design storm hydrographs for river in South-West Nigeria. *Journal of American Science*, 5:4, 23-32.

Scorzini, R. A. and Frank, E. 2017. Flood damage curves: new insights from the 2010 flood in Veneto, Italy. *Journal of Flood Risk Management*, 10, 381-392. doi: 10. 10.1111/jfr3.12163

Serencam, U., 2013. Taşkın zararları ve zarar görebilirlik analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi örneği. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 118, Trabzon.

Shamaoma, H. 2005. Extraction of flood risk-related base-data from multi-source remote sensing imagery, Master Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, 105, Netherlands.

Sole, A., Giosa, L. and Copertino, V. 2007. Risk Flood Areas, A Study Case: Basilicata Region. *River Basin Management IV- WIT Transactions On Ecology And The Environment,* 104, 213-228. doi:10.2495/RM070211

Sönmez, O. 2013. Nehirlerde 2 boyutlu taşkın modellemesi ve taşkın haritalarının oluşturulması. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 159, Sakarya.

Sönmez, O., Öztürk, M. ve Doğan, E. 2012. İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16:2, 130-135.

Sule, B.F. and Alabi, S.A. 2013. Application of synthetic unit hydrograph methods to construct storm hydrographs. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5:11, 639-647. doi: 10.5897/IJWREE2013. 0437

Şahin, C. ve Ertek, A. (Editörler) (2018). *Memlekete Pusulası: Ordu*. Ordu Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları, Yayın No:22, 420, Ordu.

Şen, Z. 2009. *Taşkın Afeti ve Modern Hesaplama Yöntemleri*. Su Vakfı Yayını, 252, İstanbul.

Taş, E., İçağa, Y. ve Zorluer, İ. 2016. Taşkın yayılım haritalarının oluşturulması ve taşkın zarar analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 711-721.

te Linde, A. H., Aerts, J. C. J. H. and van den Hurk, B. 2008. Effects of flood control measures and climate change in the Rhine basin, Proceedings of the 4th International Symposium on Flood Defence, 6 May, 1-9, Toronto, Canada.

Temiz, N., Aksoy, H. ve Ercanoğlu, M., 2004. Batı Karadeniz Bölgesi'nde potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47:2. 41-48.

Terzioğlu, Z. Ö. 2018. Taşkın zararlarının tahmini, zarar derecelendirmesi ve risk sınıflandırması: Doğu Karadeniz için bir uygulama. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 106, Trabzon.

Timbadiya, P. V., Patel, P. L. and Porey, P. D. 2014. A 1D–2D coupled hydrodynamic model for river flood prediction in a coastal urban floodplain. *Journal of Hydrologic Engineering*, 20:2, 1-18. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001029

Turan, B. 2002. Obtaining inundation maps by integration of GIS and hydrologic and hydrologic-hydraulic model. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 140, Ankara.

Uçar, İ. 2013. Trabzon Değirmendere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 178, Ankara.

Usul, N. 2008. *Mühendislik Hidrolojisi*, ODTÜ Yayıncılık, 408, Ankara.

Usul, N. and Turan, B. 2006. Flood forecasting and analysis within the Ulus Basin, Turkey, using geographic ınformation systems, *Natural Hazards*, 39, 213-229. doi:10.1007/s11069-006-0024-8

Ülke, A., Beden, N, Demir, V. and Menek, N. 2017. Numerical modeling of Samsun Mert River floods. *European Water*, 57, 27-34.

Ülke, A., Uslu, A. ve Beden, N. 2013. Samsun Şehir Taşkınlarının Kronolojisi, 2012 Yılı Samsun Taşkını. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, 24-26 Ekim, Bildiriler Kitabı, 555-564, Trabzon, Türkiye.

van Alphen, J. and Passchier, R. 2007. *Atlas of Flood Maps, Examples From 19 European* Countries USA and Japan. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Netherlands (Prepared for EXCIMAP). http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/atlas_primerov__kartiranja_poplavne_nevarnosti_ogrozenosti.pdf (Erişim tarihi: 06.12.2018)

van Eck, N.V. and Kok, M. 2001. *Standaard Methode Schade en Slachtoffers Als Gevolg Van Overstromingen*. Dienst Wegen Waterbouwkunde, Ministerie van Rijkswaterstaat, Netherlands.

Vojinovic, Z. and Tutulic, D. 2009. On the use of 1D and coupled 1D-2D modelling approaches for assessment of flood damage in urban areas. *Urban Water Journal*, 6, 183-199. doi: 10.1080/15730620802566877

Ward, A. D. and Stanley, W. T. 2004. *Environmental Hydrology Second Edition*, Lewis Publishers, 475, Washington.

Zidaric, M. and Petkovsek, G. 2010. Hydraulic analysis of a set of dry retention basins in Savinja Valley, MIKE by DHI international conference- modelling in a world of change, 6-8 September, Copenhagen, Denmark.

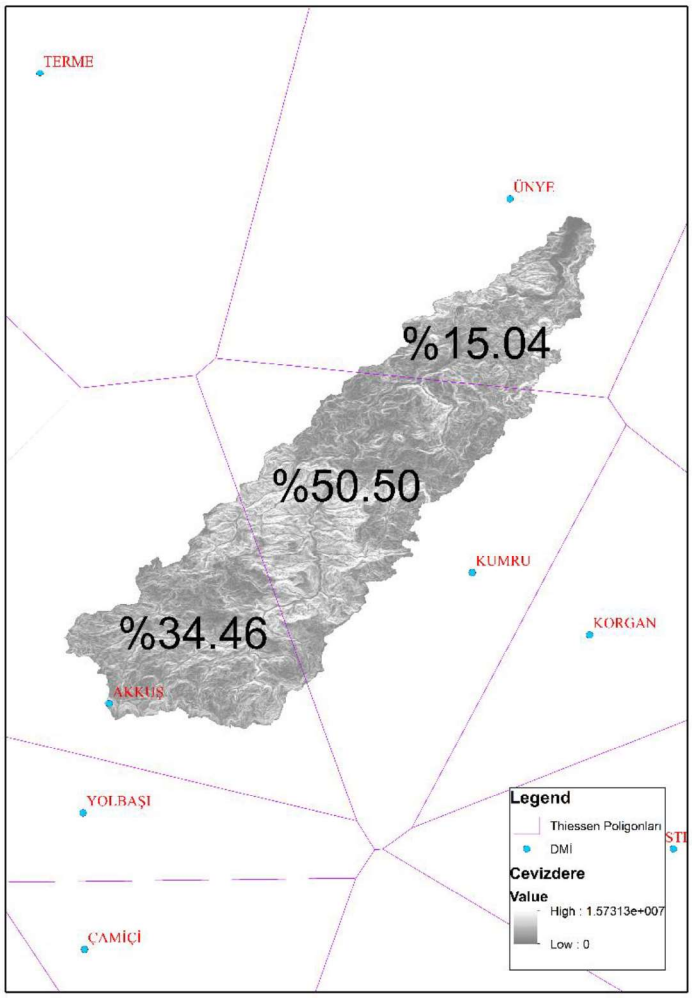
Zin, W., Kawasaki, A. and Takeuchi, W. 2018. Flood hazard assessment of Bago River Basin, Myanmar, *Journal of Disaster Research*, 13:1, 14-21. doi:10.20965/jdr.2018.p0014

EKLER

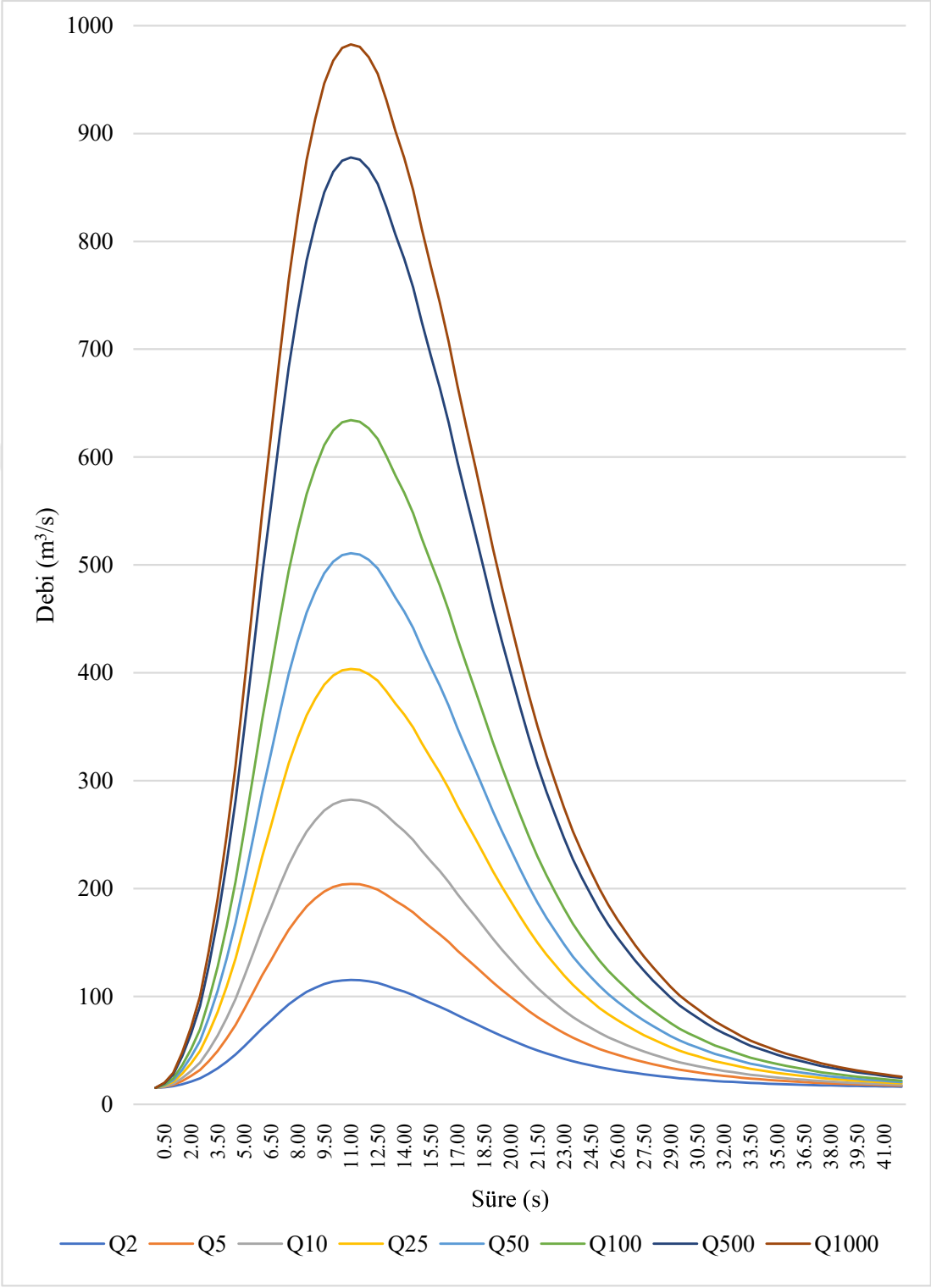
EK 1 CLC RİSK SINIFLARI

CLC Kodu	CLC Sınıfı	Derece	Derinlik sınıfına karşılık gelen risk sınıfı		
			Düşük (<0.5m)	Orta (0.5m-1.5m)	Yüksek (>1.5m)
111	Sürekli yerleşim alanı	10	1	2	3
112	Kesikli yerleşim alanı	10	1	2	3
121	Endüstriyel ya da ticari birimler	9	1	2	3
122	Yol ve demiryolu ağları ve ilgili araziler	9	1	2	3
123	Liman bölgeleri	9	1	2	3
124	Havalimanları	9	1	2	3
131	Maden çıkarma alanları	8	1	2	2
132	Çöplükler	8	1	2	2
133	İnşaat alanları	8	1	2	2
141	Yeşil kentsel alanlar	2	0	0	1
142	Spor ve eğlence tesisleri	2	0	0	1
211	Sulanmayan ekilebilir arazi	6	1	1	2
212	Sürekli sulanan alanlar	6	1	1	2
213	Pirinç tarlaları	4	0	1	1
221	Üzüm bağları	6	1	1	2
222	Meyve ağacı ve dutsu meyve	3	0	1	1
231	Otlaklar	1	0	0	0
242	Karmaşık ekim biçimleri	6	1	1	2
243	Önemli bir kısmı biki örtüsüyle kaplı birincil olarak tarım amaçlı kullanılan alanlar	4	0	1	1
311	Geniş yapraklı orman	6	1	1	2
312	İğne yapraklı orman	6	1	1	2
131	Karışık orman	6	1	1	2
321	Doğal çayırlar	3	0	1	1
322	Fundalıklar ve çalılıklar	3	0	1	1
324	Ağaçlık-ağaççık geçişi	3	0	1	1
331	Plajlar, kumul, kum	3	0	1	1
332	Çıplak kayalıklar	3	0	1	1
333	Seyrek bitki örtülü alanlar	3	0	1	1

EK 2 ÇALIŞMA ALANI THIESSEN POLİGONLARI



EK 3 CEVİZDERE İÇİN TAŞKIN HİDROGRAFLARI



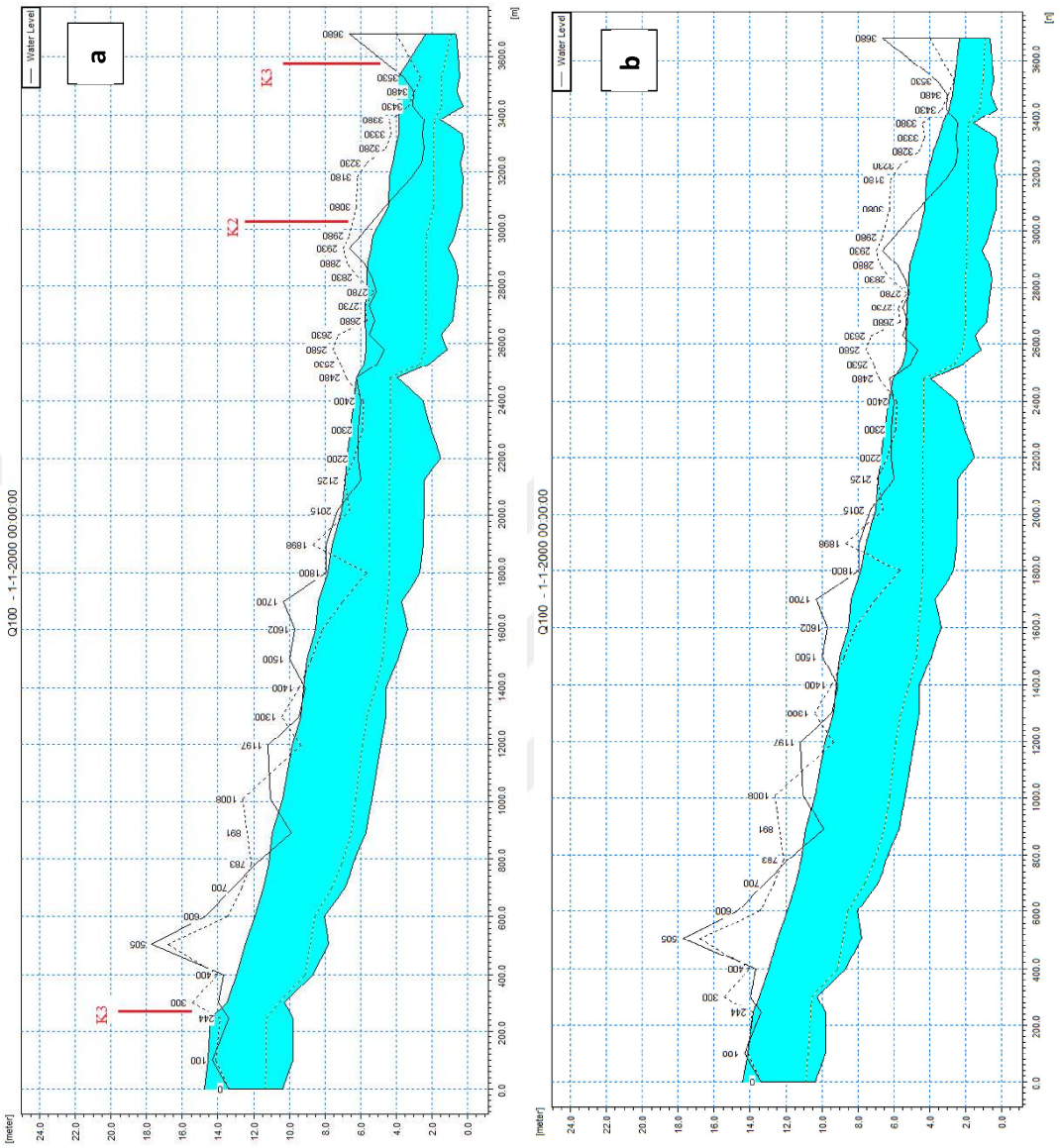
EK 4 n_0 DEĞERLERİ

Dere Yatağı	D_{50} elek analiz verileri	n_0 değerleri
Kum	0.2	0.012
	0.3	0.017
	0.4	0.020
	0.5	0.022
	0.6	0.023
	0.8	0.025
	1.0	0.026
Beton	-	0.012-0.018
Kaya	-	-
Toprak	-	0.025-0.032
İri daneli kum	1-2	0.028-0.035
İri daneli çakıl	-	-
Çakıl	2-4	0.028-0.035
İri daneli çakıl	-	-
Kaba çakıl	64-256	0.030-0.050
İri kaya	>256	0.040-0.070

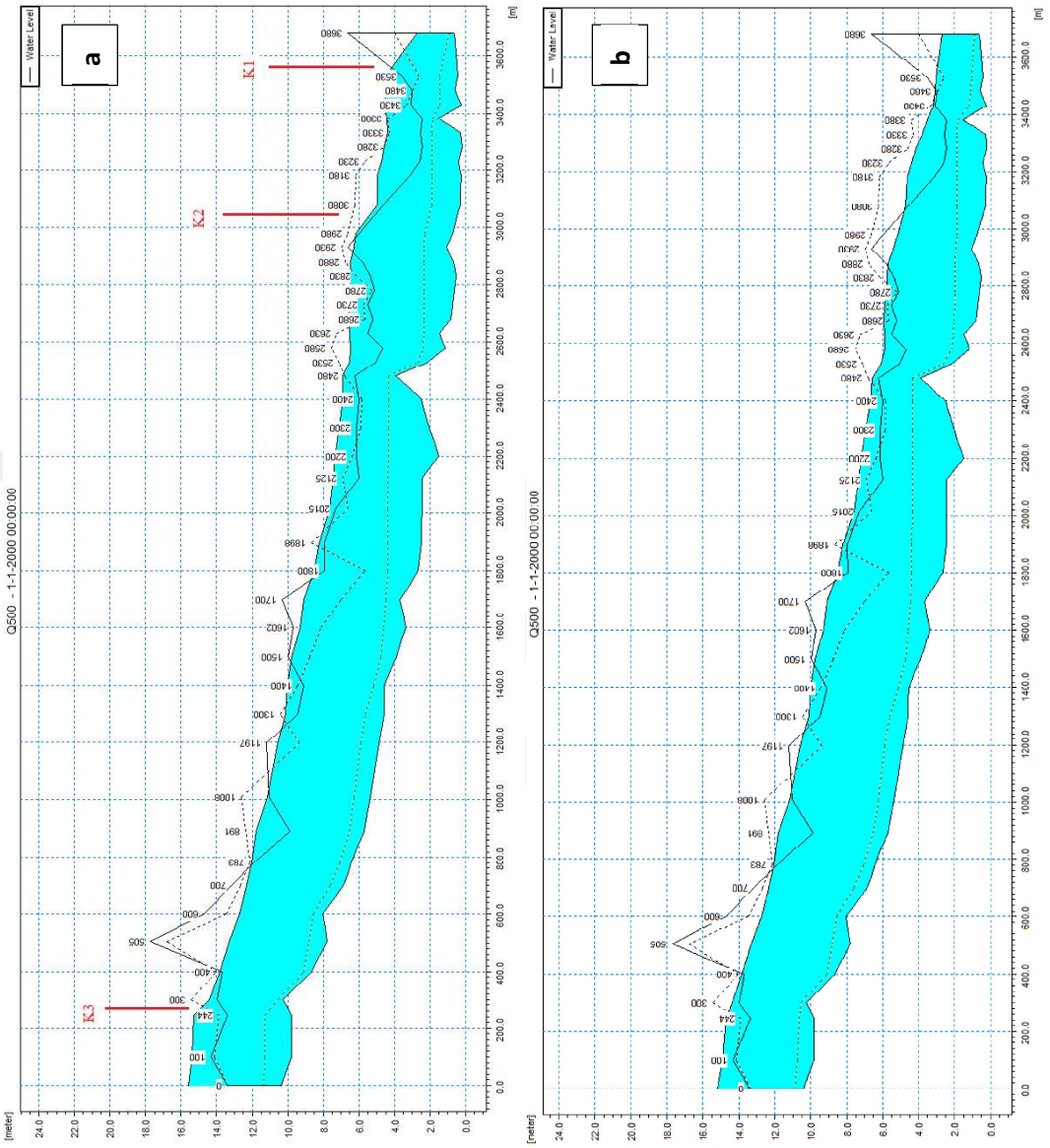
EK 5 n_1, n_2, n_3, n_4 ve m DEĞERLERİ

Kanal Koşulları		Değerler	
Düzensizlik derecesi	Pürüzsüz	n_1	0
	Önemsiz		0.006
	Orta		0.010
	Şiddetli		0.020
Kanal yarı çapındaki değişimler	Aşamalı	n_2	0
	Ara sıra değişen		0.005
	Sık değişen		0.010-0.016
Engellerin etkileri	İhmal edilebilir	n_3	0
	Önemsiz		0.010-0.015
	Kayda değer		0.020-0.030
	Şiddetli		0.040-0.060
Bitki örtüsü	Düşük	n_4	0.005-0.010
	Orta		0.010-0.025
	Yüksek		0.025-0.050
	Çok yüksek		0.050-0.100
Kıvrım derecesi	Önemsiz	m	1
	Kayda değer		1.15
	Şiddetli		1.3

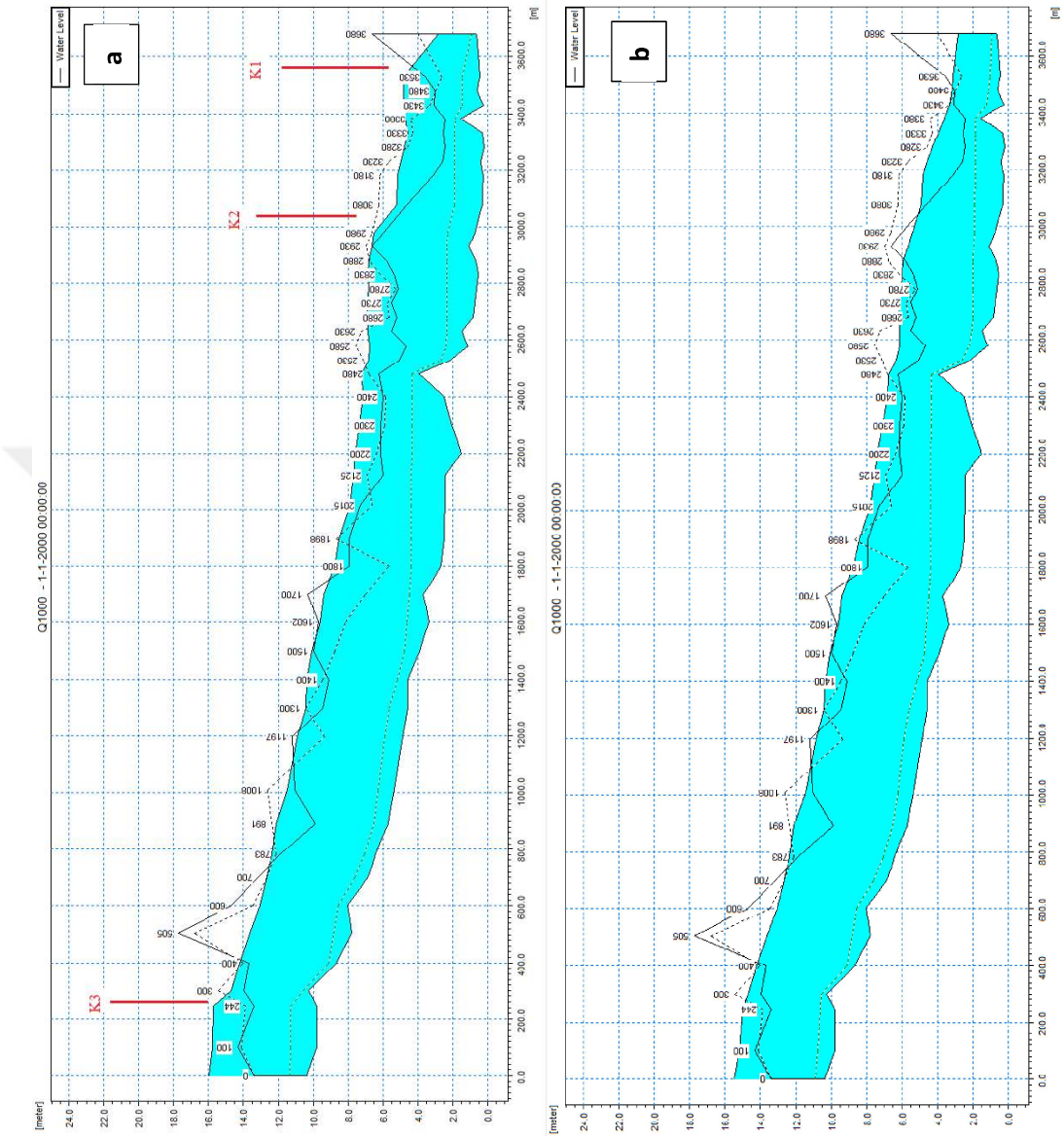
EK 6 MIKE 11 Q_{100} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT



EK 7 MIKE 11 Q_{500} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT



EK 8 MIKE 11 Q_{1000} İÇİN YAPILI (a) ve YAPISIZ (b) BOYKESİT



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı	:	Neslihan BEDEN
Doğum Yeri	:	Merzifon
Doğum Tarihi	:	04.09.1986
Yabancı Dil	:	İngilizce

Eğitim Durumu

Lise	:	Samsun Tülay Başaran Anadolu Lisesi (2001-2004)
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü (2005-2009)
Yüksek Lisans	:	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı (Eylül 2009-Şubat 2012)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Arıman Yapı Samsun/İnşaat Mühendisi (2009-2011)
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kavak Meslek Yüksekokulu/Öğr.Gör. (2011-2018)
Samsun Üniversitesi Kavak Meslek Yüksekokulu/Öğr.Gör. (2018-…)

Yayınlar

Dergi Makalesi

Ulke, A., Beden, N, Demir, V. and Menek, N. 2017. Numerical modeling of Samsun Mert River floods. *European Water*, 57, 27-34.

Beden, N., Alrayess, H. and Ulke Keskin, A. 2018. A Chronological Research of Samsun City Floods. *Journal of New Results In Science*, 7:2, 22-34.

Beden, N., Demir, V. and Ulke Keskin, A. 2018. Flood Modeling of Samsun/Atakum Region by GIS Tools. *Journal of New Results in Science*, 7:3, 1-8.

Ulke Keskin A, Beden, N. and Demir, V. 2018. Analysis of Annual, Seasonal, and Monhtly Trends of Climatic Data: A Case Study of Samsun. *Nature Sciences*, 13:3, 50-70. doi: 10.12739/NWSA.2018.13.3.4A0060

Bildiriler

Ülke, A., Uslu, A. ve Beden, N. 2013. Samsun Şehir Taşkınlarının Kronolojisi, 2012 Yılı Samsun Taşkını. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, 24-26 Ekim, Bildiriler Kitabı, 555-564, Trabzon, Türkiye.

Beden, N., Ülke, A. ve Uslu, A. 2014. İklim Değişikliği ve Yeni Tasarım Esasları, Uluslararası Katılımlı 4. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 9-11 Ekim, Bildiriler Kitabı, 431-439, Elazığ, Türkiye.

Uslu, A., Ulke, A. and Beden, N. 2015. Review of Pipe Deterıoratıon, Failure, Condition Assessment Techniques in WDS, EWRA 9th World Congress, 10-13 June, Abstracts Book, 510-515, İstanbul, Turkey.

Ulke, A., Beden, N., Demir, V. and Menek, N. 2017. Numerical Modeling of Samsun Mert River Floods, 10th World Congress On Water Resources and Environment, 5-9 July, Abstracts Book, 27-34, Athens, Greece.

Ulke, A., Beden, N. and Demir, V. 2017. Trend analysis of precipitation, temperature and wind data in Samsun (Turkey), The 2nd IWA Regional Symposium on World's Water Resources: Past, Present and Future, 22-24 March, Proceedings Book, 570-587, İzmir, Turkey.

Beden, N., Alrayess, H. and Ulke Keskin, A. 2018. Flood Hydrology of Kurtun Stream, International Technological Sciences and Design Symposium 2018, 27-29 June, Proceedings Book, 1635-1644, Giresun, Turkey.

Demir, V., Zeybekoglu, U., Beden, N. and Ulke Keskin, A. 2018. Homogeneity and Trend Analysis of Long Term Temperatures In The Middle Black Sea Region, 13th International Congress On Advances In Civil Engineering, 12-14 September, Proceedings Book, 182, İzmir, Turkey.

Beden, N. and Ulke Keskin, A. 2018. Flood Innundation Assessment; A Case Study, 13th International Congress On Advances In Civil Engineering, 12-14 September, Proceedings Book, 175, İzmir, Turkey.

Beden, N., Demir, V., Alrayess, H. and Ulke Keskin, A. 2018. Comparison of 2D hydraulic models for flood simulation on the Mert River Turkey, 5th International Symposium on Dam Safety, Proceeding Book, 489-496, 27 October-1 November, İstanbul, Turkey.

Alrayess, H., Gharbia, S., Beden, N. and Ulke Keskin, A. 2018. Using Machine Learning Techniques and Deep Learning in Forecasting the Hydroelectric Power Generation in Almus Dam, Turkey, 5th International Symposium on Dam Safety, Proceeding Book, 635-647, 27 October-1 November, İstanbul, Turkey.